

Minería de Campo
Entrenamiento Industrial

**Análisis de operatividad de las plantas de producción de agregados de la
empresa “Canteras del Distrito Capital S.A.”**

Informe de pasantías, presentado como requisito universitario ante la
empresa Canteras del Distrito Capital S.A, para obtener el título de
Ingeniero de Minas
Universidad Central de Venezuela

Briceño V. Carlos A.
Agosto 2017.

Agradecimientos

Agradezco a todos los trabajadores y trabajadoras de Canteras Del Distrito Capital S.A por su cordial recibimiento, especial agradecimiento a la Sra. Iris por sus infusiones de Té, Yudith Medrano, al Sr. Pablo, Yenny Ruiz, Ronald Figueroa, Osmarly Montilla, Julio ambiente, Sr. Jaime, Francis, Wendy, Rubén, Sr. Chaca, Sr. Ivan, Henry Puello, Leo, Aníbal, Yenardo, Yutay, Serafín, Julio, Sr. Fidel, Sr. Espinoza, Sr José alias “Gavilán”, Geraldine, las chicas de seguridad industrial y todos aquellos que olvidé mencionar...

me esforcé constantemente para aprender algo de cada uno de ustedes...

Gracias.

Briceño V. Carlos A.

**Análisis de operatividad de las plantas de producción de agregados de la empresa
“Canteras del Distrito Capital S.A.”**

Tutor Industrial: Ing. Ronald Figueroa, Tutor Académico: Alonzo Azocar. Caracas, U.C.V.
Facultad de Ingeniería. Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Departamento de Minas. Año
2017, 104 p. Palabras Claves: Conminución, agregados, beneficio mineral, indicadores,
operatividad, equipos de trituración, paradas.

Resumen. El proceso de conminución representa una parte vital para cualquier empresa que se dedique a la comercialización de agregados para la construcción, es por ello que resulta imperativa la necesidad de llevar un registro de operatividad que le permita a la empresa generar un plan de mantenimiento preventivo y programado para optimizar el proceso productivo. Ésta investigación lleva a cabo inventario, diagnóstico y registro de operatividad de las plantas de beneficio mineral de la empresa Canteras del Distrito Capital S.A con la finalidad de realizar análisis estadísticos que contribuyan a la elaboración de sugerencias que puedan ayudar a disminuir las paradas operativas más recurrentes, respecto a la eficiencia del turno efectivo de planta II se llegó a la conclusión que el turno efectivo de planta es de 52,73% con pérdidas del turno de alrededor de 47,28%, debido a paradas operativas, valor que se alejan de los criterios Semi-ideales por un 22,28% y en cuanto a la eficiencia del turno efectivo de planta III se llegó a la conclusión que el turno efectivo es de 64,62% con pérdidas del turno alrededor de 35,38% valor que se aleja de los criterios Semi-ideales en un 10,38%.

Tabla de Contenido

Introducción	1
Capítulo I - Generalidades de la Investigación	2
1.1 Planteamiento del Problema	2
1.2 Objetivos Generales de la Investigación.....	2
1.2.1 Objetivo General.....	2
1.2.2 Objetivos Específicos.....	2
1.3 Justificación	3
1.4 Alcance y Limitación de la Investigación.....	3
Capítulo II - Generalidades de la Empresa	5
2.1 Ubicación del área de investigación	5
2.2 Misión	6
2.3 Visión.....	6
2.4 Características de medio Físico	6
2.4.1 Clima.....	6
2.4.2 Suelos.....	7
2.4.3 Vegetación predominante en el área en estudio.....	7
2.5 Proceso de Producción de la Cantera.....	8
2.5.1 Generalidades.....	8
2.5.2 Descripción de Planta II.....	9
2.5.2 Descripción de Planta III	13
2.5.3 Capacidad Instalada	15
Capítulo III - Geología del Yacimiento.....	16
3.1 Geología Regional	16
3.1.2 Expresión Topográfica.....	17
3.1.3 Contactos.....	17
3.2 Geología Local.....	18
3.2.1 Secuencia Litológica.....	18
3.2.2 Descripción Litológica.....	19
3.3 Descripción estructural del Yacimiento.....	20
Capítulo IV - Marco Teórico	22
4.1 Antecedentes de la Investigación.....	22
4.2 Bases Teóricas	24
4.2.1 Circuitos de Trituración	24
4.2.2 Etapas de Trituración	27
4.2.3 Relación de Reducción	31
4.2.6 Distribución Granulométrica	34
4.2.6 Tipos de Mantenimiento	35
4.2.7 Disponibilidad física	37
Capítulo V - Marco Metodológico.....	38
5.1 Tipo y Diseño de la Investigación	38
5.2 Diseño de la Investigación	38
5.3 Población y Muestra	38

5.4 Instrumentos para la recolección y procesado de la información	38
5.5 Cronograma de Trabajo	45
5.6 Etapas metodológicas y procedimiento experimental.....	46
Capítulo VI - Presentación y Análisis de Resultados.....	47
6.1 Resultados Obtenidos Planta II.....	47
6.1.1 – Inventario de Partes con Notas Planta II.....	47
6.1.2 – Diagnóstico del circuito	50
6.1.3 Estadísticas de paradas operativas de Planta II.....	52
6.1.3.1 Análisis Respecto a las Estadísticas de Paradas en Planta II	59
6.1.4 Mantenimiento Planta II	62
6.1.4.1 Mantenimiento de Trituradoras Primarias de Mandíbula	67
6.1.4.1 Mantenimiento de Trituradoras Secundarias de Cono.....	72
6.2 Resultados Obtenidos Planta III.....	78
6.2.1 – Inventario de Partes Planta III.....	78
6.2.2 – Diagnóstico del circuito	81
6.2.3 Estadísticas de paradas operativas de Planta III	82
6.2.3.1 Análisis Respecto a las Estadísticas de Paradas en Planta III.....	87
6.2.4 Mantenimiento Planta III	90
6.2.4.1 Mantenimiento de Trituradoras Primarias de Mandíbula	95
6.2.4.1 Mantenimiento de Trituradoras Secundarias de Cono.....	98
Conclusiones	105
Recomendaciones	107
Lista de referencias	108

Lista de tablas

Tabla 1- Comparación entre la resistencia a la fragmentación y la dureza	27
Tabla 2 - Tabla de paradas operativas de planta II, Fuente: Canteras del Distrito Capital.....	39
Tabla 3 - Tabla de paradas operativas de planta III, Fuente: Canteras del Distrito Capital	40
Tabla 4 – Cronograma de Trabajo, Fuente: Elaboración Propia	45
Tabla 5 –Inventario de partes de Planta II, Fuente: Canteras del distrito Capital	47
Tabla 6 – Diagnóstico del Circuito de Planta II, Fuente: elaboración Propia.....	50

Lista de figuras

Figura 1- Ubicación geográfica de la zona de estudio Fuente: Acosta M. (2017).....	5
Figura 2- Esquema Productivo Fuente: Plan de Explotación Canteras del Distrito Capital.....	9
Figura 3- Planta II Fuente: Plan de Explotación, Canteras Del Distrito Capital	11
Figura 4 – Circuito de la planta II, Fuente: Canteras del Distrito Capital S.A	12
Figura 5 – Circuito de la Planta III, Fuente: Canteras del Distrito Capital S.A.....	14
Figura 6 - Sistema Paralelo de Diaclasas. Fuente: Canteras Del Distrito Capital	21
Figura 7- Triturador de Cono. Fuente: Roberto Sánchez (2012) Pág. 31	30
Figura 8 - a) Geometría de la cámara de trituración del cono. Fuente Manual general de minería y metalurgia (2006) y b) diferentes configuraciones fuente Fueyo (1999)	31
Figura 9- Ecuación de coeficiente de cribado Fuente: Acosta. M (2017)	33
Figura 10 – Eficiencia del Cribado Fuente: Acosta. M. (2017).....	34
Figura 11 – Fotografía ejemplo de planilla 01/06/2017 para formato de paradas operativas utilizado para la recolección de datos Fuente: Elaboración propia.....	42
Figura 12 - Fotografía ejemplo de planilla 16/08/2017 para formato de paradas operativas utilizado para la recolección de datos Fuente: Elaboración propia.....	43
Figura 13 - Hoja de Excel diseñada para el procesamiento de los datos de paradas operativas de las plantas, Fuente: Elaboración Propia	44
Figura 14 – Esquema de Metodología empleada Fuente: elaboración propia	46
Figura 15 – Gráfico de frecuencia de paradas operativas en planta II por código, Fuente: Elaboración propia	53
Figura 16 – Gráfico de Frecuencia de paradas operativas en planta II por nombre, Fuente: Elaboración propia	54
Figura 17 - Gráfico de la frecuencia filtrada registrada de paradas operativas de Planta II por nombre, Fuente: Elaboración propia	55
Figura 18 – Gráfico de frecuencia filtrada registrada de paradas operativas en Planta II por nombre, Fuente: Elaboración propia	56
Figura 19 – Gráfico filtrado del tiempo perdido en horas registrado total por paradas operativas en la Planta II, Fuente: Elaboración propia	57
Figura 20 – Gráfico de frecuencia de paradas en una jornada promedio, Fuente: Elaboración propia	58
Figura 21 - Gráfico del tiempo perdido en paradas en una jornada promedio, Fuente: Elaboración propia	58
Figura 22 – Gráfico de proyección de disminución de pérdidas ideales, Fuente: Elaboración propia	60
Figura 23 – Mal estado del techado puente grúa, Fuente: Elaboración propia.....	63
Figura 24 – Mal estado del techado de puente grúa, Fuente: Elaboración propia	64
Figura 25 - Deterioro de la estructura de planta II, Fuente: elaboración propia.....	65
Figura 26 - Mantenimiento correctivo de cribas, Fuente: Elaboración propia	66
Figura 27 - Mal estado de brazos mecánicos, Fuente: Elaboración propia	67

Figura 28 - Fractura de plancha fija de la trituradora primaria de mandíbula, Fuente: Elaboración propia	68
Figura 29 – Trituradora de Mandíbula Planta II, Fuente: Elaboración propia.....	71
Figura 30 - Gráfico de frecuencia de paradas operativas de planta III, Fuente: Elaboración propia	83
Figura 31 - Gráfico de frecuencia de paradas operativas de planta III por nombre, Fuente: Elaboración propia	84
Figura 32 - Gráfico de Frecuencia filtrada de paradas operativas de planta III por código, Fuente: Elaboración propia	85
Figura 33- Frecuencia filtrada de paradas operativas de planta III por nombre, Fuente: Elaboración propia	85
Figura 34 - Gráfico de frecuencia filtrada del tiempo perdido en horas por paradas operativas en planta III, Fuente: Elaboración propia	86
Figura 35- Gráfico de frecuencia de paradas en una jornada promedio, Fuente: Elaboración propia	86
Figura 36 - Gráfico del tiempo perdido en minutos en una jornada promedio en planta III, Fuente: Elaboración propia	87
Figura 37 – Gráfico de proyección de disminución de pérdidas actuales, semi-ideales e ideales para planta III referente a paradas operativas por mantenimiento, Fuente: Elaboración propia. .	89
Figura 38 - Desgaste de los forros de la trituradora de cono 1, Fuente: Elaboración propia.....	91
Figura 39 - Criba vibratoria 1 con falta de correas, Fuente: Elaboración propia.....	91
Figura 40 - Mantenimiento de criba vibratoria 2, Fuente: Elaboración propia	92
Figura 41 - Tornillo lavador sin fin, Fuente: Elaboración Propia.....	93
Figura 42 - Bajante que desemboca al tornillo lavador sin fin en mal estado y deterioro constante Fuente: Elaboración propia	94

Introducción

La generación de planes de mantenimiento dentro de una empresa no es tarea fácil, el área de los equipos fijos que realizan el proceso de conminución no solamente abarca conocimientos del tipo mecánico, también intervienen otras disciplinas como las ciencias geológicas, estadísticas, mecánica de rocas, que deben ser consideradas en conjunto para la toma de decisiones. La aplicación de una filosofía de mantenimiento que permita optimizar los procesos productivos y por lo menos que garantice el cumplimiento adecuado de la vida útil de los equipos y accesorios se logra con un equipo de trabajo que con experiencia podrá logra implementar programas de mantenimiento programado que permitirán incluso alargar la vida útil de los equipos fijos de trituración y de sus accesorios.

El primer paso es llevar un registro de paradas operativas de las plantas para para minimizar las fallas, disminuir los tiempos de reparación, aumentar la seguridad y operación de los equipos, y sobretodo, una reducción significativa de los costos de producción y mantenimiento, es la misión primordial de una gerencia moderna y de calidad.

Históricamente, se han hecho mucho énfasis en la planificación, programación y control de las paradas de planta, éstas permiten incorporar un seguimiento y un plan de mantenimiento programado sobre las partes que tienden a fallar en el circuito de trituración lo cual es clave para mantener la continuidad de la producción de agregados.

Esta investigación lleva a cabo inventario, diagnóstico y registro de paradas operativas de las plantas de beneficio mineral de la empresa Canteras del Distrito Capital S.A con la finalidad de generar análisis de éstos indicadores para intentar descubrir sus causas y de ésta forma contribuir a optimizar el proceso productivo de las plantas de beneficio mineral.

Capítulo I - Generalidades de la Investigación

1.1 Planteamiento del Problema

Los procesos de conminución representan una etapa fundamental en el esquema productivo de cualquier empresa dedicada a la comercialización de agregados para la construcción, la recurrencia de paradas operativas en las plantas, detiene el proceso productivo de las plantas ocasionando pérdidas significativas para cualquier empresa; algunas de éstas paradas operativas con el paso del tiempo y en función de su recurrencia pueden producir un colapso en el circuito de las plantas; la investigación plantea una evaluación de las paradas operativas de las plantas de beneficio mineral con miras a la optimización del proceso productivo.

1.2 Objetivos Generales de la Investigación

1.2.1 Objetivo General

Analizar la operatividad de las plantas de producción de agregados de la empresa “Canteras del Distrito Capital S.A.”

1.2.2 Objetivos Específicos

1. Estudiar el circuito de las plantas de agregados para la construcción de la empresa Canteras del Distrito Capital S.A.
2. Realizar un inventario de las partes que componen el circuito de las plantas de beneficio mineral.
3. Elaborar un diagnóstico de fallas de las partes de los circuitos.

4. Realizar una evaluación diaria, semanal y mensual del comportamiento de las paradas operativas de las plantas y su frecuencia.
5. Realizar análisis estadísticos de las fallas operativas presentes y recurrentes en las plantas para determinar el déficit de producción estimado.
6. Realizar sugerencias para el mantenimiento de los equipos fijos de trituración en función de los análisis estadísticos.

1.3 Justificación

Es necesario y pertinente analizar la operatividad de las plantas de agregados de forma periódica porque las paradas de las plantas de beneficio mineral representan directamente pérdidas para cualquier empresa, se utilizan herramientas estadísticas, gráficas y de diagnóstico que permiten la observación de fallas recurrentes para tomar decisiones acertadas en cuanto a los tipos de mantenimiento implementados por el equipo de mantenimiento, esto permitirá combinar mantenimientos correctivo con programado para en el futuro combinar mantenimiento programado con preventivo con el fin de disminuir la frecuencia de las paradas operativas y en consecuencia incrementar el turno eficiente de las plantas.

1.4 Alcance y Limitación de la Investigación

El aporte principal del trabajo para la empresa influye directamente en la producción de agregados de las plantas, ya que al realizar un estudio de frecuencia y recurrencia de fallas pueden ser tomadas las medidas preventivas para disminuir su frecuencia, lo cual tiene como consecuencia repercusiones positivas en la productividad, disponibilidad física de las plantas de beneficio mineral así como también confiabilidad para realizar proyecciones a futuro. Las limitaciones para el desarrollo del trabajo radican principalmente en la falta de información, organización dentro de la empresa por los constantes cambios de gerencia y estructura organizativa, no se cuenta con registros de

paradas de plantas anteriores al mes de Junio, los cuales también pudieran haber sido de utilidad para realizar un análisis más fidedigno, así como también algunos manuales de los equipos fijos de trituración no se encuentran.

Capítulo II - Generalidades de la Empresa

2.1 Ubicación del área de investigación

La ubicación geodésica de la planta se encuentra enmarcada entre las siguientes coordenadas UTM: Este: 717.000 al 718.500 y Norte: 1.156.000 al 1.157.500.

Figura 1- Ubicación geográfica de la zona de estudio Fuente: Acosta M. (2017)



2.2 Misión

Según Plan de explotación (2016), “Desarrollar el aprovechamiento de la industria de los minerales no metálicos y sus derivados (Concreto, Asfalto, Pego, Adoquines y Lajas), de forma sostenible y sustentable, para abastecer con calidad y oportunidad, al sector construcción del Distrito Capital, garantizando la rentabilidad de la empresa y contribuyendo al desarrollo económico del país”.

2.3 Visión

Según Plan de explotación (2016), “Ser una Empresa con gestión de calidad, oportuna en el suministro especializado de agregados minerales no metálicos y sus derivados (Concreto, Asfalto, Pego, Adoquines y Lajas) destinadas al mejoramiento del hábitat y la calidad de vida de los ciudadanos del Distrito Capital, en armonía y preservación del medio ambiente”.

2.4 Características de medio Físico

2.4.1 Clima

Instituto Nacional de Estadísticas INE (2013). El Distrito Capital cuenta con la cadena de la Costa como barrera natural que impide la influencia de los factores climáticos del Litoral Central. Ello, asociado con la altura de 1.000 metros sobre el nivel del mar, le permite contar con un clima bastante benigno. El Distrito Federal cuenta con un clima tropical lluvioso caracterizado por alta temperatura durante todo el año, con una media superior a los 18°C en el mes más frío. La temperatura media anual del valle de Caracas es de 22°C. Tiene períodos de lluvia y de sequía bien definidos; el período lluvioso se presenta de mayo a noviembre en la mayoría de las localidades, pero puede ser también entre abril y noviembre o entre mayo y octubre. El período de lluvias coincide con la época de mayor radiación solar y con la acción de la convergencia

intertropical, asociada a vientos inestables, mientras que el período seco coincide con los meses de menor radiación y con la acción de masas de aire mucho más estables y más secas. La precipitación media anual es de 870 mm.

2.4.2 Suelos

Instituto Nacional de Estadísticas INE (2013). Los suelos del Distrito Capital son de tipo aluvial y de origen cuaternario. Cubren todo el valle de Caracas y gran parte de los lechos de los ríos y las quebradas. Los suelos, en las zonas de montaña, son residuales perteneciente a la formación geológica del grupo Caracas.

2.4.3 Vegetación predominante en el área en estudio

Dengo (1951), indica que, el paisaje predominante en la región natural donde funciona la Canteras del Distrito Capital S.A., es de montaña y se encuentra ubicada en la Cordillera de la Costa. El área en estudio está a una altitud que varía entre los 1.300 metros en la zona alta de la Cantera y de los 900 metros en la entrada a Mamera. El clima de la zona se caracteriza por su patrón biestacional con dos períodos bien marcados, la temporada de lluvias de seis meses y una de sequía de seis meses, los cuales son muy determinantes en el tipo de vegetación que predomina. La precipitación promedio anual es de 789 mm y una temperatura media anual de 21 °C, con una evapotranspiración potencial (1405,5 mm) siempre mayor que la precipitación. Estas características junto con la edafología y el uso de la tierra permiten explicar la presencia de los tipos de vegetaciones. Se demarcaron las 14 principales unidades de vegetación utilizando técnicas aerofotográficas y reconocimiento de campo. Así, en el área en estudio se distinguieron cuatro unidades de vegetación: bosque semidecídulo; matorrales mezclados con vegetación de transición; sabana secundaria y bosque de galería.

2.5 Proceso de Producción de la Cantera

2.5.1 Generalidades

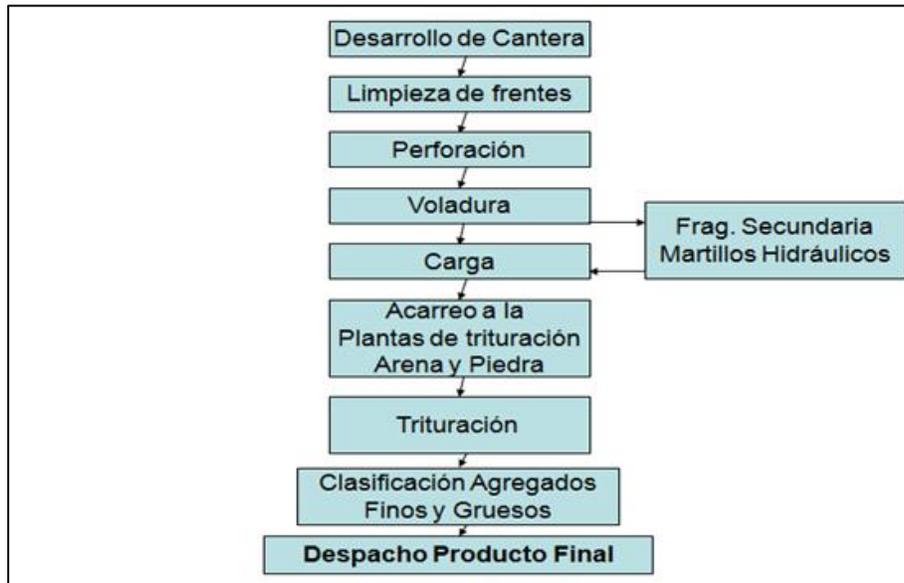
(Según Plan de Explotación de la empresa Canteras del Distrito Capital S.A) El sistema de explotación de Canteras del Distrito Capital S.A. se realiza a cielo abierto, con bancos diseñados acorde cada frente la inclinación de los taludes a unos 70° aproximadamente y 12 metros de altura ya que la geología local fue altamente activa, lo que generó zonas de alto diaclasamiento, fractura de la roca y cambios litológicos.

El proceso de producción de la empresa comienza con la etapa de arranque y extracción que consiste en la conformación de pisos o área casi horizontales para comenzar la etapa de perforación y voladura en cada sector programado en los diferentes bancos de caliza.

Actualmente se cuenta con dos sectores denominados mina 1 y mina 2, la primera no tiene actividad alguna en los últimos once años debido a una clausura establecida por el ministerio de Ambiente y la empresa se ha concentrado en la extracción del material disponible en la mina 2.

Ya estando el material en las plantas de procesamiento, es llevado a través de procesos de trituración y clasificación de productos comerciales de agregados finos (arena) y agregados gruesos (piedra) (según norma las normas covenin 255: 1988) a los tamaños comerciales que son piedra 1", piedra $\frac{3}{4}$, polvillo y ripio o rechazo de la planta.

Figura 2- Esquema Productivo Fuente: Plan de Explotación Canteras del Distrito Capital



2.5.2 Descripción de Planta II

(Según Plan de Explotación de la empresa Canteras del Distrito Capital S.A) Es la planta de trituración de agregados grueso o llamada también planta de piedra. Esta planta produce y clasifica 5 productos los cuales son el ripio o tierra que existe una banda transportadora para tal fin y se encuentra luego de la primera trituración de la mandíbula. Este producto es el único que se apila directamente al piso ya que los demás productos se disponen y clasifican en las tolvas de producto final para despacho. Los otros productos son el polvillo que es un agregado entre 3/8" pasante y ultra finos de pasante malla 200micras, el arrocillo que va desde 3/8" retenido hasta 6" pasante, piedra 3A" que va desde retenido hasta 7/8" pasante y piedra 1" que va desde 7/8" retenido hasta 1 1/8" pasante.

El inventario de esta planta consta de un alimentador de laminas conocido también como alimentador de oruga Modelo 1300 serial 74825 Marca Loro E Parisini cuyo es capaz de alimentar la mandíbula a su máxima capacidad de unas 300Tn/hr también de la marca Loro E Parisini Modelo 1250CR capaz de admitir tamaños máximos de hasta 1 m³ de roca.

Este material triturado va a un cono de gran capacidad de admisión de 9pies de ancho para terminar de dar un tamaño acorde al mineral para ser re triturado en dos cono terciarios todos de la marca Allis-Chalmers serial C51904 que dan el tamaño optimo al mineral ya como producto terminado. Finalmente esta planta consta de cuatro cribas con los cuerpos de mallas suficientes para clasificar el material a los tamaños antes indicados. También se combinan 9 bandas transportadoras dispuestas por toda la planta para dirigir el material desde el comienzo del proceso de trituración y clasificación hasta el final de cada producto.

