

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTA DE INGENIERÍA
ESCUELA DE GEOLOGÍA, MINAS Y GEOFÍSICA
DEPARTAMENTO DE MINAS

**DETERMINAR LOS FACTORES QUE AFECTAN LA
PRODUCCIÓN DE ROCA SERPENTINITA EN CANTERAS CURA
C.A. SAN JOAQUÍN, ESTADO CARABOBO.**

INFORME DE MÍNERIA DE CAMPO

Autor: Br. Daryela K. Mata S.

MINERÍA DE CAMPO (3230)

Caracas, agosto 2016

MINERÍA DE CAMPO

**DETERMINAR LOS FACTORES QUE AFECTAN LA
PRODUCCIÓN DE ROCA SERPENTINITA EN CANTERAS CURA
C.A. SAN JOAQUÍN, ESTADO CARABOBO.**

Tutor Académico: Ing. Katherine Silva

Tutor Industrial: Ing. José Carrero

Caracas, agosto 2016

DETERMINAR LOS FACTORES QUE AFECTAN LA PRODUCCIÓN DE ROCA SERPENTINITA EN CANTERAS CURA C.A. SAN JOAQUÍN, ESTADO CARABOBO.

*Tutor Académico: Ing. Katherine Silva^{*1}*
*Tutor Industrial: Ing. José Carrero^{*2}*
*Autor: Br: Daryela k. Mata S.^{*3}*

* Escuela de Geología, Minas y Geofísica, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela, Caracas 1020A, Venezuela.

¹ Correo: katherinelilian.silva@gmail.com

² Correo: Josecarreror1872@gmail.com

³ Correo: Daryelak@gmail.com

Palabras Claves: Carga, acarreo, beneficio mineral, equipos mineros, serpentinita, evaluación técnica, minería-producción.

RESUMEN

Canteras Cura C.A, es una empresa dedicada a la producción de agregados finos y gruesos para la construcción, debido a la gran demanda que debe satisfacer, es necesario generar un modelo de cuantificación del producto terminado, para esto fue necesario conocer todas las operaciones necesarias para obtener dicho producto, tales como: carga, acarreo y beneficio mineral. De esta forma se establecieron los tiempos de los ciclos de carga y acarreo por turno siendo 20,46 minutos, la disponibilidad física fue igual a 29,39% para la maquinaria y 7,74% para la planta. Se estimó que las horas efectivas por turno es igual a 2 horas representando una pérdida del 75% de la producción se propone aumentar la flota de camiones a 12, para finalizar de obtuvo una relación entre horas operativas de la planta de trituración y el producto, donde por cada hora se obtiene $115,81m^3$ de piedra N° 1, $48,27m^3$ de arrocillo y $40,03m^3$, que al ser comparada con la metodología empleada por la empresa representa por cada hora un error de $12.19m^3$ para la piedra N°1, $23.56m^3$ para el arrocillo y $5.5m^3$ para el polvillo.

Agradecimientos

Agradezco en primer lugar a mi hermosa madre por el apoyo incondicional, luego agradezco a la ilustre Universidad Central de Venezuela, en especial a la Coordinación de Pasantías de la Escuela de Geología, Minas y Geofísica, por el apoyo prestado, a la Gerencia de Operaciones de Canteras Cura C.A, a la profesora Katherine Silva y al Ing. José Carrero por el apoyo en la presente investigación correspondiente a minería de campo.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	iii
Agradecimientos	iv
NOMENCLATURA, ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS.....	1
1.6.1 Clima	7
1.6.2 Agua	8
1.6.3 Suelos	8
1.6.4 Vegetación.....	9
1.6.5 Fauna	9
1.7 Diseño y tipo de explotación	9
1.8 Organigrama de la empresa año 2016.....	10
2.2.1 Objetivo General	11
2.2.2 Objetivos Específicos	11
3.1.1 Geología regional	13
3.1.2 Geología local	16
3.5.1 Factores que determinan la potencia necesaria	20
5.3.1 Equipo de perforación	25
5.3.2 Equipos de empuje	25
5.3.3 Equipos de carga	26
5.3.4 Equipos de acarreo	26
5.3.5 Equipos auxiliares	29
3.8.1 Las pistas en la planificación minera	31
3.8.2 Categorías de los vehículos para el diseño de las pistas	31
3.8.3 Anchura	32
3.8.4 Sobre ancho	34
3.8.5 Berma de seguridad.....	34
3.8.6 Pendiente de la vía.....	34
3.8.7 Peralte.....	35
3.8.8 Caminos de Transporte.....	35
3.9.1 Circuitos de tratamiento	35
3.9.2 División de las operaciones	36
3.9.4 Molinos de rodillo	36
3.10.2 Media Aritmética.....	42
3.11.3 Moda.....	42
3.11.4 Mediana.....	43