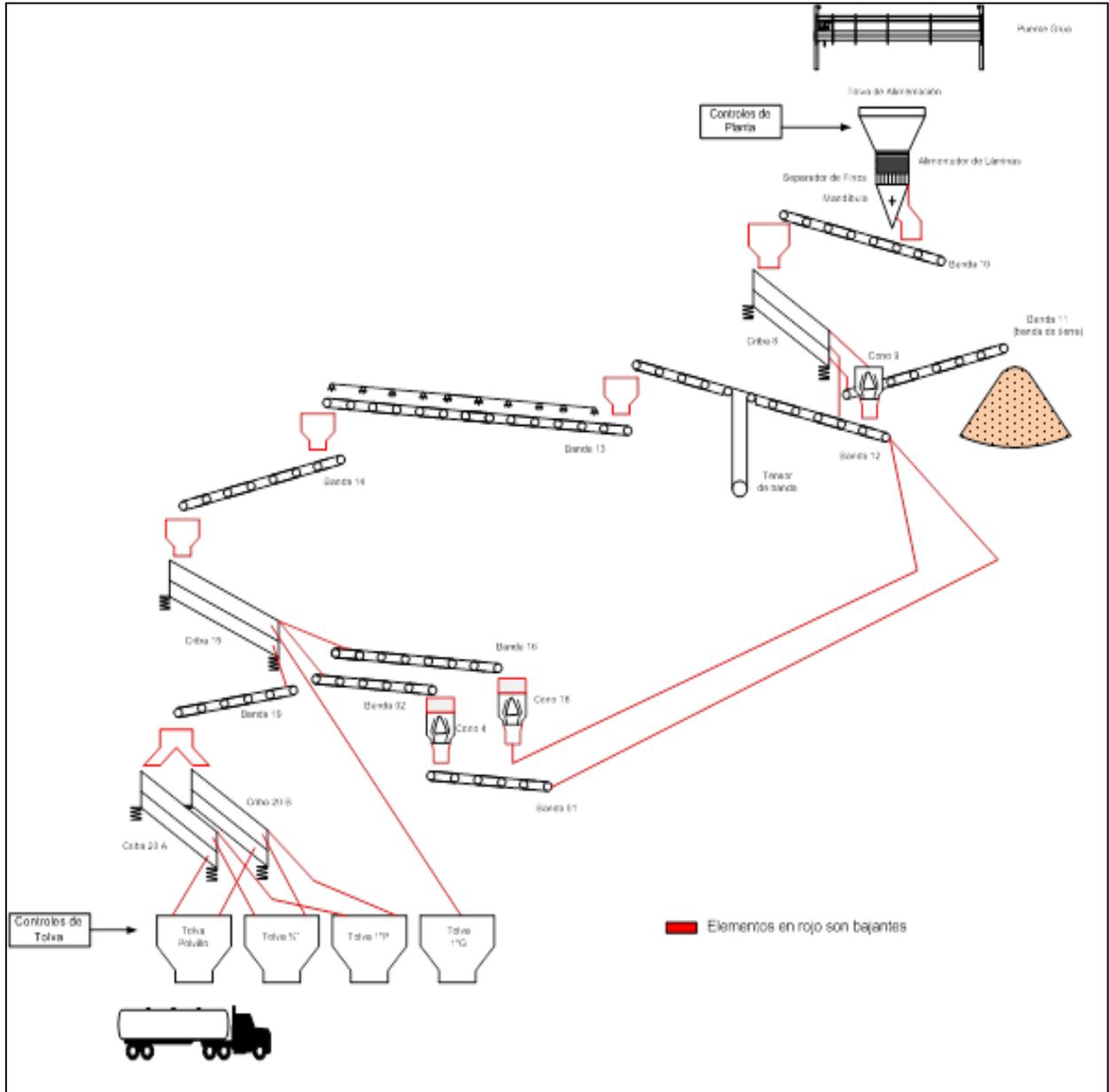
El polvillo es almacenado en dos tolvas de unos 80 m³ de capacidad tipo cerrada para evitar la emisión de polvo, El arrocillo es dispuesto en una tolva de 80m³ al igual que la piedra ³A" y 3 tolvas de 80 m³ de capacidad para almacenar la piedra de 1".

La demanda actual no permite que se cree un stock de agregados de tal forma que con camiones internos se puedan almacenar en patios para tal fin, pero puede hacerse en caso de ser necesario. Al comienzo del proceso en la tolva de admisión del material proveniente de la cantera existen duchas para humedecer el material para evitar la emanación de polvo antes de la trituración. Los sistemas de descarga de las tolva es accionadas por gatos hidráulicos. El mayor consumo eléctrico lo presenta el motor de la mandíbula que es de 250HP, los conos poseen motores eléctricos de 150HP, las cribas con 40HP y las bandas transportadoras de 10 a 25 HP. Esta planta posee un banco de condensadores y 06 transformadores de 250 KVA para totalizar 1500 KVA; capacidad suficiente para activar todos los equipos de esta planta.

Figura 3- Planta II Fuente: Plan de Explotación, Canteras Del Distrito Capital



Figura 4 – Circuito de la planta II, Fuente: Canteras del Distrito Capital S.A

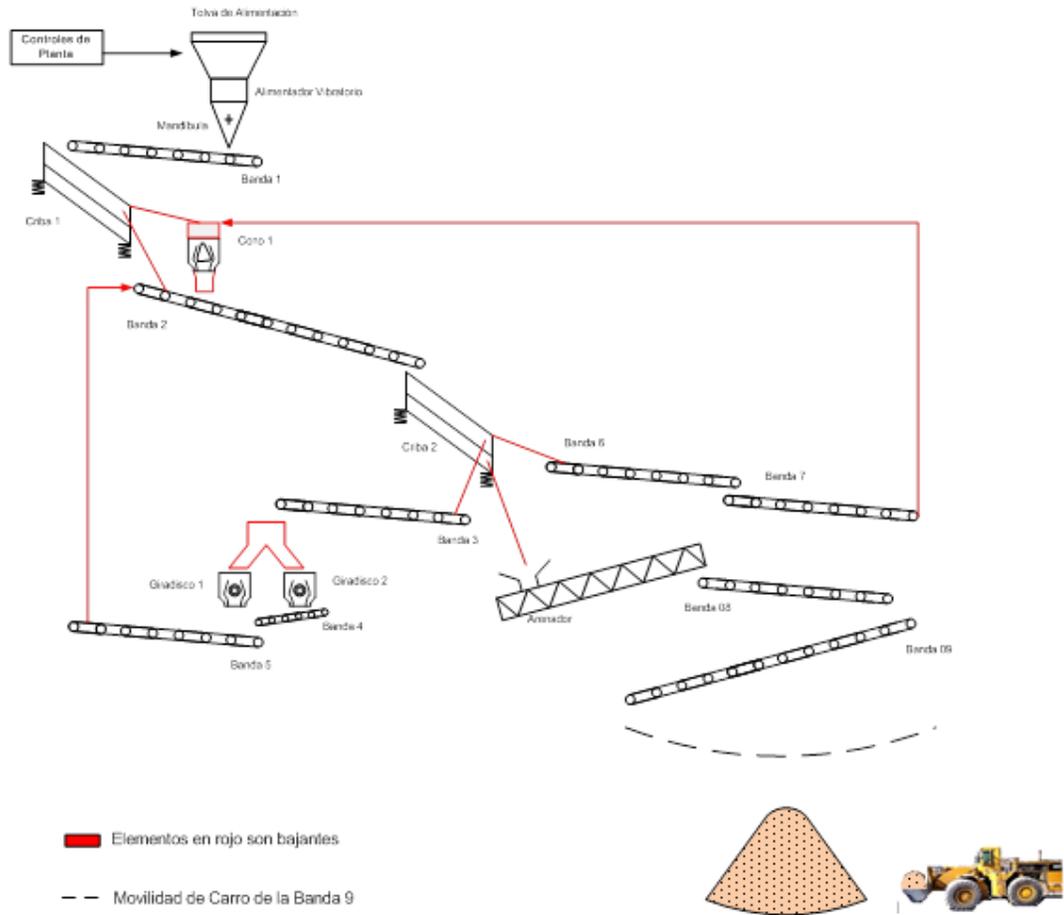


2.5.3 Descripción de Planta III

(Según Plan de Explotación de la empresa Canteras del Distrito Capital S.A) Es la planta de trituración y lavado de agregados finos para producir y comercializar el producto denominado arena con humedad aproximada al 9% y un equivalente de arena cercano al 50%, la hacen un agregado de calidad media por la alta presencia de material esquitoso triturado lo que la hace ser una arena artificial. La planta como tal consta de una tolva con capacidad de admisión de 40m³ con un alimentador vibratorio tipo Simplicity serial 4516-OFA5B-3559R de 16 pies por 45 pulgadas de ancho suficiente para alimentar la mandíbula marca Nordberg 32"x40" serial 3240-M-1234 que recibe tamaños máximos de hasta 60cm de arista de roca. Posteriormente está dispuesto un cono Nordberg de ancho de boca de 4 V4" standard serial 41742 que recibe tamaños de agregados de hasta 20cm y tritura hasta 1" en promedio. Este material triturado alimenta una criba marca Hewit Robbins serial VS9677 de un solo cuerpo cuyo pasante Vi" va al tornillo lavador de arena y el rechazo va a los conos giradiscos también marca Nordberg de 36 pulgadas de diámetro del equipo serial 36-GD-209 y 210. Estos equipos tienen la función de llevar a finos todo el material que reciben de 1 ½" y se incorpora por bandas transportadoras nuevamente a la criba. El fino pasa al tornillo lavador de arena marca Eagle Iron Works tornillo doble serial 11579, modelo BM-D 15765 441x32" que por suspensión y flotación con agua lavan la arena para que por bandas transportadoras se dispongan al piso para su posterior desagua solamente de 24 horas en vista de la demanda actual. Los finos en suspensión van a unos tanques de sedimentación donde son retenidos físicamente para no afectar áreas circunvecinas o quebradas cercanas. El agua que se utiliza en la planta proviene de la laguna de la mina 1 y se utiliza en promedio unos 41t/seg de agua en el tornillo lavador, además de unos 2 lt/seg adicional que proviene de un tanque colocado a un nivel superior y que es llenado por una bomba ubicada en el área del taller. Los motores eléctricos van desde los 150Hp de la mandíbula y el cono de 4 V4" los giradiscos se accionan con motores de 80HP, la criba con 40HP y las bandas

transportadoras entre 12 y 30HP. Los transformadores de esta planta son 3 en total de 333KVA, suficiente para activar esta planta de producción. La banda que apila la arena consta de un apilador radial que hace que se pueda producir arena durante toda una jornada diaria y al día siguiente moverla radialmente para realizar un nuevo apilamiento tipo Chevron y no humedecer el agregado lavado el día anterior. El total de bandas transportadoras utilizadas en esta planta es de 8 en sus diferentes longitudes según sea el caso o el propósito de utilización.

Figura 5 – Circuito de la Planta III, Fuente: Canteras del Distrito Capital S.A



2.5.4 Capacidad Instalada

(Según Plan de Explotación de la empresa Canteras del Distrito Capital S.A) La capacidad instalada de Canteras del Distrito Capital S.A. con todos sus equipos de trituración de planta fija puede estar por el orden de los 2.500 m³ día de producto final. Este valor debe multiplicarse por un factor de eficiencia equivalente a un 70% de operatividad, El restante 30% del tiempo no es productivo por diversos factores como lluvias, limpiezas de plantas, disponibilidad mecánica de los equipos de la cantera y de la planta misma, voladuras, fallas en la energía, etc.

Capítulo III - Geología del Yacimiento

3.1 Geología Regional

Dengo (1951) establece la localidad tipo a 0,5 km al norte de Antímamo, Distrito Federal (Hoja 6847, escala 1:100.000, Cartografía Nacional), cuyos afloramientos hoy en día están totalmente cubiertos por el urbanismo de la ciudad de Caracas. Muy buenos afloramientos aún están visibles en las canteras de la quebrada Mamera.

Dengo (1951) describe esta Formación como un mármol masivo de grano medio, color gris claro, con cristales de pirita, alternando con capas de esquistos cuarzo micáceos, y asociadas con cuerpos concordantes de rocas anfibólicas, algunas con estructuras de "boudinage". El mármol está formado de un 85-95% de calcita, con cantidades menores de cuarzo detrítico, muscovita (2,5%), grafito (2,5%) y pirita (2%).

Dengo (1950) describe con detalle las anfibolitas glaucofánicas de esta Formación, incluyendo análisis químicos, indica que los mármoles son rocas estructuralmente competentes en relación a los esquistos que las rodean, pero incompetentes en relación con las rocas anfibólicas, mostrando pliegues de flujo alrededor de ellas y resultando así la estructura de "boudinage".

En la cartografía geológica de la zona de Puerto Cruz-Mamo, Talukdar y Loureiro (1982) reconocen su Unidad de anfibolitas y mármoles, que posteriormente Urbani y Ostos (1989) la denominan como Fase Antímamo, allí ocurre la asociación de anfibolita, mármol, esquistos calcáreo-muscovítico ± grafitoso, esquistos cuarzo-muscovítico ± granatífero, esquistos cuarzo-muscovítico-graucofánico-granatífero.

Urbani et al. (1997) estudian la mineralogía carbonática de los mármoles de los afloramientos de la punta oeste de la bahía de Chichiriviche, Distrito Federal, encontrando que carecen de dolomita, mientras que aquellos de Mamera lo presentan en muy pocas muestras y en muy bajas concentración. En los trabajos ya mencionados de Ostos, Urbani y otros, el criterio para cartografiar esta Fase es la presencia de la asociación de rocas anfibólicas con mármoles.

3.1.1 Extensión Geográfica

Se han descrito afloramientos aislados desde la zona de Antímamo, hacia el oeste en San Pedro y hacia el este hasta La Florida (afloramientos hoy cubiertos por el urbanismo de la ciudad de Caracas), continúa la zona de afloramientos en una franja en el valle de la quebrada Tacagua, y de ahí hacia el oeste como una franja entre Mamo, Carayaca y Tarma, Distrito Federal. Los últimos afloramientos se han reconocido en la zona de El Palito, estado Carabobo.

3.1.2 Expresión Topográfica

En las zonas donde afloran mármoles masivos y gruesos se nota una topografía abrupta, con estructuras kársticas superficiales.

3.1.3 Contactos

Esta formación presenta contactos estructuralmente concordantes con las formaciones adyacentes: Las Brisas y Las Mercedes. En la zona de Antímamo y Mamera, los lentes de mármoles y rocas anfibólicas, que alcanzan a veces grandes dimensiones longitudinales, se hallan embutidos en esquistos de diversos tipos, especialmente los correspondientes a la Formación Las Brisas (Cantisano, 1989).

3.2 Geología Local

Localmente el marco geológico consiste de una secuencia estratigráfica transicional, de intercalaciones de esquistos cuarzo-micáceos, esquistos cuarzo-calcáreos-micáceos, mármoles lenticulares piritosos grises, mármoles cuarcíticos, anfibolitas granatíferas y/o piritosas de tonos verdosos y cuarcitas de grano fino gris claro también lenticulares, conformando en conjunto un sinclinal asimétrico fallado y diaclasado hacia la parte noroeste de la mina, cuyo eje tiene un rumbo general Noroeste-Sureste y buzando hacia el sureste. No obstante esta estructura sinclinal desaparece hacia la parte media de la cantera hacia el sureste donde la estratificación presenta un rumbo general NE con un buzamiento medio a moderado hacia el Sureste. Los flancos del sinclinal se presentan suavemente plegados en ambos costados del eje conformando secuencias de pequeños anticlinales y sinclinales destacados por la diferencias en los colores de las distintas litologías de la formación geológica. Hacia el sureste de la mina la estructura sinclinal desaparece y la secuencia en su conjunto adopta localmente una estructura monoclinical con inclinación general hacia el sur-este (Canteras Del Distrito Capital S.A, 2015).

3.2.1 Secuencia Litológica

Localmente, la secuencia litológica consiste de tope a base (noroeste a sureste), de una intercalación de esquistos cuarzo-micáceos muy meteorizados de colores rojizos, un mármol masivo de grano medio, color gris claro con cristales de pirita, una intercalación de esquistos cuarcítico-muscovítico-grafitosos, lentes delgados de mármol gris oscuro, Anfibolitas (a veces intercaladas paralela y concordantemente a la foliación de la secuencia y a veces claramente intrusionando a la misma), cuarcitas delgadas gris claro y una gruesa capa de esquistos muy cuarzosos, calcáreos, micáceos con pirita y muy compactos, que ha sido la fuente principal de roca para agregados que se ha extraído en esta mina. Toda la secuencia expuesta en la cantera, mide litoestratigráficamente, de tope a base, unos 280 metros de espesor,

es decir, desde la cota 1.300 a 1.020, la cual ha sido intensamente fallada y diaclasada. La secuencia litológica continúa por debajo de la cota 1.020, pero debido a restricciones de orden ambiental, la explotación se hará tomando como base esta cota (Canteras Del Distrito Capital S.A, 2015).

3.2.2 Descripción Litológica

El mármol de grano medio y de color gris oscuro, está formado en general de un 85-95% de calcita, con cantidades menores de cuarzo detrítico, muscovita (2,5%), grafito (2,5%) y pirita (2%), aunque en algunos lentes locales el mármol se observa con más del 90%) de calcita el cual se observa en sectores en forma de láminas de pocos centímetros de espesor junto con los esquistos que lo envuelven y también en espesores mayores, pero de pocos metros y de poca continuidad lateral. Los esquistos presentes son esencialmente: esquistos calcáreo-muscovíticos \pm grafitosos, esquistos cuarzo-muscovíticos \pm granatíferos, esquistos cuarzo- muscovítico-graucofánico-granatíferos, predominando en la secuencia los esquistos cuarzo-muscovíticos generalmente calcáreos (Canteras Del Distrito Capital S.A, 2015).

Las rocas anfibólicas se observan como pequeños cuerpos hacia el noroeste de la cantera con estructuras de "boudinage" y con cristales de pirita. Hacia el sureste, existe un gran cuerpo de anfibolita con porfiroblastos de granate que se observan especialmente en las zona de contacto con los esquistos cuarzo-calcáreos que la envuelven. Esta roca se distingue claramente por su color verdoso y porque se presenta en forma de una roca masiva, localmente sin foliación, muy compacta y está asociada, en sus zonas de contacto, con vetas y vetillas irregulares de cuarzo, calcita y/o cuarzo y calcita con pirita, que evidencian zonas de alteración de contacto de hasta medio metro de espesor (Canteras Del Distrito Capital S.A, 2015).

3.3 Descripción estructural del Yacimiento

Estructuralmente el área de Mina 2 se encuentra plegada, fallada y diaclasada intensamente. Hacia la parte norte se evidencia una estructura sinclinal asimétrica cuyo eje se inclina hacia el sur y sus flancos se presentan suavemente plegados en secuencias de pequeños y sucesivos anticlinales y sinclinales que se distinguen por la diferencia de tonos grises visibles en los taludes de los frentes de arranque.

Esta estructura sinclinal desaparece gradualmente hacia el sur de la mina y se transforma en un monoclinal de rumbo general E-W con buzamiento alto a medio al sur. La estructura está fallada principalmente con fallas sinestrales y dextrales de rumbo general E-W de ángulo alto al sur, cuyos planos o espejos de falla con estrías se observan a nivel de las cotas 1.040 a 1080 msnm (Canteras Del Distrito Capital S.A, 2015).

Las diaclasas son abundantes debido a los intensos efectos tectónicos que ha sufrido la región y debido también a las características físicas de las rocas, que son muy compactas por su composición mineralógica eminentemente cuarzosa y/o calcárea, propensas a quebrarse o romperse en fragmentos grandes o bloques en vez de plegarse, como sería el caso de los esquistos micáceos y/o grafitosos de las formaciones Las Brisas y Las Mercedes que envuelven transicionalmente a estas rocas de la formación Antímano. Las diaclasas conforman sistemas paralelos en diferentes direcciones e inclinaciones como se muestra en la figura 03; Las más recientes son abiertas, formando grietas y las más antiguas están generalmente rellenas de calcita cristalizada y en algunos casos forman cavernas producto de disolución por el agua que se infiltra de la superficie, cuando se trata de las rocas calcáreas (Canteras Del Distrito Capital S.A, 2015).

Figura 6 - Sistema Paralelo de Diaclasas. Fuente: Canteras Del Distrito Capital



Capítulo IV - Marco Teórico

4.1 Antecedentes de la Investigación

Acosta, Magda (2017). “Establecimiento de los parámetros mineros-geo mecánicos para el funcionamiento de los equipos de clasificación y trituración de la planta III, Canteras del Distrito Capital S.A”.

Objetivo: Establecer los parámetros mineros-geomecánicos para el funcionamiento de los equipos de clasificación y trituración de la planta III, Canteras del Distrito Capital.

Hernández, Teobaldo (2000). “Análisis Granulométrico y Balance de masas en el proceso de la planta de trituración los barrancos de la empresa C.V.G Ferrominera Orinoco”.

Objetivo: realizar un estudio de clasificación granulométrica en el proceso de trituración, motivado a que se registraba una gran cantidad de material recirculando en el proceso.

Fuenmayor, Oswaldo (2001). Caracterización geomecánicas de las rocas de la cantera perteneciente a la Corporación de Cemento Andino C.A. ubicada en el municipio Candelaria, estado Trujillo.

Objetivo: Caracterizar geomecánicamente las rocas ubicadas en el yacimiento explotado por la Corporación de Cemento Andino C.A.

Torres, Pablo (2006) “Avances en el estudio sobre recuperación de partes de equipos de carga usados en la minería”.

Objetivo: Estudio preliminar para optimizar los procesos de recuperación de piezas de acero de gran espesor, considerando las características del metal original de la pieza y el material de relleno

Díaz, Eduardo (2013) “Evaluación de electrodos para la fabricación de blindaje laterales de molinos de trituración de áridos”.

Objetivo: estudiar el comportamiento de electrodos revestidos para recubrimiento duro manual por arco eléctrico, utilizados en la fabricación de blindajes laterales de molinos para la trituración de áridos.

Valencia, Evaristo (2013) “Proyecto para el incremento de capacidad de operación de la planta de beneficio, compañía minera La Negra, Maconí Querétaro”.

Objetivo: Ampliar la planta de beneficio, para pasar de una alimentación de 1500 a 2000 t/día ajustando el diseño actual de la misma y sin interrumpir las operaciones.

Acosta, Magda (2015) “Determinación de los parámetros del ciclo de carga y acarreo y balance de masa en la planta III de beneficio mineral, en canteras del distrito capital”.

Objetivo: Determinar los parámetros de los ciclos de carga - acarreo y del balance de masa en la planta III de beneficio mineral en Canteras del Distrito Capital.

Nobregas, Ricardo (2016) “Propuesta para reducción de tamaño de minerales no metálicos: Caso charnockita, cerro la danta Sector cambalache, estado Bolívar”.

Objetivo: Proponer el circuito de reducción de tamaño de minerales no metálicos: caso Charnockita del cerro La Danta- sector Cambalache, estado Bolívar. Con el fin de generar condiciones óptimas de aprovechamiento mineral.

Melo, Yondert (2016) “Propuesta metodológica para la planificación de soporte de mina, en Canteras del Distrito Capital”.

Objetivo: Proponer una Metodología para la Planificación de Soporte de Mina, en Cantera del Distrito Capital.

Pimentel, Reinaldo (2016) “Desarrollo de una propuesta de adecuación de las plantas de agregados de la cantera Carayaca, Distrito Capital, para disminuir la producción de finos”.

Objetivo: Desarrollar una propuesta de adecuación de las plantas de agregados de la cantera Carayaca, Distrito Capital, para disminuir la producción de finos.

Labrador, María (2017) “Evaluación de la planta de trituración y clasificación de tamaño de la roca caliza en la cantera agua viva II, San Sebastián de los Reyes, estado Aragua”.

Objetivo: Evaluar los puntos de generación de finos en operaciones de reducción y clasificación de tamaño de la caliza en la cantera Agua Viva II Ubicada en San Sebastián de los Reyes, estado Aragua.

4.2 Bases Teóricas

4.2.1 Circuitos de Trituración

“Los circuitos de trituración y de molienda son una combinación en serie y paralelo de trituradores, clasificadores, silos, cintas, sistemas de control, etc., que en general representan fuertes inversiones. Se adaptan al mineral, al mercado por capacidad, a la posibilidad de fluctuaciones del mineral o del mercado en el tiempo, por lo que deben disponer de capacidad de adaptación, y su diagrama de flujo debe permitir elegir adecuadamente cada máquina”. (Blanco, Eduardo (2014) pág. 78).

En el diseño de una planta de trituración según Ken Boyd, el diseño del proceso, selección del equipo y disposición, son dos pasos fundamentales. Los mismos están dictados por requisitos de producción y parámetros de diseño, pero el diseño puede reflejar la entrada, las preferencias y la experiencia operacional de varias partes. Esto aunado al conocimiento y experiencia del profesional o grupo de profesionales a cargo del proyecto, proporcionar un diseño de planta equilibrado, viable, seguro y económico.

Los parámetros críticos de diseño, así como la consideración de las características del mineral, la ubicación geográfica, condiciones climáticas, la vida operativa esperada,

potencial de expansión, seguridad, medio ambiente, la operatividad y mantenimiento, son fundamentales al momento de diseñar un circuito de reducción de tamaño. El objetivo fundamental del diseño de una planta de trituración es una instalación que cumpla con los requisitos de producción requeridos, que opere a un costo competitivo, cumpla con las regulaciones ambientales, y se pueda construir a un precio razonable a pesar de los crecientes costos de los equipos. En la figura 04, se muestran una vista lateral de una planta con trituración primaria, mientras que en las figuras 05 y 06 se presentan flujogramas de circuitos de trituración con configuración cerrado y mixto.

Según Kelly (1990). Los métodos de reducción de tamaño pueden agruparse de varias maneras, pero como la reducción ocurre en etapas, el tamaño de las partículas aporta el método primario de agrupamiento. Si el cuerpo de mineral es de carácter masivo, el minado o extracción es en realidad la primera etapa de reducción de tamaño, y generalmente se realiza con explosivos, aunque pueden usarse medios mecánicos en los minerales más blandos. El término trituración se aplica a las reducciones subsecuentes de tamaño hasta alrededor de 25mm, considerándose las reducciones a tamaños más finos como molienda. Tanto la trituración como la molienda pueden subdividirse aun en más etapas. La fragmentación se divide en dos grandes bloques en base a la tecnología utilizada, trituradoras y molinos. Para las primeras, trituradoras, se consideran habitualmente tres escalones, 1º, 2º y 3º, y la molienda se divide en gruesa, media, fina y micronización.

Los circuitos de fragmentación son combinaciones de equipos, de acuerdo con Blanco (2014), básicamente un clasificador (CL) y un fragmentador (F) a los que se introduce la alimentación (A) y se descarga el producto (P). El producto, salvo excepciones como el caso del circuito abierto tipo (F), no coincide con el fragmentado (B). Se clasifican en dos grandes grupos:

- Circuitos abiertos: Se caracterizan por una alimentación directa y una salida, están formados por un equipo de fragmentación, sólo o un fragmentador y un clasificador con un funcionamiento sin recirculación.
- Circuitos cerrados: La característica básica de los circuitos cerrados es la existencia de un flujo de material entre el clasificador y el fragmentador, que circula a través de ellos en un circuito de ida y retorno, un sistema de circulación interno cerrado, produciendo una carga circulante entre ambos equipos.

La elección de la trituradora depende del tipo y cantidad de material a triturar. Las trituradoras giratorias y de mandíbulas representan la mayor parte de las trituradoras primarias utilizadas en las operaciones mineras de hoy, aunque algunas operaciones utilizan trituradoras de impacto por rodillo, rodillos de baja velocidad y trituradores de alimentación. Las trituradoras de cono siguen siendo las más populares para aplicaciones de trituración fina, aunque algunas minas utilizan trituradoras de impacto verticales para trituración terciaria y cuaternaria.

La elección de los equipos está ligado íntimamente a la cantidad de material que se va a procesar y la forma de alimentación de planta. El equipo principal en un circuito de trituración primaria normalmente incluye solamente una trituradora, alimentador y transportador. Los circuitos de trituración secundarios y terciarios tienen los mismos elementos de equipo básico, junto con cribas y tolvas de almacenamiento. En la trituración secundaria se están introduciendo cribas tipo banana mucho más amplias, con tamaños de hasta 4 x 8 m. La seguridad y el entorno de trabajo siguen siendo las dos áreas de diseño de la planta, que requieren más atención. La reducción del ruido y la reducción de las emisiones de polvo son los objetivos de la mayoría de los operadores y diseñadores de plantas de trituración. A medida que los diseñadores se entrenan y se familiarizan mejor con los *software* 3D, el diseño de la planta 3D puede convertirse en el método de elección

para optimizar los diseños de plantas más económicas. El mayor cambio, que ahora se está introduciendo en el diseño de las plantas de trituración, es el diseño del proceso minero como un sistema completo, desde la cantera hasta el producto final.

4.2.2 Etapas de Trituración

“En la construcción de carreteras, edificios, presas y demás obras de ingeniería civil, se emplean áridos con una granulometría adecuada que intervienen para la fabricación de productos resistentes mediante su mezcla con aglomerantes. Para solventar este problema se utilizan los procesos de trituración y molienda. En ellos se dan los fenómenos de reducción de tamaño y en muchos casos también se le da una cierta forma a la roca, estos equipos se pueden clasificar en función a la gama de reducciones volumétricas en trituradoras primarias, secundarias, terciarias, arenadores, etc.” (Fueyo (1999) pág. 23). La escala de fragmentación de un material varía de uno a otro, por ello se presenta de la siguiente forma; tomando en cuenta la comparación con la escala de dureza de Mohs, como se muestra en la tabla 01.

Tabla 1- Comparación entre la resistencia a la fragmentación y la dureza Mineralógica. Fuente: Nobregas (2016) pág. 21

<i>Material</i>	<i>Resistencia a la fragmentación (kg/cm²)</i>	<i>Dureza Mineralógica</i>
Cuarzo	1000	7
Pirita	0.785	6.0-6.5
Horblenda	0.311	3.5-4
Galena	0.192	2.5

La trituración primaria es donde se inicia las operaciones de reducción de tamaño, de manera que las máquinas de este grupo deben ser capaces de admitir el trozo más grande de mineral que la mina envíe. Los aparatos que se emplean son diferentes, de acuerdo con

la dureza del material a fragmentar, para rocas duras o medianamente duras, se usan las machacadoras de mandíbula y las trituradoras giratorias; para rocas blandas, las trituradoras de cilindro y de impacto. (Peláez, Eduardo (1981) pág. 35).

Trituradora de Mandíbula

“Estos equipos utilizan como fuerza predominante la compresión y la aplican de forma discontinua por atrapamiento entre dos mandíbulas, una fija y otra móvil mediante diferentes sistemas de actuación. Pueden ser de simple o de doble efecto, denominación que se corresponde con la traducción del inglés de *single toggle* (teja, palanca o placa de articulación) o *double toggle* (doble palanca)” (Blanco, Emilio (2014) pág. 01). En la figura 07 se presenta un esquema del movimiento de las placas.

Trituradoras de mandíbulas Blake o de doble efecto

Consta de una mandíbula fija y una móvil que está articulada en su parte superior y que, por oscilación sobre este eje, se puede acercar y alejar de la mandíbula fija (como se muestra en la fig. 08), comprimiendo la roca entre ambas en este movimiento.

La fuerza para la compresión se comunica a la mandíbula móvil mediante el giro de un segundo eje excéntrico, con un gran volante de inercia, que mueve una biela y esta acciona dos placas o tejas entre la mandíbula móvil y un punto fijo. Este tipo de dispositivo es un eficiente multiplicador de fuerzas que permite fragmentar las rocas y minerales entre las mandíbulas del equipo cuando estas se acercan y liberar la presión cuando se separan.

Trituradora de mandíbulas de simple efecto

Para Blanco (2014) en este tipo de trituradoras un solo eje hace a la vez de articulación para el giro de la mandíbula móvil y de excéntrica para transformar el movimiento lineal en movimiento cuasi lineal. En este caso el movimiento describe una elipse en la zona de la boca de salida.

En este diseño, la mandíbula móvil hace las funciones de biela y se suprime una de las placas de articulación. El resto de mecanismos descritos anteriormente son válidos y similares en su función, pero se simplifica notablemente el diseño y la construcción de los equipos reduciendo el peso de acero y se abarata el notablemente la trituradora.

La trituración secundaria “Proceso que toma el género que descargan las trituradoras primarias una vez clasificados y lo reducen hasta un tamaño que sea apropiado para alimentar los aparatos de molienda o que pueda llevarse a una concentración previa, en tamaño de granzas o gandingas, como es por ejemplo la separación en medios densos. El tamaño máximo de las partículas en la alimentación está comprendido entre 200mm (8”) y 100mm (4”) mientras que el de la descarga suele ser inferior a 13mm (1/2”) si se continúa la fragmentación en molinos. Los equipos que más se utilizan para esta etapa para trituración secundaria fina, donde el objetivo es una gran cantidad de finos (arena artificial, alimentación de molinos, etc.) son los conos y trituradoras de rodillos”. (Peláez, Eduardo (1981))

Trituradora de Cono

Sánchez (2012) lo define como “un equipo giratorio utilizado para triturar piedra y material duro hasta un tamaño determinado por la configuración del equipo. Consiste en un manto de manganeso el cual gira de manera excéntrica

presionando en cada giro a las piedras en contra de un manto superior o anillo cóncavo”. La abertura del cono en la parte superior (ver Fig. 09) determina la configuración de descarga del mismo, es decir que si la abertura inferior es de 1” (1 pulgada, 2,54cm) la piedra que triturada tendrá esa medida.

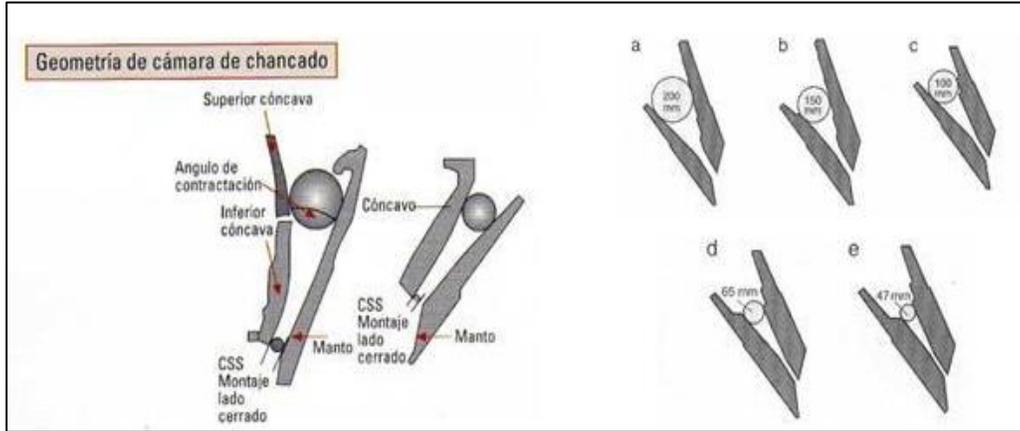
Figura 7- Triturador de Cono. Fuente: Roberto Sánchez (2012) Pág. 31



La trituración terciaria o molienda Según Peláez (1981) esta constituye la última etapa de la fragmentación, aunque el tamaño de los géneros con que se alimentan los aparatos depende del tipo de equipo que se utiliza en la trituración secundaria, el trozo máximo suele ser inferior a 19mm (3/4”) o 13mm, mientras que los productos están comprendidos entre 0,417mm (35 mallas) y 0,074mm (200mallas), aunque hay excepciones.

Comparado con otros equipos de trituración, la trituradora de cono cuenta con algunas ventajas, que lo coloca en ventaja con respecto a los otros equipos y lo hace muy adecuado para la reducción de tamaño y forma del producto final. La razón, es la forma de la cámara de trituración y las posibilidades que posee para cambiar las aberturas de alimentación y descarga durante la operación. Como se muestra en la Figura 10.

Figura 8 - a) Geometría de la cámara de trituración del cono. Fuente Manual general de minería y metalurgia (2006) y b) diferentes configuraciones fuente Fueyo (1999)



4.2.3 Relación de Reducción

La relación de reducción, también conocida como grado de trituración y de molienda, es una característica cuantitativa del proceso, que indica en cuantas veces ha disminuido el tamaño de partícula del material durante la trituración o molienda. Es conocida como la relación entre el tamaño de alimentación y el tamaño de descarga de cualquier equipo de conminución. Otra definición dice que es la relación existente entre el tamaño de mineral, correspondiente al tamaño al cual se halla el 80 % del material que se alimenta a un equipo de reducción de tamaño (trituradora o molino) y el de su descarga, correspondientes al tamaño al cual se halla el 80% del producto.

4.2.4 Clasificación de productos

“La clasificación es una operación mineralúrgica cuyo objetivo básico es separar los productos que ya tienen un determinado tamaño o rango de tamaños, de aquellos que no reúnen las dimensiones adecuadas; este proceso va generalmente asociado a la fragmentación en algunas de sus etapas y se utiliza, además para diseñar circuitos cerrados

con los equipos de fragmentación (conos y molinos) con el claro objetivo de optimizar los procesos en consumos de energía y en costes”. (Blanco, Andrés (2014) pág. 01) La medida del tamaño de las partículas se realiza por uno de los sistemas indicados, clasificados por el principio de operación. Blanco (2014) afirma que los márgenes más usuales en el proceso de clasificación son los siguientes:

Cribado

“Se utiliza un obstáculo físico para realizar la clasificación. Utilización de cribas de mallas cuadrada calibrada para tamaños adecuados a la alimentación y de robustez suficiente”.

Tamizado

“El principio corresponde al paso o rechazo (probabilidad) por una malla tipo (estándar) del conjunto de partículas. Se emplean tamices (mallas calibradas) y es apto para tamaños entre 0,1mm y 200mm”.

Cernido

“Es una operación continua a diferencia de la tamización y puede llevarse a cabo en seco o en húmedo. Si la operación se realiza en seco, el tamaño de corte o separación puede llegar hasta aproximadamente 28 mallas tyler (0,6mm), por debajo de este tamaño se tiene una sustancial disminución en la capacidad de la máquina. Si la operación es en húmedo, el tamaño de corte puede llegar hasta 50 micras”.

Tornillo lavador de finos:

Para Sánchez (2012), es un equipo que consiste en un tornillo sin fin ubicado dentro de un cajón de lavado, accionado por un motor eléctrico y que posee una inclinación entre

15° a 20°. El tornillo recibe el material en la base y mediante el movimiento de rotación hace que el mismo se vaya desplazando hacia la parte superior donde se encuentran los bajantes o chutes de descarga. Al mismo tiempo un suministro constante de agua desde la parte superior del tornillo hace que el material se vaya lavando dejando las partículas muy finas, así como la basura y desperdicios, en un tanque de agua ubicado en la parte inferior del equipo. Los tornillos lavadores son utilizados en la industria de los agregados para la limpieza de la arena, separar la arena del polvillo, y para el lavado de las piedras de diversos tamaños. Dependiendo del tipo de material a trabajar y de la cantidad que se procese en función del tiempo se pueden utilizar tornillos lavadores dobles, que consiste en tener dos tornillos en un mismo cajón de lavado.

4.2.5 Eficiencia o rendimiento de cribado

Para Fueyo (1999), los factores que influyen en el rendimiento de paso se pueden resumir en los siguientes:

1. Factores propios de la superficie de cribado: dimensión y forma de las aberturas, perfil de la sección de paso, inclinación, superficie libre de paso, etc.
2. Factores propios del producto a cribar: granulometría, coeficiente de forma, distribución de tamaño, humedad, plasticidad, etc.
3. Factores propios al movimiento de la criba: frecuencia del movimiento, amplitud, coeficiente de aceleración, ángulo de trabajo, etc.

Todos estos factores permiten determinar un coeficiente de cribado:

Figura 9- Ecuación de coeficiente de cribado Fuente: Acosta. M (2017)

$$Kv = \frac{an^2 \cdot \text{sen}(\alpha + \beta)}{90.000 \cdot \text{Cos}\beta}$$

Dónde:

a: amplitud del movimiento (cm)

n: velocidad angular (revoluciones/minuto)

α : ángulo de reposo del material a cribar

β : ángulo del paño respecto a la horizontal

Kv: puede estar comprendido entre 1,5 y 2 para un cribado fácil, entre 2 y 2,5 para un cribado normal y 3-3,5 para uno difícil.

Otros factores propios a las condiciones de trabajo de la criba: número de paños, ritmos de alimentación, coeficiente de disponibilidad, eficiencia, etc. Si “m” es la abertura de la malla de la criba, “A” la masa de alimentación, “P” la masa de material pasante, “R” la masa de rechazo y “a”, “p” y “r” los porcentajes de partículas con dimensiones inferiores a “m”, respectivamente en la alimentación, pasante y rechazo, el rendimiento o eficiencia de cribado viene dado por la fórmula: $A = P + R$, $Aa = Pp + Rr$

Figura 10 – Eficiencia del Cribado Fuente: Acosta. M. (2017)

$$E(\%) = 100 * (100(a-r) / a(100-r))$$

Se establece que los granos de dimensiones críticas son los granos de dimensiones comprendidas entre “m” y “m/2”.

4.2.6 Distribución Granulométrica

Fueyo (1999) afirma que es imposible obtener, a través de los procesos de trituración, granos que en su totalidad sean de volumen igual y uniforme. La trituración, realizada de forma que ninguno de los fragmentos obtenidos sobrepase

una dimensión previamente definida, conduce a la obtención de toda una gama de tamaños comprendidos entre dicha dimensión y la infinitamente pequeña.

Mientras que Peláez (1981) explica que para determinar la distribución por tamaños de una muestra se emplea en el laboratorio, un conjunto de tamices circulares, de 20cm aproximadamente de diámetro, en los que la malla de fondo en cada tamiz corresponde a un número de la serie Tyler o A.S.T.M. al final de esta operación se habrá dividido la muestra en una serie de porciones retenidas sobre cada uno de los tamices utilizados en el análisis, y estos pesos se transforman en porcentajes, que finalmente se representaran en forma gráfica que permitirá hacer comparaciones rápidas y que a simple vista dará una idea de la distribución de tamaño, pues en algunos casos, son más valiosos los tamaños gruesos mientras que en otros casos los materiales adquieren valor al ser más finos. Estas curvas reciben el nombre de curvas granulométricas y existen varias formas de representación. Una muy empleada es la escala logarítmica que permite la representación de granos gruesos y granos finos.

4.2.6 Tipos de Mantenimiento

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:

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.

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.

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.

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.

4.2.7 Disponibilidad física

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.

4.2.8 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.

4.2.9 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.

Capítulo V - Marco Metodológico

5.1 Tipo de Investigación

Es una investigación de exploración de campo en la que se recolecta a través de sondeos constantes diarios semanales y mensuales información de los operatividad en las plantas de beneficio mineral, el recaudo de los datos para la investigación se realizó directamente dentro de la empresa.

5.2 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.

5.3 Población y Muestra

La población está representada por la entidad de la empresa Canteras del Distrito Capital S.A. y la muestra se conforma por las plantas de beneficio mineral.

5.4 Instrumentos para la recolección y procesado de la información

En primer lugar los códigos de paradas de las plantas con los que trabajaron los operadores de las mismas para realizar el reporte diario de varias y paradas operativas.

Tabla 2 - Tabla de paradas operativas de planta II, Fuente: Canteras del Distrito Capital

Descripción de la parada en Planta II	Código
PARADA CORRECTIVA	MC00
PARCHO EN CRIBA	MC01
EXPULSIÓN DE CORREAS EN BANDAS	MC02
EXPULSIÓN DE CORREAS EN CONO	MC03
LABORES DE SOLDADURA	MC04
FALLA EN BANDA	MC05
REPARACIONES EN BANDA	MC06
PARADA POR ACUM. DE MATERIAL EN BANDA	MC07
FALLA EN MANDÍBULA	MC08
FUGA EN TUBERIA DE AIRE	MC09
FALLA POR TENSOR DE REDUCTOR	MC10
FALLA POR TENSOR DE BANDA	MC11
FALLA EN VENTILADOR DEL CONO	MC12
FALLA ELÉCTRICA	MC13
FALLA EN LOS COMPRESORES	MC14
FALLA ALIMENTADOR	MC15
FALLA EN MOTOR ELÉCTRICO	MC16
FALLA EN REDUCTOR	MC17
FALLA EN RODAMIENTOS	MC18
FALLA DE BANDA 1	MC19
FALLA DE BANDA 2	MC20
FALLA DE BANDA 10	MC21
FALLA DE BANDA 12	MC22
FALLA DE BANDA 13	MC23
FALLA DE BANDA 14	MC24
FALLA DE BANDA 16	MC25
FALLA DE BANDA 19	MC26
FALLA DE BANDA DE TIERRA	MC27
REPARACION EN CONO 09	MC28
REPARACION EN CONO 18	MC29
REPARACIÓN EN CONO 04 PIES	MC30
REPARACIÓN EN CRIBA 08	MC31
REPARACIÓN EN CRIBA 15	MC32
REPARACIÓN EN CRIBA 20A	MC33
REPARACIÓN EN CRIBA 20B	MC34
PARADA PREVENTIVA	MP00
REPLAZO DE MALLA	MP01
REPLAZO DE CORREAS	MP02
REPOSICION DE ACEITE EN CONOS	MP03
PARADA POR LUBRICACIÓN	MP04
PARADA POR MANTENIMIENTO GENERAL	MP05
CHEQUEO DE PLANTA	MP06
PARADA OPERATIVA	PO00
COMIDA O DESCANSO	PO01
TRANSPORTE DE PERSONAL	PO02
REUNION DE TRABAJO	PO03

NECESIDADES DEL PERSONAL	PO04
FALTA DE OPERADOR	PO05
OBSTRUCCION EN BAJANTE	PO06
OBSTRUCCION DE MALLA	PO07
OBSTRUCCION EN CONO	PO08
FALTA DE ALIMENTACION	PO09
TRANCA EN MANDIBULA	PO10
AUSENCIA DE CAMIÓN EN TOLVA	PO11
PARADA POR DERRAME DE MATERIAL	PO12
PARADA POR CAUSAS EXTERNAS	EX00
LLUVIA / VÍAS HÚMEDAS	EX01
POLVO DE VOLADURA	EX02
VOLADURA	EX03
INCIDENTE	EX04
PROBLEMAS LABORALES	EX05
ACCIDENTE	EX06
OTRAS ACTIVIDADES	EX07

Tabla 3 - Tabla de paradas operativas de planta III, Fuente: Canteras del Distrito Capital

Descripción de la parada en Planta III	Código
PARADA CORRECTIVA	MC00
PARCHO EN CRIBA	MC01
EXPULSIÓN DE CORREAS EN BANDAS	MC02
EXPULSIÓN DE CORREAS EN CONO 1	MC03
LABORES DE SOLDADURA	MC04
FALLA EN BANDA	MC05
REPARACIONES EN BANDA	MC06
PARADA POR ACUM. DE MATERIAL EN BANDA	MC07
FALLA EN MANDÍBULA	MC08
FALLA POR TENSOR DE REDUCTOR	MC09
FALLA POR TENSOR DE BANDA	MC10
FALLA ELÉCTRICA	MC11
FALLA EN GIRADISCO	MC12
FALLA ALIMENTADOR	MC13
FALLA EN MOTOR ELECTRICO	MC14
FALLA EN REDUCTOR	MC15
FALLA EN RODAMIENTOS	MC16
FALLA EN ARENADOR	MC17
FALLA DE SPIDER	MC18
CAMBIO DE CRIBA 1	MC19
CAMBIO DE CRIBA 2	MC20
REPARACIONES EN CONO 1	MC21
REPARACIONES EN GIRADISCO 2	MC22
REPARACIONES EN GIRADISCO 3	MC23
REPARACIONES EN BOMBA DE ACEITE	MC24
PARADA PREVENTIVA	MP00
REEMPLAZO DE MALLA	MP01

REEMPLAZO DE CORREAS	MP02
REPOSICION DE ACEITE EN CONOS	MP03
PARADA POR LUBRICACION	MP04
PARADA POR MANETENIMIENTO GENERAL	MP05
CHEQUEO DE PLANTA	MP06
PARADA OPERATIVA	PO00
COMIDA O DESCANSO	PO01
TRANSPORTE DE PERSONAL	PO02
REUNIÓN DE TRABAJO	PO03
NECESIDADES DEL PERSONAL	PO04
FALTA DE OPERADOR	PO05
OBSTRUCCIÓN EN BAJANTE	PO06
OBSTRUCCIÓN EN MALLA	PO07
OBSTRUCCIÓN EN CONO	PO08
FALTA DE ALIMENTACIÓN	PO09
TRANCA EN MANDÍBULA	PO10
AUSENCIA DE CAMION EN TOLVA	PO11
PARADA POR DERRAME DE MATERIAL	PO12
PARADAS POR CAUSAS EXTERNAS	EX00
LLUVIA / VÍAS HÚMEDAS	EX01
POLVO DE VOLADURA	EX02
VOLADURA	EX03
INCIDENTE	EX04
PROBLEMAS LABORALES	EX05
ACCIDENTE	EX06
OTRAS ACTIVIDADES	EX07

Para fines estadísticos, el método de recolección de datos serán las planillas disponibles en la empresa para el reporte diario de paradas operativas en cada una de las plantas respectivamente.