3.12.1 Varianza	43
3.12.2 Desviación Estándar.....	44
5.1.1 Tiempos operacionales del ciclo de carga y acarreo	48
5.1.2 Tiempos operacionales de las excavadoras	52
5.2.1 Ancho de la pista de acarreo	55
5.2.2 Coordenada de los puntos tomados en campo	55
5.2.3 Pendiente de la pista de acarreo	56
5.2.4 Bermas de seguridad	57
5.6.1 Excavadora:	66
5.6.2 Camión roquero.....	67
5.6.3 Número de camiones	67
5.8.1 Disponibilidad física de la maquinaria.....	70
5.8.2 Disponibilidad física de la planta de trituración.....	71
5.9.1 Gestión de mantenimiento general	75
5.10.1 Trituración primaria	77
5.10.2 Trituración secundaria.....	79
5.11.1Calculo de volumen de las tolvas de descarga	84
3.11.2 Promedio de llenado de las tolvas de descarga, producto terminado.....	87

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. 1 A) UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y SITUACIÓN RELATIVA DE CANTERA CURA B) IMAGEN SATELITAL DE CANTERA CURA	5
FIGURA 1. 2 ESTADÍSTICOS PRECIPITACIÓN	7
FIGURA 1. 3 TEMPERATURAS Y HUMEDADES RELATIVAS MÁXIMAS Y MÍNIMAS MEDIAS	8
FIGURA 1. 4 ORGANIGRAMA DE CANTERA CURAS C.A.	10
Figura 3. 1 Geología Local.	18
FIGURA 3. 2 PERSPECTIVA DE LA CANTERA CURA Y LA UBICACIÓN DE LOS DIFERENTES LITOTIPOS	19
FIGURA 3. 3 EXPLOTACIÓN DE CANTERAS DE ÁRIDOS.....	20
FIGURA 3. 4 FACTORES QUE DETERMINAN LA POTENCIA NECESARIA.....	21
FIGURA 3. 5 CICLO DE CARGA, ACARREO Y DESCARGA. FUENTE: CRUZAT A. 2008.....	23
FIGURA 3. 6 PROCESO PRODUCTIVO CANTERAS CURA C.A	24
FIGURA 3. 7 PERFORADORA HIDRÁULICA XCMG.....	25
FIGURA 3. 8 TRACTOR SOBRE ORUGAS CAT D9T.....	26
FIGURA 3. 9 CAMIÓN ROQUERO XCMG	27
FIGURA 3. 10 CAT 735	28
FIGURA 3. 11 CAMIÓN ROQUERO BELAZ.....	29
FIGURA 3. 12 MOTONIVELADORA CAT 120H	30
FIGURA 3. 13 CAMIÓN CISTERNA.....	30
FIGURA 3. 14 TRITURADORA DE IMPACTO 5348	37
FIGURA 3. 15 ALIMENTADOR JEFFREY.....	38
FIGURA 3. 16 MOLINO DE RODILLO 3030 39	
FIGURA 3. 17 MOLINO 30-30.....	40
Figura 5. 1 Esquema de los tramos en la pista de acarreo.....	47
FIGURA 5. 2 PISTA DE ACARREO	56
FIGURA 5. 3 BERMAS DE SEGURIDAD	58
FIGURA 5. 4 REPARACIONES Y MANTENIMIENTO DE LA MAQUINARIA FIJA Y MÓVIL	76
FIGURA 5. 5 PROCESO DE PLANTA PRIMARIA DE TRITURACIÓN Y CLASIFICACIÓN LÍNEA 278	
FIGURA 5. 6 GRIZZLI, PLANTA PRIMARIA, DESCARGA DIRECTA POR CAMIONES	78
FIGURA 5. 7 PLANTA DE TRITURACIÓN PRIMARIA	78
FIGURA 5. 8 PROCESO DE PLANTA PRIMARIA DE TRITURACIÓN Y CLASIFICACIÓN LÍNEA 279	

FIGURA 5. 9 PLANTA DE TRITURACIÓN SECUNDARIA	79
FIGURA 5. 10 TOLVAS DE DESCARGA DE PRODUCTO TERMINADO	86
FIGURA 5. 11 TOLVAS DE DESCARGA DE PRODUCTO TERMINADO	86