Figura 11 – Fotografía ejemplo de planilla 01/06/2017 para formato de paradas operativas utilizado para la recolección de datos Fuente: Elaboración propia

Gobierno CAPITAL		DISTRITO CAPITAL		Fecha: 01 / 06 / 17										
GERENCIA DE OPERACIONES - COORDINACIÓN DE PRODUCCIÓN														
REPORTE DE PRODUCCIÓN (PLANTA 2 - OPERACIONES)														
Nº	HORA	DESCARGA (m3)		PARADAS (CODIGO)	Nº	HORA	DESCARGA (m3)		PARADAS (CODIGO)	Nº	HORA	DESCARGA (m3)		PARADAS (CODIGO)
		A PATIO (m3)	ALIMENTACION (m3)				A PATIO (m3)	ALIMENTACION (m3)				A PATIO (m3)	ALIMENTACION (m3)	
1	7:00 AM				40	10:15 AM	14 mts			79	1:30 PM	10 mts		
2	7:05 AM			MPO6	41	10:20 AM	2-26			80	1:35 PM	4 mts		
3	7:10 AM				42	10:25 AM	13 mts			81	1:40 PM	5 mts		
4	7:15 AM			MPO3	43	10:30 AM	10 mts			82	1:45 PM	8 mts	2-26	
5	7:20 AM				44	10:35 AM	12 mts			83	1:50 PM	2-26		
6	7:25 AM				45	10:40 AM	10 mts			84	1:55 PM	14 mts	1-12	
7	7:30 AM				46	10:45 AM	10 mts			85	2:00 PM	10 mts		
8	7:35 AM				47	10:50 AM	12 mts			86	2:05 PM		1-12	
9	7:40 AM	2-26			48	10:55 AM	5 mts			87	2:10 PM	2-26	2-26	
10	7:45 AM				49	11:00 AM	10 mts			88	2:15 PM	2-26		
11	7:50 AM			MPO3	50	11:05 AM	10 mts			89	2:20 PM			
12	7:55 AM				51	11:10 AM	5 mts			90	2:25 PM		1-12	
13	8:00 AM			MPO6	52	11:15 AM	2-26			91	2:30 PM			
14	8:05 AM				53	11:20 AM	5 mts			92	2:35 PM			
15	8:10 AM				54	11:25 AM	5 mts			93	2:40 PM		2-26	
16	8:15 AM				55	11:30 AM	INICIO ALMUERZO			94	2:45 PM			
17	8:20 AM				56	11:35 AM	10 mts			95	2:50 PM		2-26	
18	8:25 AM				57	11:40 AM	12 mts			96	2:55 PM			
19	8:30 AM		9 mts		58	11:45 AM	2-26	2-26		97	3:00 PM			
20	8:35 AM				59	11:50 AM	8 mts			98	3:05 PM			
21	8:40 AM		9 mts		60	11:55 AM	11.5 mts			99	3:10 PM			
22	8:45 AM		9 mts		61	12:00 PM	7 mts			100	3:15 PM			
23	8:50 AM		8.3 mts		62	12:05 PM	9 mts			101	3:20 PM			
24	8:55 AM		7 mts		63	12:10 PM	6 mts			102	3:25 PM			
25	9:00 AM		7 mts		64	12:15 PM	16 mts			103	3:30 PM	SALIDA		
26	9:05 AM		8.3 mts		65	12:20 PM	8 mts			104	3:35 PM			
27	9:10 AM	3 mts	2-26		66	12:25 PM	5 mts			105	3:40 PM			
28	9:15 AM				67	12:30 PM	CULMINO ALMUERZO			106	3:45 PM			
29	9:20 AM	3 mts	2-26		68	12:35 PM	5 mts		MCO3	107	3:50 PM			
30	9:25 AM				69	12:40 PM	2-26			108	3:55 PM			
31	9:30 AM		16 mts		70	12:45 PM	3 mts			109	4:00 PM			
32	9:35 AM				71	12:50 PM	10 mts	12 mts		110	4:05 PM			
33	9:40 AM	14 mts	2-26		72	12:55 PM	12 mts	2-26		111	4:10 PM			
34	9:45 AM	10 mts			73	1:00 PM	4 mts			112	4:15 PM			
35	9:50 AM	8 mts			74	1:05 PM	5 mts			113	4:20 PM			
36	9:55 AM			MCO3	75	1:10 PM	4 mts			114	4:25 PM			
37	10:00 AM			POPO8	76	1:15 PM	2 mts			115	4:30 PM			
38	10:05 AM		2-26		77	1:20 PM	8 mts			116	4:35 PM			
39	10:10 AM		10 mts		78	1:25 PM	2-26			117	4:40 PM			

Operador: Yonardo Gallardo Hora: 8:00 am Ayudante: Anibal, Angel Yernando
 Observaciones: Se limpio Rodillos de caña Banda 12, 4, 10
 Se trabajo horario corrido montando correa al Cono 9 Anibal Yonardo Yernando
 Recibido por: Mireia Caria Coordinadora de Producción.

Figura 12 - Fotografía ejemplo de planilla 16/08/2017 para formato de paradas operativas utilizado para la recolección de datos Fuente: Elaboración propia

REPORTE DE PRODUCCION

PLANTA	CARGADOR	CAMIONES				HORA										
						INICIAL	FINAL									
2	L 5-56					7:40 _{am}										
C H E Q U E O	BANDAS				RÓDILLOS				TOLVAS		CRIBAS					
	1	2	3	4	1	2	3	4	DESCARGA	PIEDRA 1 1/2	1	2	3	4		
	5	6	7	8	9	10	11	12	POLVILLO		5	6	7	8		
	13	14	15	16	17	18	19	20	ABROCCILLO		9	10	11	12		
	17	18	19	20	21	22	23	24	34		13	14	15	16		
D I F A R I O	CONOS				VARIOS				ESCALERAS							
	1	2	3	4	GRADISCO 1	CONTROLES PLANTA			PISOS	ESCALERAS						
	5	6	7	8	GRADISCO 2	SONBA			PASAMANOS							
	9	10	11	12	SINFIN	ORDEN Y LIMPIEZA PLANTA			GRUA							
	13	14	15	16	ALIMENTADOR	ORDEN Y LIMPIEZA PATIO			PROTECTORES							
17	18	19	20	TRITURADORA	GUAYAS			CABLEADO								
V I A J E S	7 a 8				8 a 9				9 a 10				10 a 11			
	11 a 12				12 a 1				1 a 2				2 a 3			
	3 a 4				4 a 5				5 a 6				6 a 7			
P A R A D A S	M06 7 a 8				8 a 9				9 a 10				10 a 11			
	11 a 12				12 a 1 M13				1 a 2				2 a 3			
	3 a 4				4 a 5				5 a 6				6 a 7			
OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES																
<i>M13 Falla en Cono 4 Pres se dispuso de 12:30 a 1:30 pm</i>																
ELABORADO POR NOMBRE: <i>Sibal Lopez</i>												FIRMA:		Fecha		
														16/08/2017		
														Revision: 1		
														Fecha 04/03/08		

Para el procesamiento de ésta información se diseñó una hoja de cálculo de Excel que permite procesar los datos para generar las gráficas y estadísticas necesarias para realizar el reporte de paradas y tiempos perdidos.

Figura 13 - Hoja de Excel diseñada para el procesamiento de los datos de paradas operativas de las plantas, Fuente: Elaboración Propia

		01/06/2017	02/06/2017	03/06/2017	04/06/2017	05/06/2017	06/06/2017	07/06/2017	08/06/2017	09/06/2017	10/06/2017	11/06/2017	12/06/2017	13/06/2017	14/06/2017	15/06/2017	16/06/2017	17/06/2017	18/06/2017
		Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
76	PLANTA II																		
77																			
78	PARADA CORRECTIVA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
79	PARCHO EN CRIBA	0	0	0	0	0	0	0	7	0									18
80	EXPULSIÓN DE CORREAS EN BANDAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0									0
81	EXPULSIÓN DE CORREAS EN CONO	4	0	0	0	0	0	0	0	0									0
82	LABORES DE SOLDADURA	0	0	0	0	2	22	0	0	0									0
83	FALLA EN BANDA	0	0	0	0	0	0	0	0	0			3	0	0	0	0	0	0
84	REPARACIONES EN BANDA	0	0	0	0	8	0	0	0	0			0	0	0	0	0	0	0
85	PARADA POR ACUM. DE MATERIAL EN BANDA	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	0	0	0
86	FALLA EN MANOBUJILLA	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	0	0	0
87	FUGA EN TUBERIA DE AIRE	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	0	0	0
88	FALLA POR TENSOR DE REDUCTOR	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	0	0	0
89	FALLA POR TENSOR DE BANDA	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	0	0	0
90	FALLA EN VENTILADOR DEL CONO	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	0	0	0
91	FALLA ELÉCTRICA	0	0	0	0	0	0	0	1	0			0	5	0	0	0	0	0
92	FALLA EN LOS COMPRESORES	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	0	0	0
93	FALLA ALIMENTADOR	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	0	0	0
94	FALLA EN MOTOR ELÉCTRICO	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	0	0	0
95	FALLA EN REDUCTOR	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	0	0	0
96	FALLA EN RODAMIENTOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	0	0	0
97	FALLA DE BANDA 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	0	0	0
98	FALLA DE BANDA 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	0	0	0
99	FALLA DE BANDA 10	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	0	0	0
100	FALLA DE BANDA 12	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	0	0	0
101	FALLA DE BANDA 13	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	0	0	0
102	FALLA DE BANDA 14	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	0	0	0
103	FALLA DE BANDA 16	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	0	0	0
104	FALLA DE BANDA 19	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	0	0	0
105	FALLA DE BANDA DE TIERRA	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	0	0	0
106	REPARACIÓN EN CONO 09	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	0	0	0
107	REPARACIÓN EN CONO 18	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	0	0	0
108	REPARACIÓN EN CONO 04 PIES	0	0	0	0	2	0	0	0	0			0	0	0	0	0	0	0
109	REPARACIÓN EN CRIBA 08	0	4	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	0	0	0
110	REPARACIÓN EN CRIBA 15	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	0	0	0

Instrumentos de uso cotidiano para anotaciones, libreta minera, lápices de grafito, consulta de manuales de los equipos de trituración fija suministrados por la empresa así como también consulta de información de balances previos, cámara fotográfica a través de la cual se tomaron fotografías de las planillas para posterior procesamiento y de los equipos fijes de trituración.

5.5 Cronograma de Trabajo

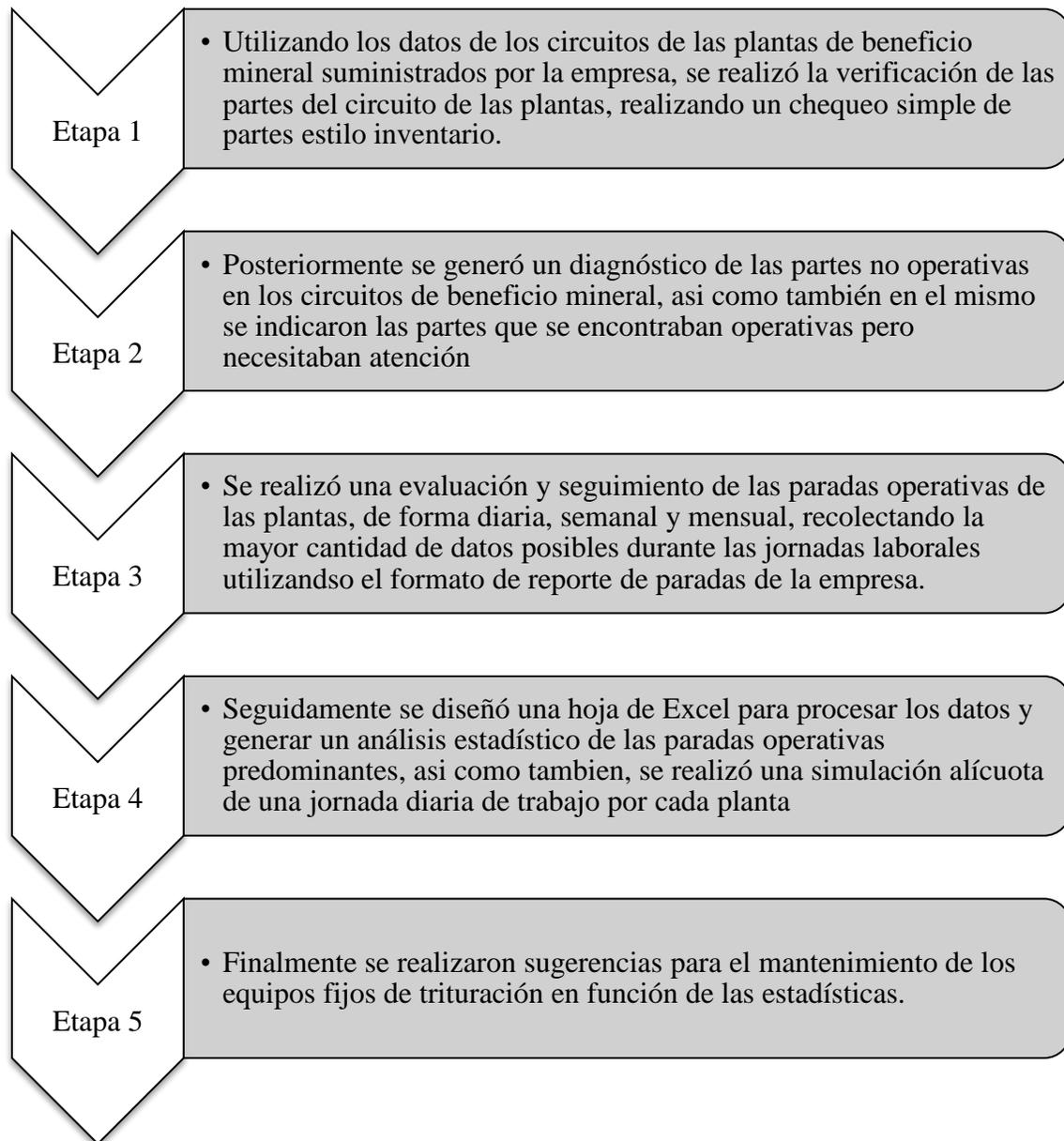
Tabla 4 – Cronograma de Trabajo, Fuente: Elaboración Propia

Semana	Fecha	Actividad
I	17/07 al 21/07	Presentación a la empresa “Canteras del Distrito Capital S.A”, recorrido por las diferentes áreas de la cantera, asignación a través de la Gerencia de Mina del tutor industrial, el Ing. Ronald Figueroa, encargado del área de plantas de beneficio mineral.
II	24/07 al 28/07	Reconocimiento de las Plantas de Beneficio Mineral en campo (Planta I y Planta II) e inspección del almacenamiento de los agregados provenientes de dichas plantas.
III	31/07 al 04/07	Inspección de Plantas de beneficio mineral I y II para elaborar un diagnóstico operativo de fallas.
IV	07/07/ al 11/08	Realización de una evaluación diaria, semanal y mensual de los operatividad de las plantas de agregados.
V	14/08 al 18/08	Elaboración de análisis estadísticos, gráficos y funcionales de indicadores predominantes.
VI	21/08 al 25/08	Finalmente se realizaron sugerencias para el mantenimiento de los equipos fijos de trituración en función de las estadísticas.

5.6 Etapas metodológicas y procedimiento experimental

A continuación se presenta un diagrama resumen de la metodología empleada para el desarrollo de la investigación con la finalidad de lograr los objetivos propuestos.

Figura 14 – Esquema de Metodología empleada Fuente: elaboración propia



Capítulo VI - Presentación y Análisis de Resultados

6.1 Resultados Obtenidos Planta II

En ésta sección se mostraran los resultados obtenidos para la respectiva planta de agregados para la construcción, la cual según Canteras del Distrito Capital S.A, cuenta con una capacidad instalada de procesamiento de 1200 m³ de material por día. Para la recolección de datos de los datos de las paradas operativas se utilizó un formato de reporte de paradas utilizado por la empresa, y para el procesado de los mismos se diseñó una hoja de Excel contabilizando los días que fueron evaluados los cuales comprenden fecha desde el 1 de Junio del año 2017 hasta el 25 de Agosto del año 2017.

6.1.1 – Inventario de Partes con Notas Planta II

Tabla 5 –Inventario de partes de Planta II, Fuente: Canteras del distrito Capital

Inventario de Partes Planta II	
Alimentador de Láminas Dimensiones 5.30m x 1.35m Correas C-90	Mandíbula Maggut 1250CR Loro&Parisini Serial 08425 Motor: 250Hp 885 RPM Polea de 52cm. 6 Canales tipo D
Cono 18 Hidrocono Crusher 51” Allis chalmers 1051” / 35 Modificado a 7/51Serial 086817 Motor: 200Hp 885 RPM Polea: 47 ½ cm 6 Canales tipo D Correa D-240	Cono 9 Hidrocono Crusher 18-50 Allis chalmers 1 ¼ (Superior Chrusher) Tamaño 1850 / 32 Serial 086850 Motor 257 Hp 800RPM Polea 42cm. 6 Canales tipo D Correa D-240
Criba 20A 02 Cribas loro&Parisini Vaglio V516 Medidas 5m x 2.14m Serial: 92156242 Motor Criba 20A: 1745 RPM Polea de la criba: 47cm. Polea del Motor: 26cm 3 Canales tipo C	Criba 20B 02 Cribas loro&Parisini Vaglio V516 Medidas 5m x 2.14m Serial: 92156242 Motor Criba 20B: 23 Hp 1765 RPM Polea de la criba: 47cm. Polea del Motor: 23cm 3 Canales tipo C

Correas C-128	Correas C-128
<p>Criba 8 01 Cribas loro&Parisini Vaglio V516 Medidas 5m x 2.14m Serial: 92156242 Motor 20 Hp Polea de la Criba 47cm Polea del Motor 23cm 3canales tipo c Correas C-128</p>	<p>Criba 15 01 Cribas loro&Parisini Vaglio V517 Medidas 6m x 2.14m Serial: 2157.2 Motor: 34 Hp. 1760 RPM Polea de la criba: 47cm. 3 Canales Tipo C Polea del motor: 24cm. 3 Canales tipo C Correas C-136</p>
<p>Banda Transportadora 1 Banda Medidas 41m x 0.8m x2 63 Rodillos de Carga 31cm x4” 8 Rodillos de Retorno 1m x 4” 8 Rodillos guía 15cm x 3 ½” Tambor de Cola 1.03m x 10”, 2 Rodamientos 22-213 Tambor Motriz 1.03m x 16” 2 Rodamientos 22-217 21 estaciones, 3 Rodillos de 1.25m Reductor S/N Polea 4 canales Motor 20Hp Polea 4 Canales 4 Correas B-128</p>	<p>Banda Transportadora 2 Banda Medidas 35m x 0.80m x2 54 Rodillos de Carga de 28cm x 4” 5 Rodillos de Retorno de 1.00m x 4” 8 Rodillos guía 15cm x 3 ½” Tambor de cola 1m x 13”. 2 Rodamientos 22-213 Tambor motriz 1.03m x 16”. 2 Rodamientos 22-217 18 Estaciones 3 Rodillos de 1.22m Reductor Relación 15/1 Polea 5 Canales Motor 20 Hp Polea 5 canales 4 Correas B-128</p>
<p>Banda Transportadora 10 Banda Medidas 50.40m x 1m x2 6 Rodillos de Carga, Goma de 38cm x 5” 22 Rodillos de carga, Goma de 38cm x 6 ½” 71 Rodillos de Carga, metal de 38cm x 5” 9 Rodillos de retorno 1.15m x 4” 10 Rodillos guía 15cm x 3 ½” Tambor de Cola 1.14m x 13”. 2 Rodamientos 22-215 Tambor Motriz 1.14m x 13” Tambor Motriz 1.14m x 16” 33 estaciones, 3 rodillos de 1.33m Reductor S/N Polea 3 Canales Motor 30 Hp Polea 4 Canales 4 correas C-144 2 Rodamientos Cabezal 22-222 2 Rodamientos contra eje 22-215</p>	<p>Banda Transportadora 11 Banda Medidas 42m x 0.9m x2 63 Rodillos de carga de 31cm x 4” 8 Rodillos de Retorno de 1m x 4” 8 Rodillos Guía de 15cm x 3 ½” Tambor de Cola de 1m x 16”. 2 Rodamientos 22-213 Tambor motriz de 1.03m x 16”. 2 Rodamientos 22-217 21 Estaciones, 3 Rodillos de 1.22m Reductor: Relación 15/1 Polea 5 Canales Motor 23 Hp Polea 5 Canales 4 Correas B-128</p>
<p>Banda Transportadora 12 Banda Medidas 70m x 1m x2</p>	<p>Banda Transportadora 13 Banda Medidas 51m x 1m x2</p>

<p>99 Rodillos de carga de 38cm x 5” 3 Rodillos de Contra pero de 1.17m x 13 ½” 14 Rodillos de retorno de 1.15m x 4 “ 10 Rodillos guía de 15cm x 3 ½” Tambor de cola de 1.17m x 11 ½”. 2 Rodamientos 22-215 Tambor Motriz de 1.17x11 ½” Tambor Motriz de 1.17x17” 33 Estaciones, 3 rodillos de 1.40m Reductor Relación 15/1 Polea 6 canales Motor 60 Hp (se considera sobredimensionado) Polea 6 canales 4 Correas C -144 2 Rodamientos cabezal 22-222 2 Rodamientos Contra eje 22-215 2 Rodamientos Contrapeso 22-215</p>	<p>78 Rodillos de carga de 38cm x 5” 11 Rodillos de retorno de 1.15m x 4” 10 Rodillos guía de 15cm x 3 ½” Tambor de Cola de 1.15m x 13” 2 Rodamientos 22-215 Tambor Motriz de 1.17m x 17” 26 Estaciones, 3 rodillos de 1.40m Reductor Relación 25/1 Polea 4 canales Motor 48 Hp Polea 4 canales 4 Correas C-128 Rolinera cabezal 2 22-222 Rolinera Contraeje 2 22-215</p>
<p>Banda Transportadora 14 Banda Medidas 56m x 1m x2 81 Rodillos de carga de 38cm x 5” 13 Rodillos de Retorno de 1.15 x4” 10 Rodillos guía de 15cm x 3 ½” Tambor de Cola de 1m x 13” 2 Rodamientos 22-215 Tambor Motriz de 1.15m x13” Tambor Motriz 1.17m x 17” 27 Estaciones, 3 rodillos de 1.40m Reductor, relación 15/1 Polea 4 canales Motor 46 Hp Polea 4 canales 4 correas C-136 2 Rodamientos contra eje 22-215 2 Rodamientos cabezal 22-222</p>	<p>Banda Transportadora 16 Banda medidas 52mx0.90m x 2 78 rodillos de carga de 31cm x 4” 10 Rodillos de retorno de 94.4m x 4” 10 Rodillos guía de 15cm x 3 ½” Tambor de cola de 1.03m x 13” 2 Rodamientos 22-213 Tambor Motriz de 1m x 14” 2 Rodamientos 22-217 26 estaciones, 3 rodillos de 1.22m Reductor relación 15/1 Polea 5 canales Motor 8.4 Hp Pola 5 canales 4 Correas B-128</p>
<p>Banda Transportadora 19 Banda medidas 32mx0.90m x 2 54 Rodillos de carga de 28cm x 4” 7 Rodillos de Retorno de 1m x 4” 8 Rodillos guía de 15cm x 3 ½” Tambor de cola de 1.02m x 13” Tambor motriz de 1.02m x 16”. 2 Rodamientos 22-219 18 Estaciones, 3 rodillos de 1.20m. 2 rodamientos 22-212 Reductor relación 15/1 Polea 2 canales Motor 23 Hp Polea 4 canales 4 correas C-136</p>	

6.1.2 – Diagnóstico del circuito

Tabla 6 – Diagnóstico del Circuito de Planta II, Fuente: elaboración Propia

Parte	Func.	Descripción
Puente Grúa		Operativo, sin embargo el motor no se encuentra techado y se encuentra expuesto a las lluvias, lo cual ocasiona desgaste, fallas futuras en el funcionamiento debido a la corrosión.
Tolva de Alimentación		No hay Novedad
Controles de Planta		No hay Novedad
Alimentador de Láminas		No hay Novedad
Separador de Finos		No hay Novedad
Mandíbula		Ángulo de Pellizco ajustado por segunda vez, necesita ser verificado, Desgaste de Forros, plancha fija fracturada, se sugiere cambio de forros y adquisición de una plancha fija completa de buena calidad.
Banda 10		No hay Novedad
Criba 8		Funciona pero presenta constante atascamiento cuando hay material húmedo.
Cono 9		Funciona, fue engrasado recientemente y sin embargo sigue presentando atascamiento cuando el material está húmedo. Falta el ventilador y bomba de agua, al igual que la bocina cabezote
Banda 11 (B. de Tierra)		Necesita Atención, presenta muchas grapas y aún le faltan, necesita cambios de algunos rodillos.
Banda 12		Funciona pero necesita una correa con urgencia. Se necesita reajustar los “faldones” que reciben el material a la banda ya que no se aprovecha su máxima capacidad
Tensor de Banda		No hay Novedad
Banda 13		Necesita Atención, funciona pero necesita una correa con urgencia. Fue cambiada en el 2015, tiene rodamiento y rodillo de cola dañada al igual que la chumacera se encuentra trabajando sobre el rodillo.
Banda 14		Necesita Atención, es necesario realizarle algunas grapas. Presenta fallas en la chumacera y rodamiento está a punto de dañarse.
Criba 15		Se encuentra en reparación el motor, se necesita cambio de malla en el nivel superior
Banda 16		No se encuentra operativa

Cono 18		No Operativo, necesita reparación mecánica Necesita Bomba de aceite, correas Falta ventilador y bomba de agua, que conforman el sistema de enfriamiento.
Banda 02		Necesita Atención, se necesita cambio de rodamiento y rodillos de cola dañados así b como también Faltan correas
Cono 04		No hay Novedad.
Banda 01		Necesita Atención, cambio de Rodillos y rodamientos.
Banda 19		Banda nueva
Criba 20 A		Necesita atención, funciona pero necesita cambio de mallas.
Criba 20 B		Inoperativa, posee tornillos partidos y necesita cambio de mallas urgente.
Controles de Tolva		Necesita atención, se necesita fijar los controles sueltos.
Tolva Polvillo		Presenta falla eléctrica, necesita varios intentos para lograr funcionar, falta brazo mecánico (gato).
Tolva Piedra ¾"		Necesita Atención, Funciona pero falta brazo mecánico (gato) para funcionamiento óptimo.
Tolva Piedra 1" P		No hay Novedad.
Tolva 1" G		Necesita atención, a veces no abre.
Otros Elementos Bajantes		No hay Novedad, se encuentran operativos sin embargo se necesita realizar un plan de mantenimiento para los elementos bajantes ya que éstos presentan desgaste.

Leyenda:

 Operativo

 Necesita Atención

 Inoperatividad

6.1.3 Estadísticas de paradas operativas de Planta II

Las paradas de planta proveen la oportunidad única para intervenir los activos que normalmente no están disponibles durante la operación normal o que lo están en un breve o escaso período de parada. La capacidad de pérdida puede ser recuperada hasta una funcionalidad superior durante una parada de planta. En los procesos de Parada de Planta se requiere manejar una óptima comunicación con todos los involucrados, además, del adecuado y oportuno almacenamiento y procesamiento de la información con intercambio de conocimiento y experiencias en tiempo real, de allí la importancia del uso de las tecnologías de la información y el manejo de las comunicaciones por parte de todas las organizaciones involucradas en la parada, trabajando así en equipo para un mayor aprovechamiento de los recursos materiales, financieros, humanos.

Se debe prestar atención a los detalles importantes o estos nos darán muchos problemas; en función del estudio diario, semanal y mensual, fueron transferidos los datos obtenidos a la hoja Excel diseñada para el procesado de los datos con la finalidad de obtener los gráficos y estadísticas que permitirán el cálculo de la eficiencia, confiabilidad, y disponibilidad física de la planta en términos generales; citando la fuente de Canteras del Distrito Capital S.A en donde hace referencia que la capacidad de la planta instalada es de 1200 m³ diarios y que se considera normal dentro de los valores de planificación en el proceso de conminución, paradas operativas por manteniendo alrededor de un 30% del tiempo de funcionamiento de la planta, sin embargo con el paso del tiempo , la mejora de combustibles y de tecnologías que permiten realizar mantenimientos más cortos según METSO, se considera normal un valor máximo alrededor de un 25% tolerable por pérdidas de mantenimiento (paradas operativas).

Figura 15 – Gráfico de frecuencia de paradas operativas en planta II por código, Fuente: Elaboración propia

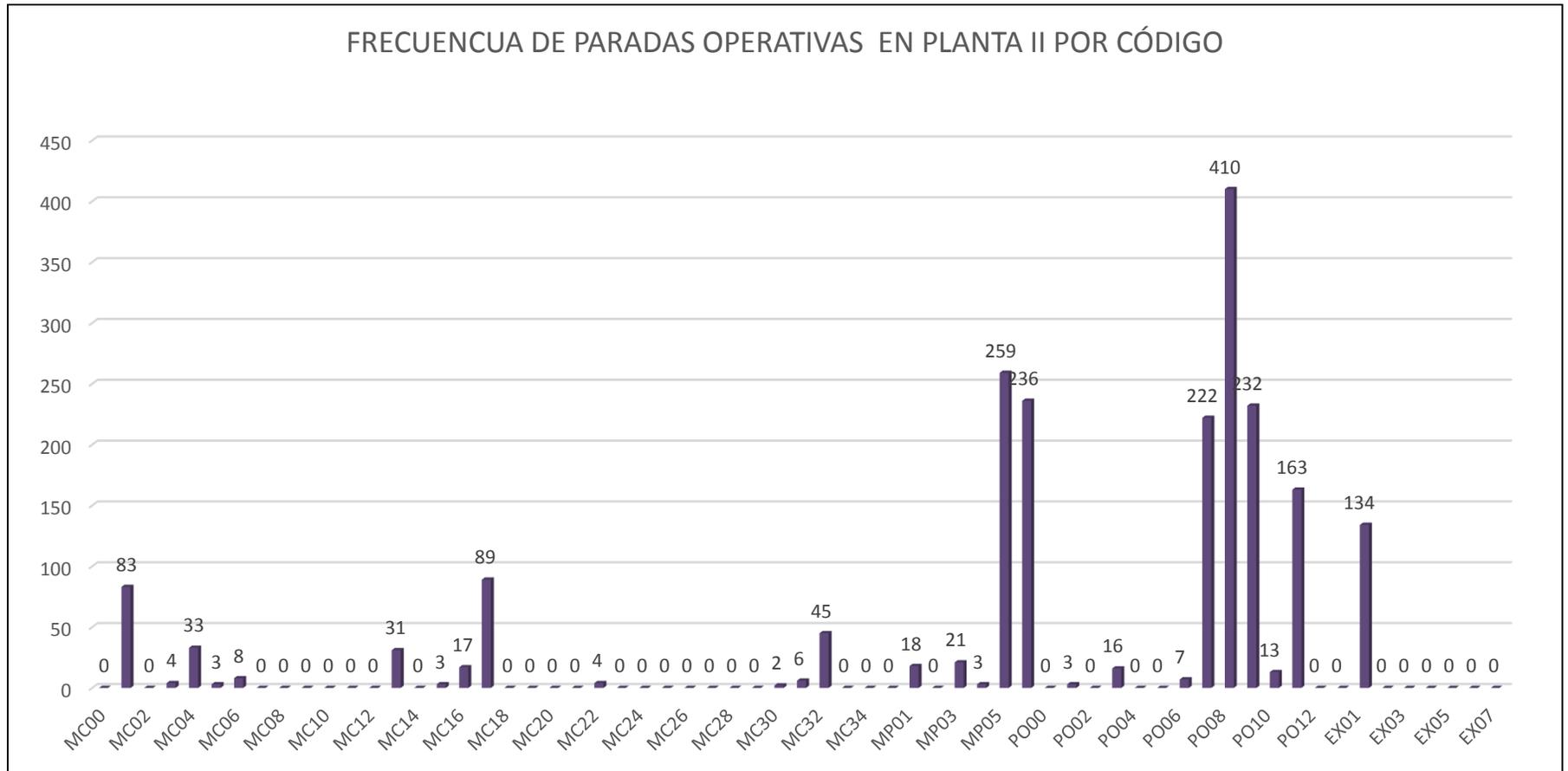


Figura 17 - Gráfico de la frecuencia filtrada registrada de paradas operativas de Planta II por código, Fuente: Elaboración propia.

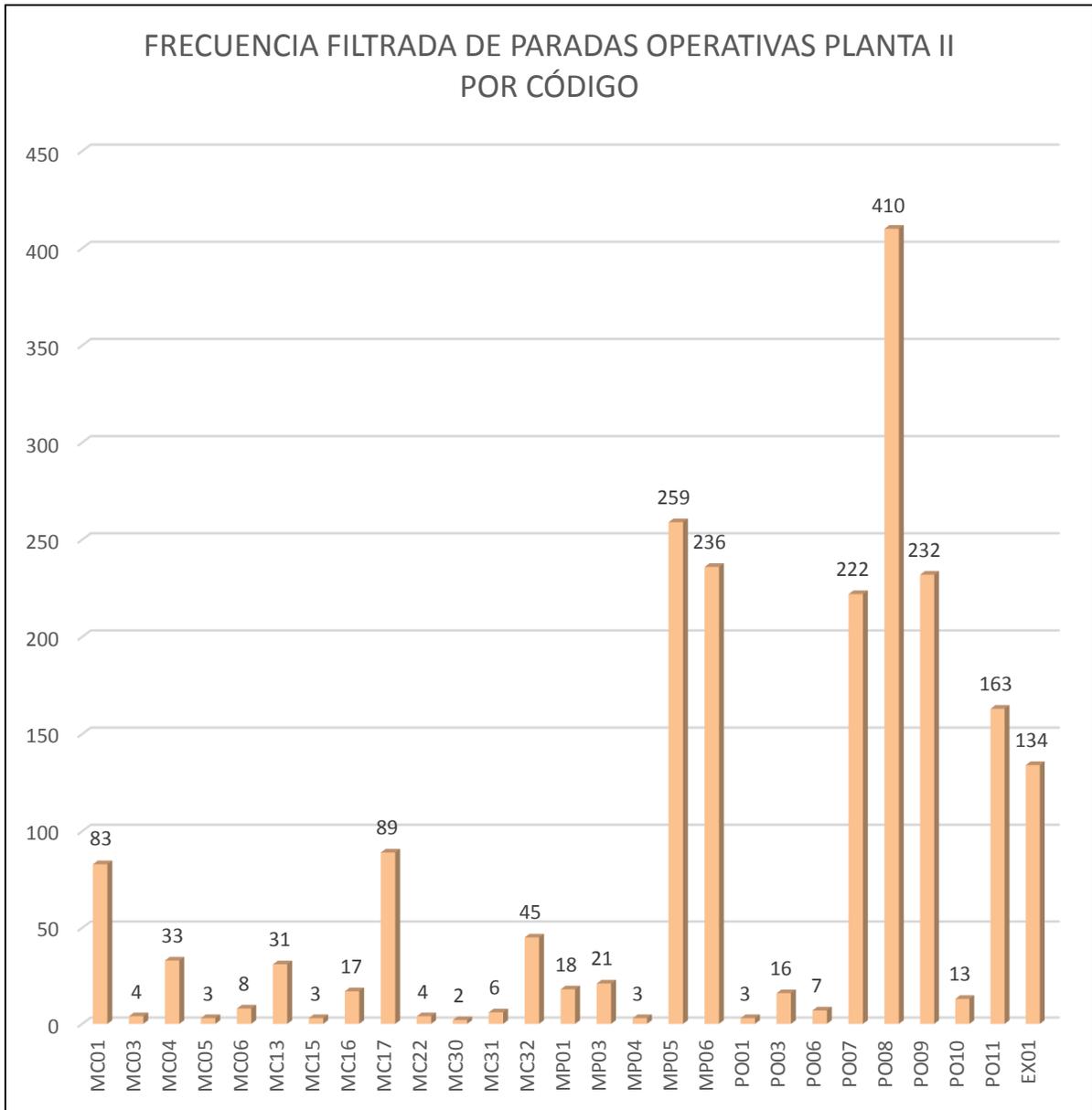


Figura 18 – Gráfico de frecuencia filtrada registrada de paradas operativas en Planta II por nombre, Fuente: Elaboración propia

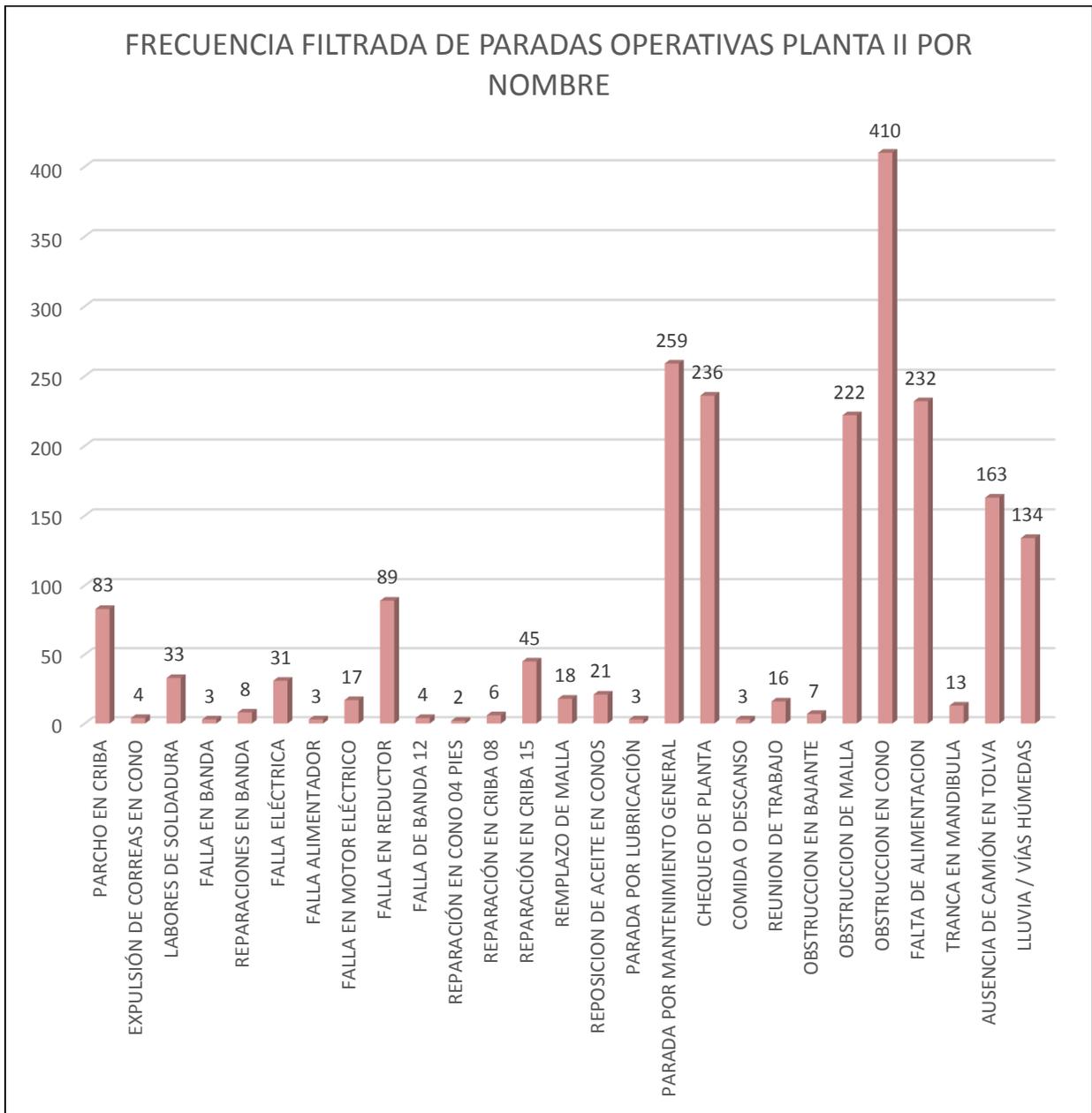


Figura 19 – Gráfico filtrado del tiempo perdido en horas registrado total por paradas operativas en la Planta II, Fuente: Elaboración propia

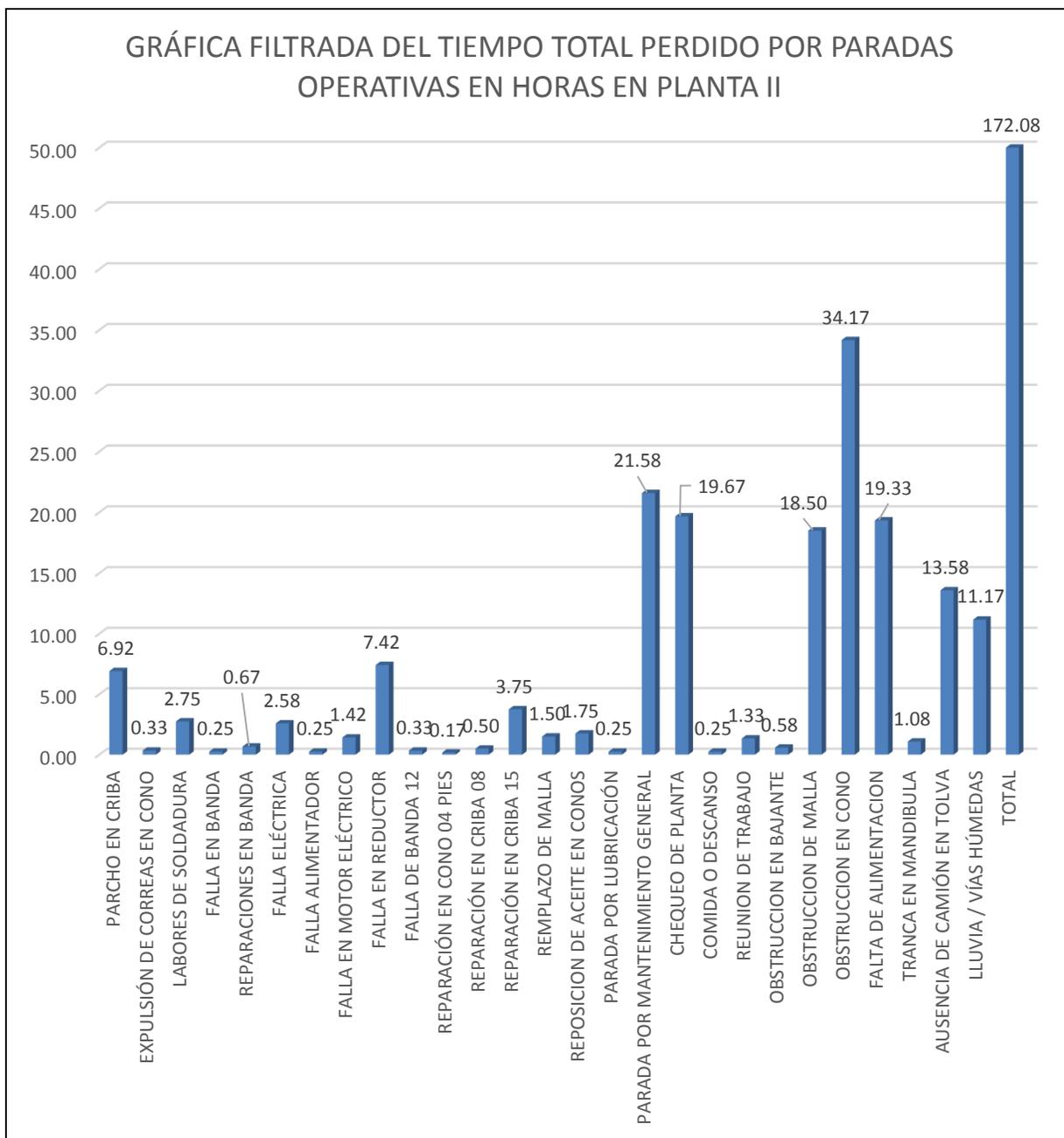
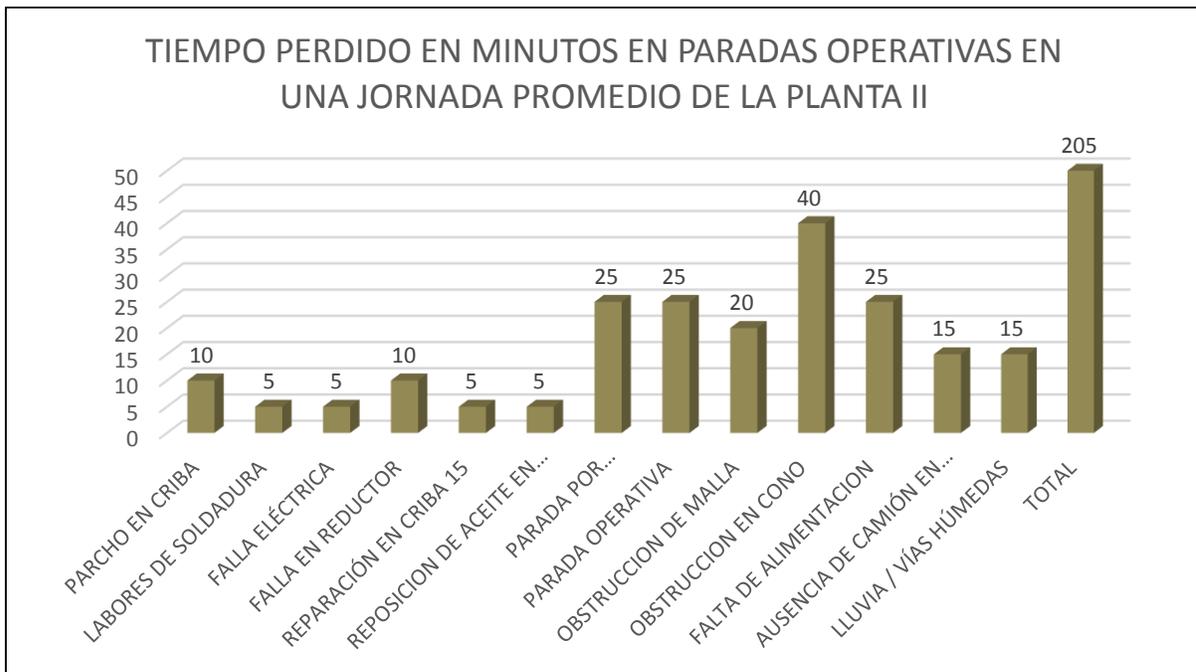


Figura 20 – Gráfico de frecuencia de paradas en una jornada promedio, Fuente: Elaboración propia



Figura 21 - Gráfico del tiempo perdido en paradas en una jornada promedio, Fuente: Elaboración propia



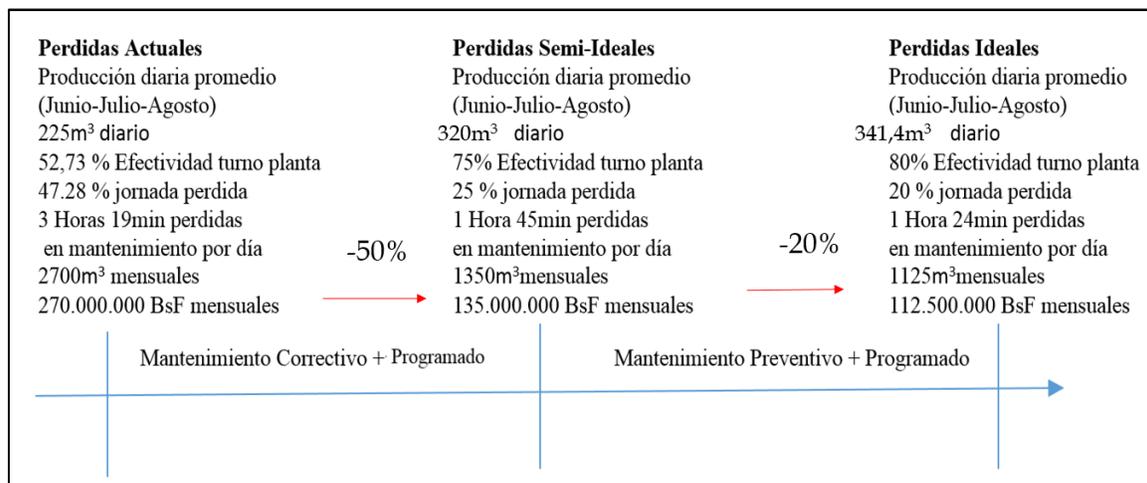
6.1.3.1 Análisis Respecto a las Estadísticas de Paradas en Planta II

El siguiente análisis comprende únicamente la influencia de las paradas operativas en la producción de la planta II, no se consideran otros factores como la paralización total de algunas partes del circuito como el caso de la criba 20 B que se encuentra en mantenimiento y su ausencia disminuye la producción prácticamente a la mitad, al igual que la trituradora secundaria de cono “Cono 18” que influye directamente en la carga circulante ya que se produce recirculación de roca procesada y repercute en el desgaste de las cribas.

- Se evaluaron 52 días desde el período comprendido entre el 1 de junio del 2017 y el 25 de agosto del 2017, el tiempo total perdido en éste período fue de 172,08 horas por paradas operativas, tomando turno eficiente como 7 Horas, 172 horas según Figura 19 pág. 55. aproximadamente que se traducen en 25 Días laborables perdidos por paradas operativas.
- Se contabilizó que la producción promedio en el período de estudio del 1 de junio del 2017 al 25 de agosto del 2017 de la planta II es de 225 m³ de roca procesada.
- En éste período también se realizó seguimiento de la producción y se llegó a la conclusión que se produce en promedio diario 225m³ de roca procesada para la venta como producto de la planta II; en ese caso se contabiliza una pérdida general estimada de 5.625 m³; al precio de 100.000 BsF. El m³ de roca procesada, equivaldría a 562.500.000 BsF. En Pérdidas por paradas operativas.
- Según cifras del plan de explotación de Canteras del Distrito Capital la planta II se considera un 70% de producción como óptimo y un 30% en pérdidas como “normal” por períodos de mantenimiento y otras variables aleatorias que no pueden evitarse, sin embargo es importante destacar que con el paso de los años y el nacimiento de nuevas tecnologías, técnicas de mantenimiento, nueva calidad de aceites y lubricantes, según la empresa METSO considera factible como máximo un 25% de pérdidas por paradas operativas. Esto quiere decir según METSO que

- para un turno de 7 horas deberían perderse máximo 1 horas con 45 minutos en jornadas de chequeo y mantenimiento general de rutina.
- En este caso según los registros obtenidos de la empresa, las paradas operativas representan un 47.3% del tiempo laboral evaluado, lo que quiere decir según METSO y el límite del 25% de pérdidas por paradas operativas, se está excediendo en un 22.3 % el tiempo en paradas operativas máximo, lo que quiere decir que las pérdidas oficiales declaradas específicas sería 81,2 horas, las cuales representan 12 jornadas laborales aproximadamente con una pérdida proyectada de 2700m³ en el período estudiado.
 - Un exceso de consumo de tiempo de mantenimiento de 22.3% representa 37,47 horas extra de mantenimiento mensual, que con la producción proyectada del período evaluado 225m³/día vendría siendo **1350m³** perdidos de producción mensual que equivalen a **135.000.000 BsF**. Extra Mensuales con el precio actual de 100.000 BsF el m³ de roca procesada invertido en mantenimiento.
 - Para una mejor visualización del panorama que se tiene en cuanto a las pérdidas representadas por paradas operativas se realiza el siguiente diagrama:

Figura 22 – Gráfico de proyección de disminución de pérdidas ideales, Fuente: Elaboración propia



- La interpretación del gráfico anterior no implica que necesariamente todos los días en condiciones ideales haya que invertir 1 hora y 24 minutos en mantenimiento,

quiere decir que a pesar de que se puedan establecer las condiciones para que no se detenga la producción, existen variables aleatorias como fluctuaciones energéticas, falta de alimentación, tolvas llenas, lluvias, voladuras, etc que pueden ocasionar paradas operativas, lo importante en este sentido es seguir monitoreando estas paradas operativas para mitigar las razones de las paradas en los casos posibles y solicitar al equipo de mantenimiento el desarrollo de un plan de mantenimiento tanto preventivo como programado para disminuir al mínimo las paradas operativas.