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 3. 1 RESISTENCIA EN LAS PENDIENTES.....	22
TABLA 3. 2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL EQUIPO CAT D9T	25
TABLA 3. 3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL EQUIPO XCMG FKY30.....	26
TABLA 3. 4 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL EQUIPO CAT 735.....	27
TABLA 3. 5 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL EQUIPO BELAZ-7540K	28
TABLA 3. 6 . ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL EQUIPO BELAZ-7540K.....	29
TABLA 3. 7 CATEGORÍAS DE VOLQUETES EN FUNCIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA.....	32
TABLA 3. 8 ANCHURAS MÍNIMAS RECOMENDADAS PARA PISTAS MINERAS).....	33
TABLA 3. 9 TRITURADOR DE IMPACTO 5348	37
Tabla 5. 1 Tiempos de ciclos de acarreo. DOOSAN 500 - CAT 735.....	48
TABLA 5. 2 TIEMPOS FIJOS VARIABLES Y TOTALES. DOOSAN 500 - CAT 735	48
TABLA 5. 3. TIEMPOS DE CICLOS DE ACARREO. CAT 329D - XCMG 483	49
TABLA 5. 4 TIEMPOS FIJOS VARIABLES Y TOTALES. CAT 329D - XCMG 483	49
TABLA 5. 5 TIEMPOS DE CICLOS DE ACARREO. CAT 329D - CAT 735	49
TABLA 5. 6 TIEMPOS FIJOS VARIABLES Y TOTALES. CAT 329D - CAT 735	50
TABLA 5. 7 PROMEDIO GENERAL DE LOS TIEMPOS DE CICLOS DE ACARREO	51
TABLA 5. 8 TIEMPO DE CARGA, EXCAVADORA DOOSAN 500	52
TABLA 5. 9. TIEMPO DE CARGA, EXCAVADORA CAT 329D.	52
TABLA 5. 10. VELOCIDADES DE LOS CAMIONES DE ACARREO.....	53
TABLA 5. 11. RESISTENCIA AL RODADO (RR).....	54
TABLA 5. 12RESISTENCIA A LAS PENDIENTES (RP).....	54
TABLA 5. 13 ANCHO DE LA PISTA DE ACARREO	55
TABLA 5. 14 COMPARACIÓN DEL ANCHO DE LA VÍA, TOMADO EN CAMPO Y LA CALCULADA.	55
TABLA 5. 15. COORDENADA DE LOS PUNTOS TOMADOS EN CAMPO.....	56
TABLA 5. 16 PENDIENTE DE LA PISTA DE ACARREO	57
TABLA 5. 17 DISTANCIA DE LA PISTA DE ACARREO.....	57
TABLA 5. 18COMPARACIÓN BERMAS DE SEGURIDAD TOMADAS EN CAMPO Y LA CALCULADA	57
TABLA 5. 19 . COMPARACIÓN ENTRE LAS CAPACIDADES DE LA MAQUINARIA DE CARGA Y LO CALCULADO	68

TABLA 5. 20 COMPARACIÓN ENTRE LAS CAPACIDADES, CAMIONES DE ACARREO Y LO CALCULADO	68
TABLA 5. 21 ESTATUS DE EQUIPOS DE ACARREO DESDE EL FRENTE DE EXPLOTACIÓN HASTA EL SISTEMA DE TRITURACIÓN.	68
TABLA 5. 22 ESTATUS DE EQUIPOS DE ACARREO DESDE LAS TOLVAS DE DESCARGA DEL SISTEMA DE TRITURACIÓN HASTA EL PATIO DE ALMACENAMIENTO.	69
TABLA 5. 23 ESTATUS DE MAQUINARIA PESADA.....	69
TABLA 5. 24. DISPONIBILIDAD FÍSICA DE LA MAQUINARIA	70
TABLA 5. 25 HORAS DE PARADA LÍNEA 2 DE TRITURACIÓN PARA EL MES DE JUNIO FUENTE: GERENCIA DE OPERACIONES, CANTERAS CURAS	71
TABLA 5. 26. HORAS DE PARADA LÍNEA 2 DE TRITURACIÓN PARA EL MES DE JULIO FUENTE: GERENCIA DE OPERACIONES, CANTERAS CURAS.....	72
TABLA 5. 27 HORAS DE PARADA LÍNEA 2 DE TRITURACIÓN PARA EL MES DE AGOSTO FUENTE: GERENCIA DE OPERACIONES, CANTERAS CURAS.....	73
TABLA 5. 28 DISPONIBILIDAD FÍSICA PLANTA DE TRITURACIÓN, LÍNEA 2.	73
TABLA 5. 29 GESTIÓN DE MANTENIMIENTO GENERAL FUENTE: DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO	75
TABLA 5. 30. TIEMPO DE LLENADO DE LAS TOLVAS DE PRODUCTO TERMINADO	80
TABLA 5. 31 HISTÓRICO DE PRECIPITACIONES PARA LOS MESES DE JUNIO, JULIO Y AGOSTO FUENTE: INAMEH	83
TABLA 5. 32 ÁREA DE PIRÁMIDE BASE CUADRADA.....	85
TABLA 5. 33 ÁREA DE UN CUBO.....	85
TABLA 5. 34 VOLUMEN DE PRODUCTO TERMINADO POR HORA	87
TABLA 5. 35 PRODUCCIÓN DE PIEDRA Nº 1, ARROCILLO Y POLVILLO POR HORAS OPERATIVAS DE LA PLANTA DE TRITURACIÓN FUENTE: GERENCIA DE OPERACIONES, CANTERAS CURA C.A	88
TABLA 5. 36. RELACIÓN ENTRE PRODUCCIÓN DE AGREGADOS Y TIEMPO DE OPERACIÓN DE LA PLANTA	88
TABLA 5. 37COMPARACIÓN DE LA METODOLOGÍA EMPLEADA EN LA EMPRESA Y LA METODOLOGÍA PROPUESTA.....	88