- En la Figura-22 anterior observamos un escenario de pérdidas actuales, pérdidas semi-ideales, y pérdidas ideales, en términos de pérdidas ideales se tiene que solo el 20% del turno se pierda por paradas operativas, chequeos de planta, eventualidades aleatorias; es decir la meta sería aplicando programas de mantenimiento, llegar al 80% del turno eficiente de la planta, en lo referente a paradas operativas de planta.

A continuación otros datos que fueron resaltantes dentro de las estadísticas en los cuales se observó recurrencia de algunas paradas operativas específicas.

- Se observó que en el período de evaluación según la Figura 19 Pág. 55 que se perdieron 34,17 horas debido a la obstrucción constante de las trituradoras de cono, es decir aproximadamente 5 jornadas laborales debido a ésta parada. 1125m^3 en términos de productividad utilizando el promedio de producción de 225m^3 estimado en el período de evaluación.
- También según la Figura 19 Pág. 55 se perdieron 21,58 horas en mantenimiento general de la planta lo que equivale a 3 jornadas laborales. 675m^3 en términos de producción.
- Según la Figura 19 Pág. 55 Inversión de tiempo de 19,67 horas en chequeos de planta equivalente aproximadamente a 3 jornadas de trabajo

- Según la Figura 19 Pág. 55 Paradas por falta de alimentación 19,33 horas, equivalente a 3 jornadas laborales aproximadamente, 675m³ de roca procesada en términos de producción.
- Según la Figura 19 Pág. 55 las obstrucciones en malla representan unas 18,50 horas perdidas que equivalen también a 3 jornadas de trabajo aproximadamente ,675 m³ de roca procesada en términos de producción.
- Según la Figura 19 Pág. 55 Parada por ausencia de camión en tolva que representa 13,58 horas lo que representa aproximadamente perdida de 2 jornadas laborales 450m³ de roca procesada en términos de producción.
- En las estadísticas proyectadas se llegó a la conclusión según la Figura 21 que se invierte aproximadamente 205 minutos en paradas operativas diarias, es decir 3,42 Horas diarias perdidas en mantenimientos varios.
- Las fallas más recurrentes a nivel estadístico diario, fueron la obstrucción de trituradoras de cono, falta de alimentación, ausencia de camión en tolva, chequeo de planta, mantenimiento general, parche en criba, falla en reductor, y falla eléctrica, para más detalle ver Figura 21 Pág 56.

6.1.4 Mantenimiento Planta II

El mantenimiento de la planta II actualmente se encuentra en fase correctiva ya que el circuito presenta muchas fallas, algunas necesidades imperativas de mantenimiento son las siguientes.

- Por sugerencia del Jefe de Mantenimiento Ing. Ronald Figueroa, encargado de plantas de beneficio mineral, se sugiere para las bandas de las transportadoras el proceso de vulcanización en caso del buen estado de la banda ya que prolonga la vida útil, evita las rasgaduras de la misma, atascamiento con los rodillos, entre otros beneficios.

- Reposición de correas en las partes del circuito que se requieran según diagnóstico Tabla 6 Pág. 48. Ya que algunas partes del circuito se encuentran trabajando solo con 1 correa y esto produce la disminución de la vida útil de las correas nuevas y no alcanzan a cumplir su vida útil largo plazo se consumen más correas por el intento de “ahorro” de las mismas.
- Los motores de las partes del circuito se encuentran completamente destechados se requiere techarlos ya que se encuentran expuestos a la lluvia y corrosión, lo cual deteriora su estado y propicia las fallas eléctricas. Por sugerencia de la Gerente de Mina, Yenny Ruiz fueron tomadas en cuenta éstas observaciones, a continuación en la Figura 23 Pág. 61 se observa el puente grúa mal techado en constante deterioro.

Figura 23 – Mal estado del techado puente grúa, Fuente: Elaboración propia



Figura 24 – Mal estado del techado de puente grúa, Fuente: Elaboración propia.



- Deterioro general de las estructuras de la planta que requieren mantenimiento para evitar futuras inversiones de grandes cantidades de dinero.
- Sistema eléctrico de las tolvas de alimentación presenta fallas eléctricas y mecánicas que deben ser reparadas para evitar el continuo deterioro de las estructuras de alimentación.

Figura 25 - Deterioro de la estructura de planta II, Fuente: elaboración propia



- Mantenimiento correctivo de las cribas vibratorias, en ésta sección no solamente se hace énfasis en el mantenimiento, sino también en la imperativa necesidad de escoger acertadamente las aberturas de la mallas en función de las partes del circuito que se encuentran en funcionamiento, lo cual se considera también como

un tipo de mantenimiento preventivo ya que se evita la recirculación de material procesado y el desgaste de las mallas, durante mi experiencia dentro de la empresa tuve la oportunidad de apreciar que no se le da la debida importancia a éstas decisiones cruciales, la calidad del agregado de 3/4” está saliendo en realidad como 1/2 “ lo que indica claramente que existe una recirculación de material en el circuito, por el grado de Reducción, solo un Ingeniero de Minas o capacitado en el área de plantas es capaz de tomar decisiones acertadas en éste ámbito de las mallas que es crucial para la granulometría final del agregado. La correcta selección de mallas es una medida de mantenimiento preventivo y trae como beneficio menos circulación de material en el circuito y por lo tanto menos desgaste en las mallas, también evitar la humedad del material y la corrosión es una medida de mantenimiento preventivo. Se sugiere realizar un balance de masas para la toma de éstas decisiones.

Figura 26 - Mantenimiento correctivo de cribas, Fuente: Elaboración propia



- Otro aspecto resaltante es la contaminación del agregado que no es debido a la abertura de las mallas, y no se solucionará con el cambio de las mismas, sino a la obstrucción de las mallas por la presencia de finos, arcilla plástica, la causa es la alimentación que se sugiere que sea 40% anfibolítica, 60% esquistos calcárea.

- Es responsabilidad de la empresa velar por la seguridad industrial de los trabajadores y trabajadoras dentro de la misma, éste caso de la Figura 27 no se puede permitir, debido a fallas eléctricas y mecánicas en brazos hidráulicos de las tolvas de alimentación trabajador está expuesto a la aspiración continua de particulado silicatado lo cual trae como consecuencias **enfermedades ocupacionales**.

Figura 27 - Mal estado de brazos mecánicos, Fuente: Elaboración propia



6.1.4.1 Mantenimiento de Trituradoras Primarias de Mandíbula

- El desgaste de los forros de la mandíbula de la planta es total, se debe realizar el reemplazo y la plancha fija de la trituradora de mandíbula se encuentra fracturada, debe solicitarse un cambio de pieza único para éste propósito.

Figura 28 - Fractura de plancha fija de la trituradora primaria de mandíbula, Fuente: Elaboración propia



- Para el mantenimiento de la Trituradora de Mandíbula se encontraron las siguientes sugerencias de los manuales consultados del modelo del equipo de trituración primaria. "El mantenimiento exitoso de la trituradora de mandíbulas requiere los recursos adecuados, las herramientas adecuadas y el enfoque correcto", dice Bill Macini, un técnico de servicio de Telsmith .Ciertamente, cuando una operación ha fallado, ya sea para mantenimiento preventivo o falla de componentes, siempre hay presión para poner la planta en funcionamiento tan pronto como sea posible." Los operadores y ayudantes necesitan ser entrenados con los métodos apropiados, y la gerencia necesita proveer el apoyo y recursos para hacer el trabajo correctamente.
- La limpieza es clave; mantenga los sistemas de aceite libres de contaminación. Se sugiere dejar a un lado la mentalidad de producir a toda costa, el cambio de aceite rápido a la larga puede traer consecuencias en el equipo, ya que los operadores y ayudantes no se molestan en limpiar cualquier acumulación de lodo en los tanques; y el nuevo aceite se contamina; un aceite libre de contaminación brindará

un mejor rendimiento para la trituradora primaria, menos fallas en el futuro y alargará su vida útil. Un análisis periódico del aceite ofrece un heads-up sobre el estado de la máquina. Además, cambiar el aceite requiere cubos limpios, trapos limpios y almacenamiento en un ambiente limpio.

- Se sugiere mantener los respiradores limpios, y mantener las juntas correctas y filtros de aceite a mano. No coloque los filtros de aceite en el "rojo". Siempre tenga a mano las piezas de repuesto y los componentes de limpieza adecuados. Sea proactivo, y permanezca preparado a medida que surjan los intervalos de cambio de aceite. Mantenga limpia la zona de tope, especialmente antes de cualquier ajuste de la trituradora. Es mejor lavar los asientos y las placas de la palanca a diario, pues la acumulación material húmeda da lugar a un compuesto arenoso que muele hacia abajo los componentes, causando el desgaste prematuro.
- También, quite la suciedad y los desechos de las superficies del bastidor de la trituradora y de las áreas alrededor de la máquina. Controle los conductos de descarga para detectar cualquier obstrucción y compruebe si hay acumulación de material debajo de la mandíbula para evitar el desgaste excesivo del pitman.
- Realizar inspecciones regulares: Como se especifica en los manuales del propietario, los operadores y ayudantes deben seguir la disciplina de las inspecciones diarias, semanales y mensuales recomendadas. Si bien hay muchos artículos de inspección que figuran en el calendario de mantenimiento de un fabricante, vale la pena destacar varios. Revise la mandíbula diariamente, asegurándose de que los tornillos estén bien apretados. Revise las placas de las mejillas para detectar cualquier desgaste excesivo que pueda afectar el bastidor principal de la mandíbula. Monitorear los volantes para la limpieza, tornillos apretados y posibles grietas; y asegúrese de que las correas de transmisión no estén gastadas o agrietadas. Supervisar las operaciones y los datos de registro: registre su amperaje para ver si cambia de día a día. **Si el amperaje supera los niveles**

normales, podría ser una señal de problemas en los rodamientos o cinturones flojos.

- Además, registre su tiempo de desconexión diaria. ¿Cuánto tarda la máquina en llegar a una parada muerta? Si el tiempo comienza a acortarse, esto podría indicar un problema de rodamiento. Compruebe todos los indicadores y los interruptores diariamente para el funcionamiento apropiado - pues son integrales a la parada apropiada en el caso de problemas tales como altas temperaturas o presiones hidráulicas bajas.
- Conozca el ajuste adecuado para usted: Aplicar la grasa incorrecta (porque eso es lo que está en el estante) no es una opción, ya que este atajo puede, en última instancia, causar fallas en el equipo.
- Actualice su equipo: Como ejemplo, Macini apunta a los modernos diseños de trituradoras que incorporan cilindros tensores hidráulicos que reemplazan las varillas de tensión y resortes convencionales. Como resultado, los cilindros de tensión mantienen automáticamente la tensión apropiada en la palanca, eliminando la necesidad de ajuste de resorte. Con un tensado apropiado automático, los productores ahorran tiempo y reducen el desgaste de las piezas.
- Además, dos cilindros hidráulicos sobredimensionados detrás de un brazo basculante móvil permiten todos los ajustes de ajuste cerrado (CSS). Una vuelta de un interruptor extiende o retrae los cilindros y el ajuste es completo y se hace sin necesidad de calzos en cualquier momento. Para un mantenimiento seguro, los cilindros de ajuste hidráulico empujan el pitman hacia adelante donde está bloqueado en posición con pasadores de bloqueo, que se insertan desde el lateral. A continuación, los cilindros de tensión hidráulica, montados en el lado de la palanca, empujan el haz de palanca hacia atrás, permitiendo que se pueda bajar con seguridad.

- Para evitar daños en la trituradora, tiempos de inactividad y procedimientos de mantenimiento difíciles, el sistema hidráulico de alivio de sobrecarga abre la trituradora cuando las fuerzas internas son demasiado altas, protegiendo la unidad contra fallas costosas de los componentes. Después del alivio, el sistema devuelve automáticamente la trituradora al ajuste anterior para el triturado continuo.
- Desarrollar una disciplina de mantenimiento: Deshacerse de los atajos; aprender a hacer trabajos de mantenimiento desde el comienzo, y continuar la disciplina a lo largo de la vida del equipo. La recompensa es mensurable en tiempo y ahorro de costos, y un ambiente de trabajo mucho más seguro.

Figura 29 – Trituradora de Mandíbula Planta II, Fuente: Elaboración propia



6.1.4.1 Mantenimiento de Trituradoras Secundarias de Cono

- La falla general de las trituradores de cono de la planta II es el sistema de enfriamiento, falta de bombas de agua, aceite, y la falla recurrente al momento del funcionamiento es la constante obstrucción la cual está estrictamente relacionada con la abertura de la mandíbula, el desgaste de los forros que permite el paso de sobretamaños y el cribado de carga recirculante, exceso de material procesado recirculando en el circuito.
- Algunos consejos y sugerencias según los manuales consultados son los que se presentan a continuación.
- Monitorear la temperatura del aceite lubricante. Se puede aprender mucho sobre una trituradora de cono simplemente observando la temperatura del aceite de suministro y comparándola con la temperatura del aceite de retorno. La temperatura del aceite de retorno debe estar en el rango de 60 a 140 grados, aunque la temperatura debe estar preferiblemente en el rango de 100 a 130 grados. Además, la temperatura del aceite debe monitorearse con frecuencia durante todo el turno. Una vez que un productor aprende la temperatura normal del aceite de la línea de drenaje de una trituradora y la diferencia de temperatura normal entre la fuente y el drenaje, una condición anormal justifica una investigación.
- Monitorear la presión del aceite lubricante. Es de vital importancia observar la presión del aceite lubricante de la caja del contraeje en cada turno. Algunas de las cosas que podrían causar una presión de aceite lubricante más baja de lo normal incluyen un caudal de aceite de bajo galón por minuto causado por una bomba de aceite lubricante desgastada, una válvula de alivio principal defectuosa, fallida o bloqueada, o teniendo holguras excesivas del rodamiento dentro de la trituradora causada por el desgaste del casquillo. El control de la presión del aceite de la caja del contraeje cada cambio le da la oportunidad de aprender lo que es normal. Una vez que se ha establecido la normalidad, la

acción correctiva se puede programar y tomar sobre la base de una condición anormal.

- Inspeccione la pantalla de retorno del tanque de aceite lubricante. Una pantalla de retorno del tanque de aceite - normalmente de aproximadamente 10 mallas de tamaño - se instala en el tanque de aceite lubricante. Todos los flujos de retorno de aceite a través de esta pantalla, y es importante tener en cuenta que el aceite es lo único que debe pasar por esta pantalla. La función de esta pantalla es evitar que una contaminación grande entre en el tanque de aceite lubricante y, posiblemente, ser aspirado en la línea de succión de la bomba de lubricación. Cualquier escombros de aspecto inusual encontrado en esta pantalla merece una investigación más cercana. La pantalla de retorno del tanque de aceite debe ser inspeccionada diariamente, o cada ocho horas.
- Comprometerse con un programa de análisis de petróleo. Hoy, el análisis del aceite ha tomado su lugar como un elemento indispensable y valioso del mantenimiento predictivo de la trituradora. Sólo hay una cosa que se desgastará el interior de una trituradora de roca, y que es "aceite lubricante sucio." El aceite lubricante limpio es el factor más importante que afecta la vida útil de los componentes de la trituradora interna.
- Participar en un programa de análisis de aceite le da la oportunidad de ver la condición del aceite lubricante a lo largo de su vida útil. Una muestra de aceite de la línea de drenaje activa debe tomarse una vez al mes, o cada 200 horas de operación, y enviarse para su análisis. Las cinco pruebas principales completadas en el análisis incluyen la viscosidad, la oxidación, el contenido de agua, el recuento de partículas y el análisis del desgaste de la máquina. Un informe de análisis de aceite que muestra una condición anormal da la

oportunidad de investigar y corregir el problema antes del fracaso. Recuerde que el aceite lubricante contaminado "mata" trituradoras

- Mantenga respiradores de aire limpios de la trituradora. El respiradero de aire de la caja del contraeje y el respirador de aire del tanque de aceite trabajan juntos para permitir que la trituradora, el tanque de aceite y un tubo de drenaje correctamente inclinado mantengan las condiciones atmosféricas. Los respiradores de aire limpio aseguran un drenaje sin restricciones del aceite lubricante y ayudan a prevenir la infiltración de polvo a través de la disposición de sellado de la cabeza. Los respiradores de aire son componentes comúnmente olvidados del sistema de lubricación. Los respiradores de aire deben ser inspeccionados semanalmente, o cada 40 horas de operación y cambiados o limpiados según sea necesario.
- Monitorear el tiempo de desconexión de la trituradora. El tiempo de descenso es la cantidad de tiempo, en segundos, que la polea de la trituradora se detiene después de que el motor de accionamiento de la trituradora se haya detenido. El tiempo de descenso proporciona un ejemplo de lo fácil y libre que es la trituradora o de lo vinculante que es. El tiempo mínimo de desconexión para la mayoría de las trituradoras de cono de tamaño medio a pequeño es de unos 30 segundos. El tiempo de descenso debería documentarse al final de cada día. Una vez que aprenda el tiempo normal de desconexión de una trituradora, una disminución de lo normal justifica una investigación. Las razones comunes para una disminución en el tiempo de bajada de la costa incluyen las correas de transmisión de la trituradora que son demasiado apretadas o un atascado debajo del área de la descarga de la trituradora.

- Inspeccione diariamente la zona de descarga de la trituradora inferior. Algunos de los daños más pesados que pueden ocurrir a una trituradora de cono es causada por una acumulación de material debajo de la trituradora. Por esta razón, inspeccione el área bajo la trituradora una vez al día. Compruebe la acumulación de material en los brazos de la trituradora y en la caja del contraeje. Esto es especialmente importante si el material que se está procesando es húmedo o pegajoso, o si el alimento contiene muchos restos como raíces de árboles. Al inspeccionar la acumulación de material, también mirar el estado del manto y el forro del tazón; la protección del contrapeso; los revestimientos del mainframe; los guardias de los brazos; y la tubería de aceite lubricante. Si se encuentra material acumulado, debe ser derribado. Si se observa una condición anormal en cualquiera de los otros elementos inspeccionados, se deben tomar medidas correctivas para repararlo.
- Lubrique las roscas del recipiente. Las roscas del vaso y las roscas del anillo de ajuste deben lubricarse semanalmente, o cada 40 horas de funcionamiento. El lubricante apropiado para usar es un NLGI (National Lubricating Grease Institute) No. 1 con al menos 5 por ciento de disulfuro de molibdeno (en peso). Las roscas deben ser lubricadas una vez cuando el recipiente se aprieta firmemente en una posición de trituración y una vez que se ha liberado la presión de sujeción del recipiente. En las aplicaciones no abrasivas, se le recomienda que gire el recipiente abierto y cierre una revolución completa cada mes o cada 200 horas de funcionamiento. Este paso ayuda a manchar la grasa sobre todas las porciones de los hilos.
- Recuerde que no puede engrasar demasiado los hilos, pero sin duda puede engrasarlos. La consecuencia de no lubricar correctamente los hilos es un recipiente atascado.

- Mida el taladro antes de instalar un nuevo buje de bronce. Cada vez que un casquillo de bronce se quema de color negro, existe la posibilidad de que el agujero de acero detrás del casquillo se ha convertido en dimensionalmente incorrecto, ya sea tirado en pequeño, en forma de huevo o distorsionado. Si se instala un nuevo buje de bronce en un orificio dañado, el buje de bronce más blando tomará la misma forma que el orificio dañado. Esto podría conducir a un contacto incorrecto entre las superficies de contacto y un fallo de revestimiento recurrente. Asegúrese de medir el agujero de acero con un micrómetro interior antes de instalar un nuevo casquillo. Si las dimensiones tomadas muestran que son dimensionalmente incorrectas o distorsionadas, se requiere una acción correctiva para el agujero de acero en ese punto. Cada departamento de mantenimiento de la cantera debe tener un 4-in. a 40 pulgadas dentro del micrómetro ajustado en el listo.
- Mantenga un registro diario del operador en cada trituradora. Un diario de operador correctamente interpretado diario puede ayudar a predecir un problema con una trituradora antes de un fracaso. Las inscripciones deben hacerse al menos una vez por turno, pero preferiblemente dos veces por turno. El registro se puede utilizar para aprender las tendencias de funcionamiento normales de la trituradora. Una vez que esto se ha establecido, banderas rojas aparecerá cuando algo anormal ocurre. Tomar o tomar medidas correctivas basadas en una condición de funcionamiento anormal, visto a través del uso de hojas de registro, siempre conducirá a una reparación de mantenimiento rentable. Pero si usted no toma el tiempo para aprender y entender cuáles son las características operacionales normales de su trituradora de cono, nunca sabrá lo anormal que es hasta que es demasiado tarde (falla de la trituradora).
- Cambie los trazadores de líneas a tiempo para maximizar la productividad. Empujar las piezas de desgaste de la trituradora, el manto y el

revestimiento del tazón de fuente demasiado lejos es otro error común. La mayoría de las trituradoras de cono experimentan una disminución en la dimensión de la abertura de alimentación del revestimiento a finales de la vida del revestimiento. Esta reducción en la dimensión de abertura de alimentación del revestimiento dará lugar a una disminución en el área volumétrica entre el manto y el revestimiento del tazón, lo que a su vez da como resultado una disminución del tonelaje de producción de la trituradora. Una gran idea es cambiar los trazadores de líneas en el tiempo correcto observando para la reducción en el rendimiento tarde en la vida del trazador de líneas. Considere que un excelente momento para cambiar liners es cuando se produce una pérdida de 10 por ciento del producto. El aumento inmediato de la productividad en un 10 por ciento superará con creces la pequeña ganancia obtenida en forma de utilización extra de manganeso.

- Implementar un programa de mantenimiento preventivo. Prepare un programa de mantenimiento escrito que se adapte a su planta, que incluye mantenimiento preventivo, mantenimiento predictivo y mantenimiento proactivo. Incluya fechas específicas en las que se hará el trabajo de mantenimiento y que la administración apruebe el plan.
- Comprometerse con la capacitación y educación de los empleados. Ha sido bien documentado por años que la formación y la educación eficaces mejoran la confianza y el rendimiento de los empleados. También reducen el volumen de negocios. Uno de los objetivos críticamente importantes es combinar la formación y la educación en el programa de formación. Recuerde, el entrenamiento es enseñar a alguien cómo hacer algo. Educar es explicar a alguien por qué debe hacerse de esa manera. Además, recuerde esto: Si usted piensa que los empleados de capacitación y

verlos salir de su empresa es caro, entonces intente no entrenarlos en absoluto y verlos quedarse.

6.2 Resultados Obtenidos Planta III

En ésta sección se presentan los resultados obtenidos para la respectiva planta de agregados para la construcción, la cual según Canteras del Distrito Capital S.A, cuenta con una capacidad instalada de procesamiento de 400 m³ de material por día. Para la recolección de datos de los datos de las paradas operativas se utilizó un formato de reporte de paradas utilizado por la empresa, y para el procesado de los mismos se diseñó una hoja de Excel contabilizando los días que fueron evaluados los cuales comprenden fecha desde el 1 de Junio del año 2017 hasta el 25 de Agosto del año 2017.

6.2.1 – Inventario de Partes Planta III

Inventario de Partes Planta III	
Alimentador vibratorio Simplicity Engineering Serial: 4416-OFASB-3559R Motor: S/N. 1740 RPM Polea del Motor: 21cm 3 Canales Polea del Alimentador: 42cm. 3 Canales	Mandíbula Marca: Jaw Crusher Norberg Serial: 3240 M 1168 Size: 32x40 Motor 200 HP. 1180 RPM. Marca: AJAX Polea del Motor: 23.5 cm. 6 canales
Cono Triturador Simons Norberg Cone Crusher Size 4 ¹ / ₄ STD Serial: 41742 Motor: S/N Polea del motor: 43cm. Polea del cono: 93cm Correas C-240	Giradisco Número 1 Crusher Norberg 36FC Serial: 36GD227 Motor: 120 Hp. 1170 RPM, Marca: BBC Brown Boveri Polea del motor: 42cm, 6 canales Correa D-270 Polea Giradiscos: 81cm
Giradisco Número 2 Crusher Norberg 36FC Serial: N2250	Criba 1 Hewit – Robins VS-9677 Medidas: 4.40mt x 1.59 mt.

<p>Motor: 100 Hp. 1175 RPM, Marca: Siemens Polea del motor: 47cm Polea Giradiscos: 81cm</p>	<p>Motor: S/N. 1155 rpm. Marca Hanning Electro Werke Polea del Motor: 20cm. 3 Canales Polea de la Criba: 29cm</p>
<p>Criba 2 Loro&Parisini Medidas: 6.10m x 1.84m Motor: 25/30 HP. 1175 RPM Polea del Motor: 26cm. 4 Canales Polea de la Criba: 58.5cm. 5 Canales Correas C-144</p>	<p>01 Tornillo lavador Sin Fin Eagle 44" Doble Motor: S/N, 1170 RPM. Marca: Westinghouse Life-Line. Polea del motor: 15cm Polea del Sin Fin: 80cm Correas B-128</p>
<p>Banda Transportadora 1 Banda Medidas 19.3m x 0.90m x2 30 Rodillos de Carga de 31cm.x4" 3 Rodillos de retorno de 1mx4" 4 Rodillos guía de 13cmx3¹/₂" Tambor de Cola de 1mx16". 2 rodamientos 22-213 10 Estaciones, 3 Rodillos de 1.22m Reductor Relación 15/1 Polea 4 canales Motor 14 Hp Polea 4 Canales Correas B-128</p>	<p>Banda Transportadora 2 Banda Medidas 52.80 x 0.90m x2 78 Rodillos de Carga de 31cmx4" 4 Rodillos de Retorno de 1.05mx4" 4 Rodillos guía de 13cmx3¹/₂" Tambor de cola de 1mx13". 2 Rodamiento 22-213 Tambor motriz de 1mx13". 2 Rodamientos 22-217</p>
<p>Banda Transportadora 3 Banda Medidas 56.80 x 0.90m x2 81 Rodillos de Carga de 34cmx4" 10 Rodillos de Retorno de 1mx5" 10 Rodillos guía de 15cmx3¹/₂" Tambor de cola de 1.02mx12". 2 Rodamiento 22-213 Tambor Motriz de 1.05mx12". 2 Rodamiento 22-213 27 Estaciones, 3 Rodillos de 1.20m Reductor S/N Polea de 4 Canales Motor 9HP 4 Correas de B-128</p>	<p>Banda Transportadora 4 Banda Medidas 12.60 x 0.8m x2 18 rodillos de carga de 35cmx4" 3 Rodillos de Retorno de 1mx4" Rodillos Guía no tiene Tambor de cola de 1mx11". 2 Rodamientos 22-213K 6 estaciones 3 Rodillos de 1.20m Reductor Relación 25/1 Polea 3 Canales Motor 12.5 Hp 4 Correas B-128</p>
<p>Banda Transportadora 5 Banda Medidas 43.60 x 0.9m x2 60 rodillos de carga de 34cmx5" 8 Rodillos de Retorno de 1mx4" 6 Rodillos Guía de 15cmx3¹/₂"</p>	<p>Banda Transportadora 6 Banda Medidas 24.30 x 0.9m x2 33 Rodillos de Carga de 31cmx5" 5 Rodillos de Retorno de 1mx4" 6 Rodillos guía de 13cmx3¹/₂"</p>

<p>Tambor de Cola de 1.02mx13". 2 Rodamientos 22-213 Tambor Motriz de 1mx16". 2 Rodamientos 22-217 20 Estaciones. 3 Rodillos de 1.22m Reductor Relación 25/1 Polea 4 Canales Motor 17 Hp 4 Correas C-136</p>	<p>Tambor de Cola de 1.02mx11". 2 Rodamientos 22-213 Tambor Motriz de 1mx16". 2 Rodamientos 22-217 11 Estaciones, 3 Rodillos de 1.22m Reductor S/N Polea de 5 Canales Motor 12 Hp 4 Correas B-128</p>
<p>Banda Transportadora 7 Banda Medidas 5.8 x 0.60m x2 4 rodillos de Carga de 29cmx4" 4 Rodillos de Carga de 31.5cmx3" Rodillos de Retorno no tiene 1 Rodillos Guía de 10cmx3¹/₂" 2 Rodillos Guía de 13cmx3¹/₂" Tambor de Cola de 0.70mx11". 2 Rodamientos 22-208 Tambor Motriz de 0.75x11". 2 rodamientos 22-217 4 Estaciones, 2 Rodillos de 0.90m Reductor S/N Polea 3 canales Motor 5Hp Polea 3 canales 4 correas B-90</p>	<p>Banda Transportadora 8 Banda Medidas 18.22m x 0.60m x2 24 Rodillos de Carga de 31cmx4" 3 Rodillos de Retorno de 0.94mx4" 4 Rodillos guía de 13cmx3¹/₂" Tambor de cola de 0.63mx10". 2 Rodamiento 22-208 Tambor motriz de 060mx13". 2 Rodamiento 22-210 12 Estaciones, 2 Rodillos de 0.95m Reductor S/N Polea 3 canales Motor 3 Hp Polea 4 Canales 4 Correas B-128</p>
<p>Banda Transportadora 8 Banda Medidas 50.80m x 0.80m x2 84 Rodillos de Carga de 31cmx4" 9 Rodillos de Retorno de 1mx4" 6 Rodillos Guía 13cmx3¹/₂" Tambor de Cola de 1mx13". 2 Rodamientos 22-213 Tambor Motriz de 1mx13". 2 rodamientos 22-215 28 Estaciones, 3 Rodillos de 1.22 m Reductor S/N Polea 2 canales Motor S/N Polea 2 canales 4 Correas C-128</p>	

6.2.2 – Diagnóstico del circuito

Tabla 7 - Diagnóstico del Circuito de Planta III, Fuente: Elaboración Propia

Parte	Func.	Descripción
Controles de Planta		No hay novedad.
Tolva de Alimentación		Operativa, pero desperdicia material hay que revisar la plancha y realizar soldadura.
Alimentador Vibratorio		Fue reparado recientemente, sin embargo todavía desperdicia material, se debe verificar el trabajo de soldadura realizado.
Mandíbula		Necesita Atención, se encuentra operativa pero necesita ajustarse el ángulo de pellizco con urgencia ya que produce mala fragmentación del material lo cual tiene como consecuencia la obstrucción del cono 1.
Banda 1		En funcionamiento, sin embargo necesita correas.
Criba 1		Necesita cambio de malla superior ya que presenta desgaste y perforaciones, además necesita correas.
Cono 1		Necesita Bomba de aceite, correas Falta ventilador y bomba de agua, que conforman el sistema de enfriamiento.
Banda 2		Operativa pero en muy mal estado, fue solicitado el cambio de la banda, necesita reemplazo de chumacera y rodamiento del rodillo de cola.
Bajante de Criba 2		Necesita atención el bajante que comunica la criba 2 con la banda 6, ya que produce constante atascamiento del material, fue reparado con una goma en ausencia de lámina pero persiste el problema.
Criba 2		Necesita atención, se encuentra en funcionamiento, sin embargo le falta parche y necesita cambio de la malla inferior, al mismo tiempo fue reparado el piso inferior con una goma que impide el desemboque del material a la banda subsiguiente
Banda 6		No hay novedad.

Banda 7		Operativa, faltan correas
Banda 3		Operativa, sin embargo faltan correas, grapas y verificación de rodillos.
Tolva Separador ó bajante hacia los giradiscos		Necesita atención, se producen atascamientos en la salida del material hacia los giradiscos, los operadores utilizan trapos para impedir desperdicio de material desgaste de la estructura, necesita mantenimiento imperativamente.
Giradiscos 2		Necesita Atención, Operativo sin embargo Upper liner desgastado, bomba de aceite y activar el sistema den enfriamiento
Giradiscos 3		Inoperativo Necesita upper liner, bomba de aceite y activar el ventilador y bomba de agua, al igual que la bocina cabezote, sistemas de enfriamiento
Banda 4		En funcionamiento, pero Necesita algunas Grapas
Banda 5		En Funcionamiento pero se necesita cambio de correas
Arenador		Necesita atención, requiere mantenimiento y cambio de gomas
Banda 8		Perfecto estado, nueva.
Movilidad de Carro Banda 9		No se encuentra en uso, el arenador nuevo es más pequeño y no tiene movilidad
Elementos Bajantes		No hay novedad

Leyenda:



Operativo



Necesita Atención



Inoperatividad

6.2.3 Estadísticas de paradas operativas de Planta III

Según Canteras del Distrito Capital S.A en donde hace referencia que la capacidad de la planta instalada es de 400 m³ diarios y que se considera normal dentro de los valores de planificación en el proceso de conminución, paradas operativas por manteniendo alrededor de un 30% del tiempo de funcionamiento de la planta, sin embargo con el paso del tiempo , la mejora de combustibles y de tecnologías que permiten realizar mantenimientos más cortos según METSO, se considera normal un valor máximo alrededor de un 25% tolerable por perdidas de mantenimiento (paradas operativas).

Figura 30 - Gráfico de frecuencia de paradas operativas de planta III, Fuente: Elaboración propia

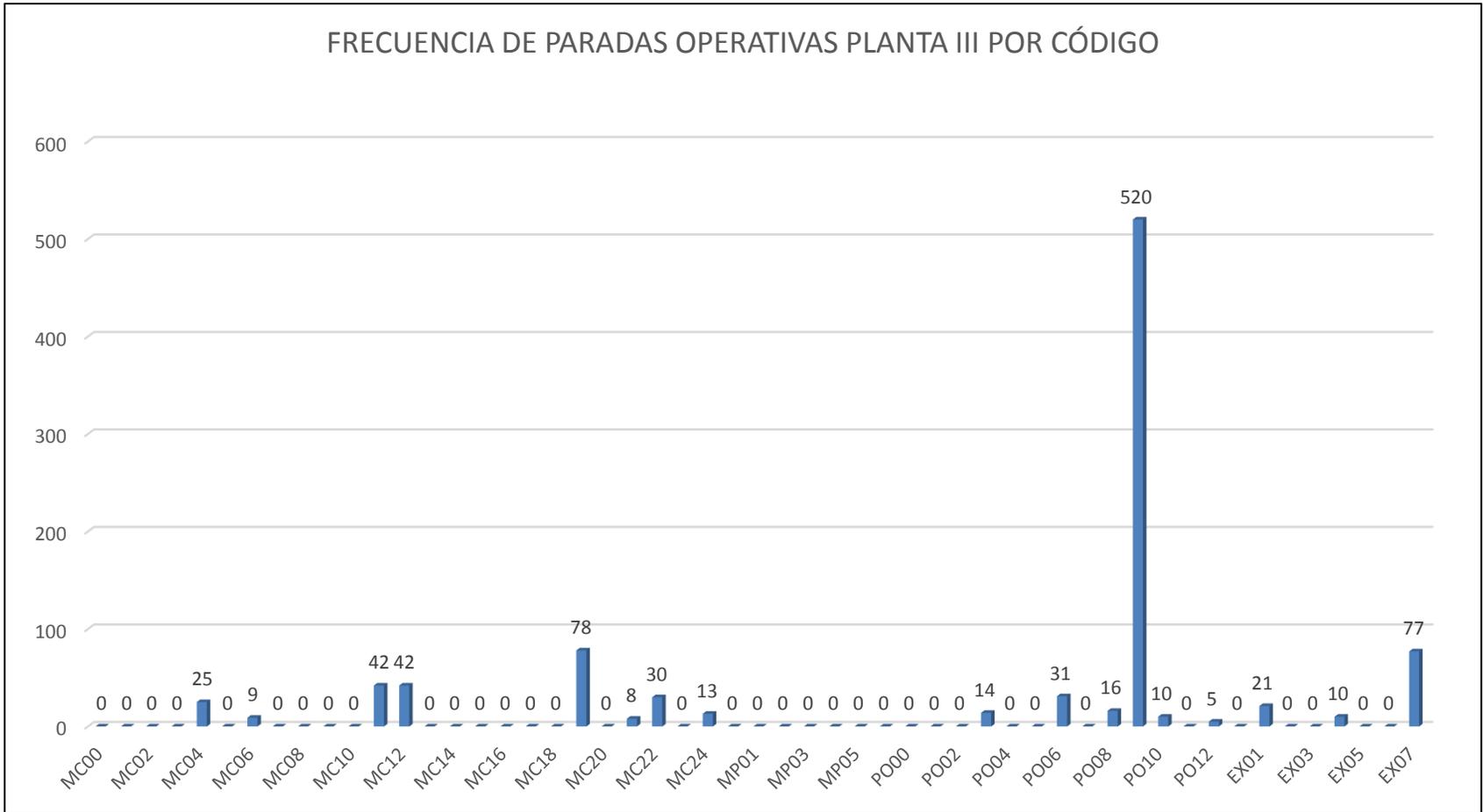


Figura 31 - Gráfico de frecuencia de paradas operativas de planta III por nombre, Fuente: Elaboración propia

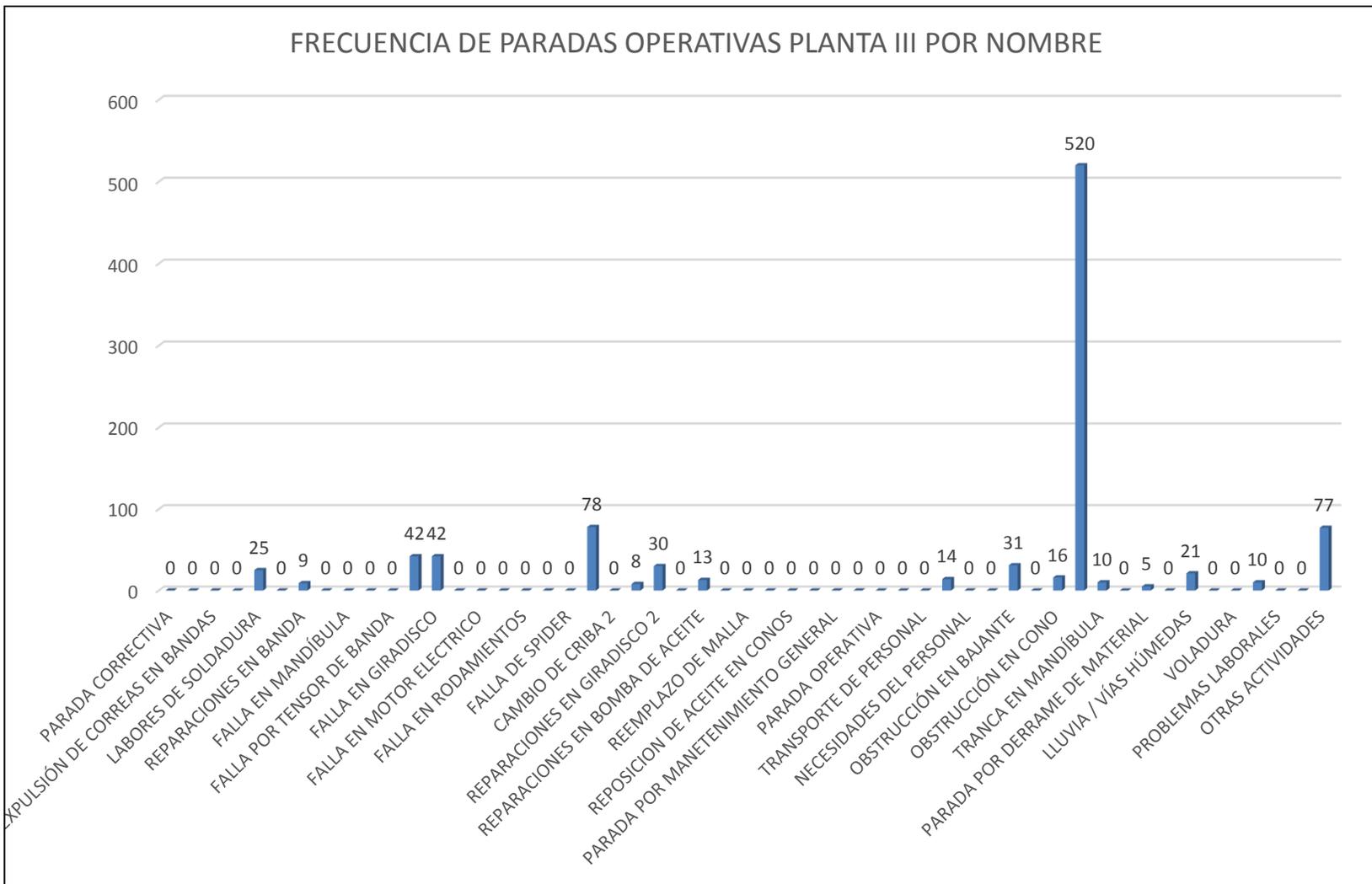


Figura 32 - Gráfico de Frecuencia filtrada de paradas operativas de planta III por código, Fuente: Elaboracion propia



Figura 33- Frecuencia filtrada de paradas operativas de planta III por nombre, Fuente: Elaboración propia



Figura 34 - Gráfico de frecuencia filtrada del tiempo perdido en horas por paradas operativas en planta III, Fuente: Elaboración propia

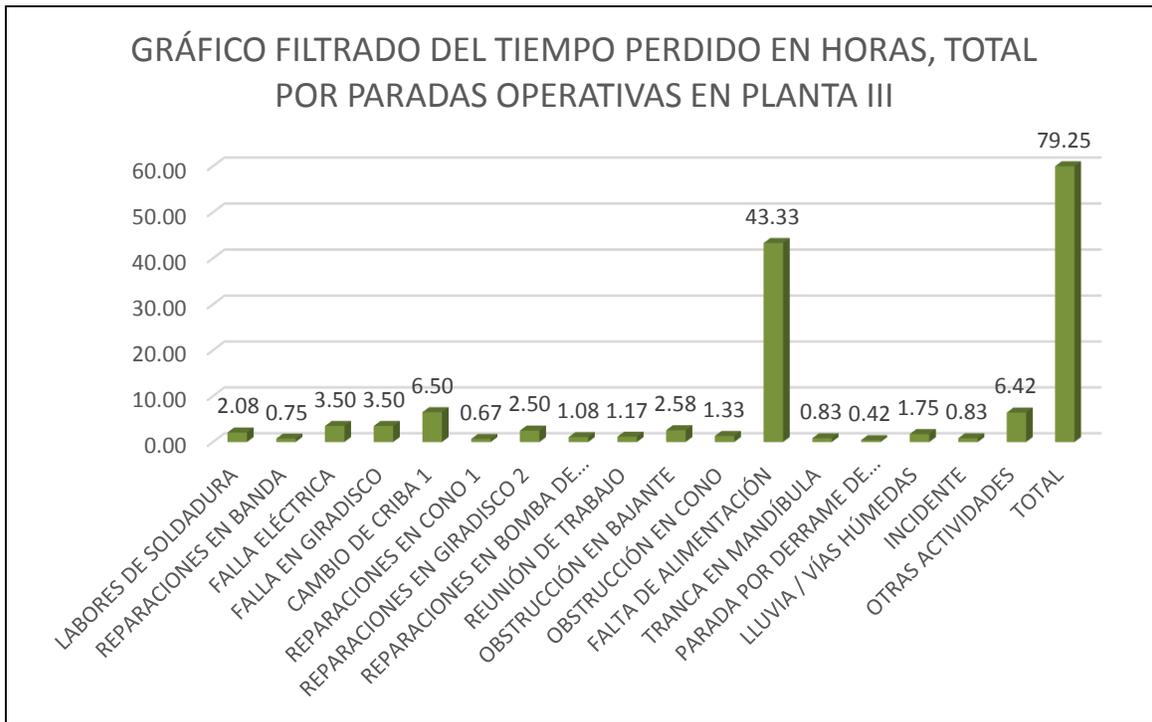


Figura 35- Gráfico de frecuencia de paradas en una jornada promedio, Fuente: Elaboración propia

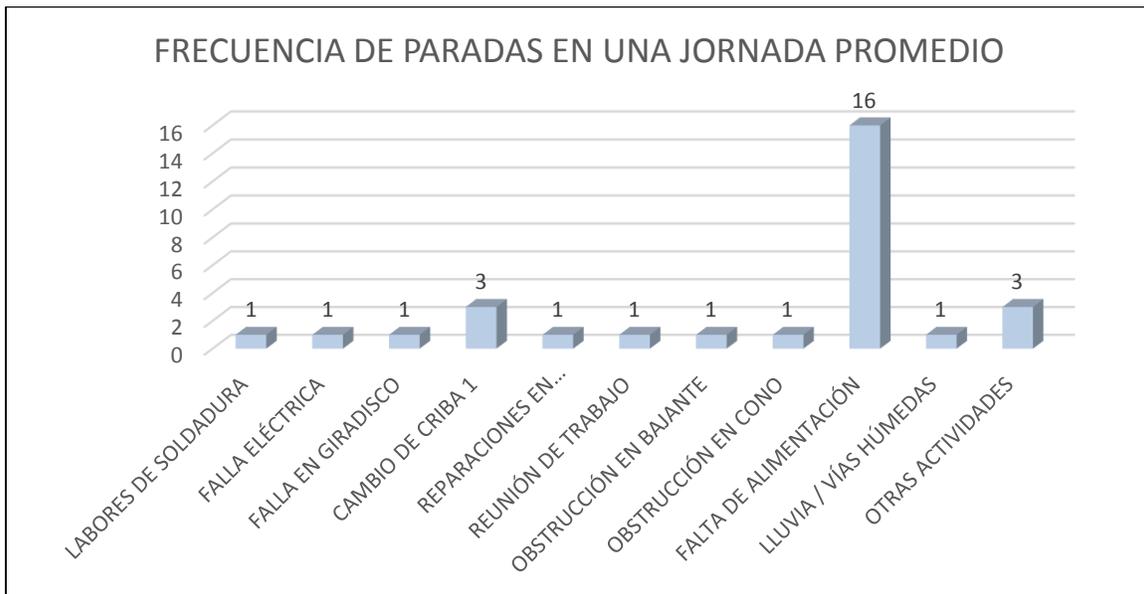


Figura 36 - Gráfico del tiempo perdido en minutos en una jornada promedio en planta III,
Fuente: Elaboración propia



6.2.3.1 Análisis Respecto a las Estadísticas de Paradas en Planta III

El siguiente análisis comprende únicamente la influencia de las paradas operativas en la producción de la planta III, no se consideran otros factores como la paralización total de algunas partes del circuito como el caso de la trituradora secundaria del tipo giradiscos que se encuentra inoperativa en el circuito y su ausencia disminuye la producción prácticamente a la mitad. Periodo evaluado del 1 de junio del 2017 y el 25 de agosto del 2017.

- Fueron contabilizados 32 días, a diferencia de la planta II, planta III presenta mayor irregularidad con los reportes de paradas y de planta a pesar de que presenta menos problemas que planta II debe prestarse atención a éstos sondeos y obligar a los operadores a llevar el control de los mismos ya que éstos representan datos valiosos

de la planta de procesamiento, y permiten llevar a cabo labores de mantenimiento y programas de estudio para diseñar el mejor programa de mantenimiento posible. Considerando el turno diario de 7 horas restando la hora de almuerzo de inoperatividad se tiene una eficiencia del turno de 64,62% y en cuanto al tiempo consumido por paradas operativas el restante 35,38%.

- La producción diaria evaluada en el mes de Junio – Julio – Agosto fue de alrededor de 100m³ de roca procesada.
- Según la Figura 32 Pág. 83 el total de paradas operativas acumulo 79,25 horas perdidas en mantenimiento por paradas operativas equivalentes a 12 jornadas laborales, lo que quiere decir que se perdió 1200 m³ en producción en éste período traducido en 120.000.000 BsF.
- Según cifras del plan de explotación de Canteras del Distrito Capital la planta III se considera un 70% de producción como óptimo y un 30% en pérdidas como “normal” por períodos de mantenimiento y otras variables aleatorias que no pueden evitarse, sin embargo es importante destacar que con el paso de los años y el nacimiento de nuevas tecnologías, técnicas de mantenimiento, nueva calidad de aceites y lubricantes, según la empresa METSO considera factible como máximo un 25% de pérdidas por paradas operativas. Esto quiere decir según METSO que para un turno de 7 horas deberían perderse máximo 1 horas con 45 minutos en jornadas de chequeo y mantenimiento general de rutina.
- En este caso según los registros obtenidos de la empresa, las paradas operativas representan un 35,38% del tiempo laboral evaluado, lo que quiere decir según METSO y el límite del 25% de pérdidas por paradas operativas, se está excediendo en un 10,38 % el tiempo en paradas operativas máximo, lo que quiere decir que las pérdidas oficiales declaradas específicas sería 23,25 horas, las cuales representan 4 jornadas laborales aproximadamente con una pérdida proyectada de 400m³ en el período estudiado.
- Un exceso de consumo de tiempo de mantenimiento de 10,38% representa 17,44 horas extra de mantenimiento mensual, que con la producción proyectada del

período evaluado $100\text{m}^3/\text{día}$ vendría siendo **300m^3** perdidos de producción mensual que equivalen a **30.000.000 BsF**. Extra Mensuales con el precio actual de 100.000 BsF el m^3 de roca procesada invertido en mantenimiento.

- Para una mejor visualización del panorama que se tiene en cuanto a las pérdidas representadas por paradas operativas se realiza el siguiente diagrama:

Figura 37 – Gráfico de proyección de disminución de pérdidas actuales, semi-ideales e ideales para planta III referente a paradas operativas por mantenimiento, Fuente: Elaboración propia.

Perdidas Actuales		Perdidas Semi-Ideales		Perdidas Ideales	
Producción diaria promedio (Junio-Julio-Agosto)		Producción diaria promedio (Junio-Julio-Agosto)		Producción diaria promedio (Junio-Julio-Agosto)	
100m ³ diario		116m ³ diario		123,8m ³ diario	
64,62 % Efectividad turno planta		75% Efectividad turno planta		80% Efectividad turno planta	
35,38 % jornada perdida		25 % jornada perdida		20 % jornada perdida	
2 Horas 29min perdidas en mantenimiento por día		1 Hora 45min perdidas en mantenimiento por día		1 Hora 24min perdidas en mantenimiento por día	
900m ³ mensuales		600m ³ mensuales		500m ³ mensuales	
90.000.000 BsF mensuales		60.000.000 BsF mensuales		50.000.000 BsF mensuales	
	-33%		-16,6 %		
	→		→		
Mantenimiento Correctivo + Programado		Mantenimiento Preventivo + Programado			

- La interpretación del gráfico anterior no implica que necesariamente todos los días en condiciones ideales haya que invertir 1 hora y 24 minutos en mantenimiento, quiere decir que a pesar de que se puedan establecer las condiciones para que no se detenga la producción, existen variables aleatorias como fluctuaciones energéticas, falta de alimentación, tolvas llenas, lluvias, voladuras, etc que pueden ocasionar paradas operativas, lo importante en este sentido es seguir monitoreando estas paradas operativas para mitigar las razones de las paradas en los casos posibles y solicitar al equipo de mantenimiento el desarrollo de un plan de mantenimiento tanto preventivo como programado para disminuir al mínimo las paradas operativas.

A continuación otros datos que fueron resaltantes dentro de las estadísticas en los cuales se observó recurrencia de algunas paradas operativas específicas.

- Parada operativa por falta de alimentación 43,33 horas acumuladas en el período estudiado que equivalen a 7 jornadas laborales 700 m³ de arena lavada.
- Una pérdida de 6,5 horas por Cambio de criba 1 que equivalen prácticamente a una jornada laboral 100m³ de arena lavada
- Paradas operativas por de 6,42 horas por Otras actividades, equivalente a una jornada laboral de trabajo 100m³ de arena lavada.
- Parada de 3,5 horas cada una por fallas eléctricas y fallas en la trituradora secundaria giradiscos
- Se contabilizaron 2,58 horas perdidas por obstrucción en bajantes
- En labores de soldadura 2 horas invertidas aproximadamente
- Para mayor detalle ver Figura 32 – Pág. 83.

6.2.4 Mantenimiento Planta III

El mantenimiento de la planta III actualmente también se encuentra en una fase de mantenimiento correctivo ya que presenta muchas fallas a continuación se presentan algunas sugerencias para el mantenimiento de la planta.

- Mantenimiento correctivo de la trituradora de cono secundaria, sistema de enfriamiento, bomba de aceite, y mantenimiento de recubrimientos o forros.
- Proceso de vulcanización para las bandas transportadoras que se encuentren en buen estado pero tengan grapas que puedan desgarrarse con la fricción entre los rodillos

Figura 38 - Desgaste de los forros de la trituradora de cono 1, Fuente: Elaboración propia



- Colocación de correas a los equipos que lo requieran, esto produce la disminución de la vida útil de las correas nuevas y no alcanzan a cumplir su vida útil largo plazo se consumen más correas por el intento de “ahorro” de las mismas.

Figura 39 - Criba vibratoria 1 con falta de correas, Fuente: Elaboración propia



- Adecuación de techado para los motores que se encuentran expuestos a la lluvia y en consecuencia la corrosión lo que produce fallas eléctricas y deterioro a largo plazo.
- La criba vibratoria 2 fue reparada con una goma que impide el desemboque correcto y fluido del material, los operadores tienen que ir a ayudar al flujo arriesgando su seguridad .

Figura 40 - Mantenimiento de criba vibratoria 2, Fuente: Elñaboración propia



- Mantenimiento del tornillo lavador sin fin, a pesar de que se encuentra operativo la estructura presenta deterioro que continuará con el paso del tiempo.

Figura 41 - Tornillo lavador sin fin, Fuente: Elaboración Propia



- Mantenimiento de elementos bajantes, alto grado de deterioro, necesitan labores de soldadura, los trabajadores arriesgan su seguridad colocando las manos sin equipos de protección personal canalizando el material hacia los giradiscos, así como también el caso del bajante que desemboca en el tornillo sin fin, se encuentra en muy mal estado, éstos casos particulares a largo plazo pueden ocasionar la parada de la planta de procesamiento.

Figura 42 - Bajante que desemboca al tornillo lavador sin fin en mal estado y deterioro constante Fuente: Elaboración propia



- A pesar de que se necesitan realizar labores de reparación, y que se encuentra detenido uno de los giradiscos completamente se tiene un buen ritmo de producción en la planta III, es imperativa necesidad optimizar las operaciones mineras para optimizar las paradas operativas de planta por falta de alimentación.

6.2.4.1 Mantenimiento de Trituradoras Primarias de Mandíbula

- El desgaste de los forros de la mandíbula de la planta es muy leve, sin embargo debe ajustarse el ángulo de pellizco de la mandíbula para evitar obstrucción en la trituradora secundaria de cono 1.
- Para el mantenimiento de la Trituradora de Mandíbula se encontraron las siguientes sugerencias de los manuales consultados del modelo del equipo de trituración primaria. "El mantenimiento exitoso de la trituradora de mandíbulas requiere los recursos adecuados, las herramientas adecuadas y el enfoque correcto", dice Bill Macini, un técnico de servicio de Telsmith .Ciertamente, cuando una operación ha fallado, ya sea para mantenimiento preventivo o falla de componentes, siempre hay presión para poner la planta en funcionamiento tan pronto como sea posible." Los operadores y ayudantes necesitan ser entrenados con los métodos apropiados, y la gerencia necesita proveer el apoyo y recursos para hacer el trabajo correctamente.
- La limpieza es clave; mantenga los sistemas de aceite libres de contaminación. Se sugiere dejar a un lado la mentalidad de producir a toda costa, el cambio de aceite rápido a la larga puede traer consecuencias en el equipo, ya que los operadores y ayudantes no se molestan en limpiar cualquier acumulación de lodo en los tanques; y el nuevo aceite se contamina; un aceite libre de contaminación brindará un mejor rendimiento para la trituradora primaria, menos fallas en el futuro y

alargará su vida útil. Un análisis periódico del aceite ofrece un heads-up sobre el estado de la máquina. Además, cambiar el aceite requiere cubos limpios, trapos limpios y almacenamiento en un ambiente limpio.

- Se sugiere mantener los respiradores limpios, y mantener las juntas correctas y filtros de aceite a mano. No coloque los filtros de aceite en el "rojo". Siempre tenga a mano las piezas de repuesto y los componentes de limpieza adecuados. Sea proactivo, y permanezca preparado a medida que surjan los intervalos de cambio de aceite. Mantenga limpia la zona de tope, especialmente antes de cualquier ajuste de la trituradora. Es mejor lavar los asientos y las placas de la palanca a diario, pues la acumulación material húmeda da lugar a un compuesto arenoso que muele hacia abajo los componentes, causando el desgaste prematuro.
- También, quite la suciedad y los desechos de las superficies del bastidor de la trituradora y de las áreas alrededor de la máquina. Controle los conductos de descarga para detectar cualquier obstrucción y compruebe si hay acumulación de material debajo de la mandíbula para evitar el desgaste excesivo del pitman.
- Realizar inspecciones regulares: Como se especifica en los manuales del propietario, los operadores y ayudantes deben seguir la disciplina de las inspecciones diarias, semanales y mensuales recomendadas. Si bien hay muchos artículos de inspección que figuran en el calendario de mantenimiento de un fabricante, vale la pena destacar varios. Revise la mandíbula diariamente, asegurándose de que los tornillos estén bien apretados. Revise las placas de las mejillas para detectar cualquier desgaste excesivo que pueda afectar el bastidor principal de la mandíbula. Monitorear los volantes para la limpieza, tornillos apretados y posibles grietas; y asegúrese de que las correas de transmisión no estén gastadas o agrietadas. Supervisar las operaciones y los datos de registro: registre su amperaje para ver si cambia de día a día. **Si el amperaje supera los niveles**

normales, podría ser una señal de problemas en los rodamientos o cinturones flojos.

- Además, registre su tiempo de desconexión diaria. ¿Cuánto tarda la máquina en llegar a una parada muerta? Si el tiempo comienza a acortarse, esto podría indicar un problema de rodamiento. Compruebe todos los indicadores y los interruptores diariamente para el funcionamiento apropiado - pues son integrales a la parada apropiada en el caso de problemas tales como altas temperaturas o presiones hidráulicas bajas.
- Conozca el ajuste adecuado para usted: Aplicar la grasa incorrecta (porque eso es lo que está en el estante) no es una opción, ya que este atajo puede, en última instancia, causar fallas en el equipo.
- Actualice su equipo: Como ejemplo, Macini apunta a los modernos diseños de trituradoras que incorporan cilindros tensores hidráulicos que reemplazan las varillas de tensión y resortes convencionales. Como resultado, los cilindros de tensión mantienen automáticamente la tensión apropiada en la palanca, eliminando la necesidad de ajuste de resorte. Con un tensado apropiado automático, los productores ahorran tiempo y reducen el desgaste de las piezas.
- Además, dos cilindros hidráulicos sobredimensionados detrás de un brazo basculante móvil permiten todos los ajustes de ajuste cerrado (CSS). Una vuelta de un interruptor extiende o retrae los cilindros y el ajuste es completo y se hace sin necesidad de calzos en cualquier momento. Para un mantenimiento seguro, los cilindros de ajuste hidráulico empujan el pitman hacia adelante donde está bloqueado en posición con pasadores de bloqueo, que se insertan desde el lateral. A continuación, los cilindros de tensión hidráulica, montados en el lado de la palanca, empujan el haz de palanca hacia atrás, permitiendo que se pueda bajar con seguridad.

- Para evitar daños en la trituradora, tiempos de inactividad y procedimientos de mantenimiento difíciles, el sistema hidráulico de alivio de sobrecarga abre la trituradora cuando las fuerzas internas son demasiado altas, protegiendo la unidad contra fallas costosas de los componentes. Después del alivio, el sistema devuelve automáticamente la trituradora al ajuste anterior para el triturado continuo.
- Desarrollar una disciplina de mantenimiento: Deshacerse de los atajos; aprender a hacer trabajos de mantenimiento desde el comienzo, y continuar la disciplina a lo largo de la vida del equipo. La recompensa es mensurable en tiempo y ahorro de costos, y un ambiente de trabajo mucho más seguro.

6.2.4.1 Mantenimiento de Trituradoras Secundarias de Cono

Esta metodología también puede aplicar para las trituradoras secundarias del tipo giradisco.

- La falla general de las trituradores de cono de la planta II es el sistema de enfriamiento, falta de bombas de agua, aceite, y la falla recurrente al momento del funcionamiento es la constante obstrucción la cual está estrictamente relacionada con la abertura de la mandíbula, el desgaste de los forros que permite el paso de sobretamaños y el cribado de carga recirculante, exceso de material procesado recirculando en el circuito.
- Algunos consejos y sugerencias según los manuales consultados son los que se presentan a continuación.
- Monitorear la temperatura del aceite lubricante. Se puede aprender mucho sobre una trituradora de cono simplemente observando la temperatura del aceite de suministro y comparándola con la temperatura del aceite de retorno. La temperatura del aceite de retorno debe estar en el rango de 60 a 140 grados, aunque la temperatura debe estar preferiblemente en el rango de 100 a 130 grados. Además, la temperatura del aceite debe monitorearse con frecuencia

- durante todo el turno. Una vez que un productor aprende la temperatura normal del aceite de la línea de drenaje de una trituradora y la diferencia de temperatura normal entre la fuente y el drenaje, una condición anormal justifica una investigación.
- Monitorear la presión del aceite lubricante. Es de vital importancia observar la presión del aceite lubricante de la caja del contraeje en cada turno. Algunas de las cosas que podrían causar una presión de aceite lubricante más baja de lo normal incluyen un caudal de aceite de bajo galón por minuto causado por una bomba de aceite lubricante desgastada, una válvula de alivio principal defectuosa, fallida o bloqueada, o teniendo holguras excesivas del rodamiento dentro de la trituradora causada por el desgaste del casquillo. El control de la presión del aceite de la caja del contraeje cada cambio le da la oportunidad de aprender lo que es normal. Una vez que se ha establecido la normalidad, la acción correctiva se puede programar y tomar sobre la base de una condición anormal.
 - Inspeccione la pantalla de retorno del tanque de aceite lubricante. Una pantalla de retorno del tanque de aceite - normalmente de aproximadamente 10 mallas de tamaño - se instala en el tanque de aceite lubricante. Todos los flujos de retorno de aceite a través de esta pantalla, y es importante tener en cuenta que el aceite es lo único que debe pasar por esta pantalla. La función de esta pantalla es evitar que una contaminación grande entre en el tanque de aceite lubricante y, posiblemente, ser aspirado en la línea de succión de la bomba de lubricación. Cualquier escombros de aspecto inusual encontrado en esta pantalla merece una investigación más cercana. La pantalla de retorno del tanque de aceite debe ser inspeccionada diariamente, o cada ocho horas.
 - Comprometerse con un programa de análisis de petróleo. Hoy, el análisis del aceite ha tomado su lugar como un elemento indispensable y valioso del mantenimiento predictivo de la trituradora. Sólo hay una cosa que se desgastará

el interior de una trituradora de roca, y que es "aceite lubricante sucio." El aceite lubricante limpio es el factor más importante que afecta la vida útil de los componentes de la trituradora interna.

- Participar en un programa de análisis de aceite le da la oportunidad de ver la condición del aceite lubricante a lo largo de su vida útil. Una muestra de aceite de la línea de drenaje activa debe tomarse una vez al mes, o cada 200 horas de operación, y enviarse para su análisis. Las cinco pruebas principales completadas en el análisis incluyen la viscosidad, la oxidación, el contenido de agua, el recuento de partículas y el análisis del desgaste de la máquina. Un informe de análisis de aceite que muestra una condición anormal da la oportunidad de investigar y corregir el problema antes del fracaso. Recuerde que el aceite lubricante contaminado "mata" trituradoras
- Mantenga respiradores de aire limpios de la trituradora. El respiradero de aire de la caja del contraeje y el respirador de aire del tanque de aceite trabajan juntos para permitir que la trituradora, el tanque de aceite y un tubo de drenaje correctamente inclinado mantengan las condiciones atmosféricas. Los respiradores de aire limpio aseguran un drenaje sin restricciones del aceite lubricante y ayudan a prevenir la infiltración de polvo a través de la disposición de sellado de la cabeza. Los respiradores de aire son componentes comúnmente olvidados del sistema de lubricación. Los respiradores de aire deben ser inspeccionados semanalmente, o cada 40 horas de operación y cambiados o limpiados según sea necesario.
- Monitorear el tiempo de desconexión de la trituradora. El tiempo de descenso es la cantidad de tiempo, en segundos, que la polea de la trituradora se detiene después de que el motor de accionamiento de la trituradora se haya detenido. El

tiempo de descenso proporciona un ejemplo de lo fácil y libre que es la trituradora o de lo vinculante que es. El tiempo mínimo de desconexión para la mayoría de las trituradoras de cono de tamaño medio a pequeño es de unos 30 segundos. El tiempo de descenso debería documentarse al final de cada día. Una vez que aprenda el tiempo normal de desconexión de una trituradora, una disminución de lo normal justifica una investigación. Las razones comunes para una disminución en el tiempo de bajada de la costa incluyen las correas de transmisión de la trituradora que son demasiado apretadas o un atascado debajo del área de la descarga de la trituradora.

- Inspeccione diariamente la zona de descarga de la trituradora inferior. Algunos de los daños más pesados que pueden ocurrir a una trituradora de cono es causada por una acumulación de material debajo de la trituradora. Por esta razón, inspeccione el área bajo la trituradora una vez al día. Compruebe la acumulación de material en los brazos de la trituradora y en la caja del contraeje. Esto es especialmente importante si el material que se está procesando es húmedo o pegajoso, o si el alimento contiene muchos restos como raíces de árboles. Al inspeccionar la acumulación de material, también mirar el estado del manto y el forro del tazón; la protección del contrapeso; los revestimientos del mainframe; los guardias de los brazos; y la tubería de aceite lubricante. Si se encuentra material acumulado, debe ser derribado. Si se observa una condición anormal en cualquiera de los otros elementos inspeccionados, se deben tomar medidas correctivas para repararlo.
- Lubrique las roscas del recipiente. Las roscas del vaso y las roscas del anillo de ajuste deben lubricarse semanalmente, o cada 40 horas de funcionamiento. El lubricante apropiado para usar es un NLGI (National Lubricating Grease Institute) No. 1 con al menos 5 por ciento de disulfuro de molibdeno (en peso). Las roscas deben ser lubricadas una vez cuando el recipiente se aprieta

firmemente en una posición de trituración y una vez que se ha liberado la presión de sujeción del recipiente. En las aplicaciones no abrasivas, se le recomienda que gire el recipiente abierto y cierre una revolución completa cada mes o cada 200 horas de funcionamiento. Este paso ayuda a manchar la grasa sobre todas las porciones de los hilos.

- Recuerde que no puede engrasar demasiado los hilos, pero sin duda puede engrasarlos. La consecuencia de no lubricar correctamente los hilos es un recipiente atascado.
- Mida el taladro antes de instalar un nuevo buje de bronce. Cada vez que un casquillo de bronce se quema de color negro, existe la posibilidad de que el agujero de acero detrás del casquillo se ha convertido en dimensionalmente incorrecto, ya sea tirado en pequeño, en forma de huevo o distorsionado. Si se instala un nuevo buje de bronce en un orificio dañado, el buje de bronce más blando tomará la misma forma que el orificio dañado. Esto podría conducir a un contacto incorrecto entre las superficies de contacto y un fallo de revestimiento recurrente. Asegúrese de medir el agujero de acero con un micrómetro interior antes de instalar un nuevo casquillo. Si las dimensiones tomadas muestran que son dimensionalmente incorrectas o distorsionadas, se requiere una acción correctiva para el agujero de acero en ese punto. Cada departamento de mantenimiento de la cantera debe tener un 4-in. a 40 pulgadas dentro del micrómetro ajustado en el listo.
- Mantenga un registro diario del operador en cada trituradora. Un diario de operador correctamente interpretado diario puede ayudar a predecir un problema con una trituradora antes de un fracaso. Las inscripciones deben hacerse al menos una vez por turno, pero preferiblemente dos veces por turno. El registro se puede utilizar para aprender las tendencias de funcionamiento normales de la trituradora. Una vez que esto se ha establecido, banderas rojas aparecerá cuando

algo anormal ocurre. Tomar o tomar medidas correctivas basadas en una condición de funcionamiento anormal, visto a través del uso de hojas de registro, siempre conducirá a una reparación de mantenimiento rentable. Pero si usted no toma el tiempo para aprender y entender cuáles son las características operacionales normales de su trituradora de cono, nunca sabrá lo anormal que es hasta que es demasiado tarde (falla de la trituradora).

- Cambie los trazadores de líneas a tiempo para maximizar la productividad. Empujar las piezas de desgaste de la trituradora, el manto y el revestimiento del tazón de fuente demasiado lejos es otro error común. La mayoría de las trituradoras de cono experimentan una disminución en la dimensión de la abertura de alimentación del revestimiento a finales de la vida del revestimiento. Esta reducción en la dimensión de abertura de alimentación del revestimiento dará lugar a una disminución en el área volumétrica entre el manto y el revestimiento del tazón, lo que a su vez da como resultado una disminución del tonelaje de producción de la trituradora. Una gran idea es cambiar los trazadores de líneas en el tiempo correcto observando para la reducción en el rendimiento tarde en la vida del trazador de líneas. Considere que un excelente momento para cambiar liners es cuando se produce una pérdida de 10 por ciento del producto. El aumento inmediato de la productividad en un 10 por ciento superará con creces la pequeña ganancia obtenida en forma de utilización extra de manganeso.
- Implementar un programa de mantenimiento preventivo. Prepare un programa de mantenimiento escrito que se adapte a su planta, que incluye mantenimiento preventivo, mantenimiento predictivo y mantenimiento proactivo. Incluya fechas específicas en las que se hará el trabajo de mantenimiento y que la administración apruebe el plan.

- Comprometerse con la capacitación y educación de los empleados. Ha sido bien documentado por años que la formación y la educación eficaces mejoran la confianza y el rendimiento de los empleados. También reducen el volumen de negocios. Uno de los objetivos críticamente importantes es combinar la formación y la educación en el programa de formación. Recuerde, el entrenamiento es enseñar a alguien cómo hacer algo. Educar es explicar a alguien por qué debe hacerse de esa manera. Además, recuerde esto: Si usted piensa que los empleados de capacitación y verlos salir de su empresa es caro, entonces intente no entrenarlos en absoluto y verlos quedarse.

Conclusiones

- La inactividad de la criba 20B de planta II disminuye la producción un 50%.
- La inactividad de la trituradora terciaria de cono “cono 18” reduce también dicha productividad al 50%.
- Se produce desgaste de cribas y mallas debido al exceso de carga circulante dentro del circuito.
- En cuanto a la eficiencia del turno efectivo de planta II se llegó a la conclusión que el turno efectivo de planta es de 52,73% con pérdidas del turno de alrededor de 47,28%, debido a paradas operativas, valor que se alejan de los criterios Semi-ideales por un 22,28% .
- En cuanto a la eficiencia del turno efectivo de planta III se llegó a la conclusión que el turno efectivo es de 64,62% con pérdidas del turno alrededor de 35,38% valor que se aleja de los criterios Semi-ideales en un 10,38%.
- La empresa no cuenta con jornadas de mantenimiento preventivo y tampoco programado para mitigar las paradas operativas de los equipos, según la consulta de los manuales de los equipos fijos de trituración se realizaron algunas sugerencias de mantenimiento en la sección de mantenimiento de las plantas respectivas.
- Existe una imperativa necesidad de realizar un plan productivo para las plantas de beneficio mineral, en el que se contemple las precipitaciones pluviosidad de la zona, para mitigar las paradas operativas y el desgaste producido por la humedad del material.

- Tiempo total consumido por planta II por paradas operativas 172,08 horas en el período evaluado desde el 1 de Junio hasta el 25 de agosto del 2017.
- Tiempo total consumido por planta III por paradas operativas 79,25 horas en el período evaluado desde el 1 de Junio hasta el 25 de agosto del 2017.

Recomendaciones

- Se sugiere incorporar en los códigos especificidad sobre que trituradora de cono se está obstruyendo o presentando problemas, sobre todo para el caso de planta II.
- Se debe continuar con el registro y toma de control de las paradas operativas para implementar planes tanto correctivos como preventivos que con el paso del tiempo permitan incorporar un mantenimiento programado que optimice las paradas operativas.
- Se debe tomar en cuenta el balance de masas realizado por la Ing. Magda Acosta (2017) para tomar decisiones gerenciales respecto a la planta III.
- Las decisiones del cambio de cribas y las aberturas de las mallas deben ser fundamentadas y no deben ser tomadas al azar, el cambio de mallas al azar solo trae como consecuencia incrementar la carga circulante en el circuito, lo que se traduce en recirculación del material en el circuito incrementando la razón de reducción de la roca procesada y al mismo tiempo desgastando las cribas por la abrasividad del agregado y aunada la humedad debido a las temporadas de lluvias.
- Es necesario tomar en cuenta el trabajo de pasantías de los drenajes realizado por la Br. Osmarly Montilla para mitigar la humedad del material que se almacena en patio e impedir el colapso de las operaciones mineras.
- La roca anfíbológica desgasta excesivamente los forros o revestimientos de las mandíbulas por lo tanto se recomienda realizar una inversión en este sentido.

Lista de referencias

- [1] Canteras del Distrito Capital. (2015-2016). “Plan de Aprovechamiento de Minerales”. Antímano, Caracas.
- [2] Acosta Magda (2017). Minería de Campo. “Establecimiento de los parámetros mineros-geomecánicos para el funcionamiento de los equipos de clasificación y trituración de la planta III, canteras del distrito capital”. Departamento de Minas, Facultad de Ingeniería. Universidad Central de Venezuela.
- [3] Blanco Emilio (2014). Bloque II- Capitulo 7. “Trituración”. Universidad de Cantabria. España.
- [4] Blanco Emilio (2014). Bloque II- Capitulo 9. “Clasificación y Cribado”. Universidad de Cantabria. España.
- [5] Fueyo Luis C. (1999). “Equipos de trituración, molienda y clasificación. Tecnología, diseño y aplicación”. España.
- [6] Peláez Eduardo (1981). “Preparación y concentración de Minerales”. Departamento de Minas, Facultad de Ingeniería. Universidad Central de Venezuela.
- [7] Enciclopedia de Clasificaciones (2017). "Tipos de mantenimiento". Recuperado de: <http://www.tiposde.org/general/127-tipos-de-mantenimiento/>
- [8] 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.