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRAFICA 5. 1. TIEMPOS FIJOS Y VARIABLES DEL CICLO DE ACARREO.	50
GRAFICA 5. 2DISTRIBUCIÓN DE LOS TIEMPOS DE CICLOS	51
GRAFICA 5. 3 VELOCIDADES DE LOS VEHÍCULOS DE ACARREO	53
GRAFICA 5. 4 HORAS PRODUCTIVAS, VOLQUETAS MES DE JUNIO	59
GRAFICA 5. 5 HORAS PRODUCTIVAS, ROQUEROS MES DE JUNIO	59
GRAFICA 5. 6 HORAS PRODUCTIVAS, TRACTORES MES DE JUNIO	60
GRAFICA 5. 7 HORAS PRODUCTIVAS, MAQUINARIA DE CARGA MES DE JUNIO	60
GRAFICA 5. 8 HORAS PRODUCTIVAS, VOLQUETAS MES DE JULIO	61
GRAFICA 5. 9 HORAS PRODUCTIVAS, ROQUEROS MES DE JULIO	61
GRAFICA 5. 10. HORAS PRODUCTIVAS, ROQUEROS MES DE JUNIO	62
GRAFICA 5. 11 HORAS PRODUCTIVAS, MAQUINARIA DE CARGA MES DE JULIO.....	62
GRAFICA 5. 12. HORAS PRODUCTIVAS, VOLQUETAS MES DE AGOSTO	63
GRAFICA 5. 13. HORAS PRODUCTIVAS, ROQUEROS MES DE JUNIO.....	63
GRAFICA 5. 14. HORAS PRODUCTIVAS, MAQUINARIA DE CARGA MES DE AGOSTO.....	64
GRAFICA 5. 15 HORAS PRODUCTIVAS, ROQUEROS MES DE JUNIO	64
GRAFICA 5. 16 CAPACIDAD INSTALADA DE LA PLANTA PRIMARIA	66
GRAFICA 5. 17 DISPONIBILIDAD FÍSICA DE LA MAQUINARIA	70
GRAFICA 5. 18 HORAS DE PARADA LÍNEA 2 DE TRITURACIÓN PARA EL MES DE JUNIO.....	71
GRAFICA 5. 19 HORAS DE PARADA LÍNEA 2 DE TRITURACIÓN PARA EL MES DE JULIO	72
GRAFICA 5. 20 HORAS DE PARADA LÍNEA 2 DE TRITURACIÓN PARA EL MES DE AGOSTO..	73
GRAFICA 5. 21. DISPONIBILIDAD FÍSICA PLANTA DE TRITURACIÓN, LÍNEA 2.....	74
GRAFICA 5. 22. TIEMPO DE LLENADO DE LAS TOLVAS DE PRODUCTO TERMINADO	80
GRAFICA 5. 23 TIEMPO DE LLENADO DE PIEDRA N° 1.....	81
GRAFICA 5. 24 TIEMPO DE LLENADO DE ARROCILLO	81
GRAFICA 5. 25 TIEMPO DE LLENADO DE ARROCILLO	82
GRAFICA 5. 26 HISTÓRICO DE PRECIPITACIONES PARA LOS MESES DE JUNIO, JULIO Y AGOSTO	83
GRAFICA 5. 27 . PRESENCIA DE FINOS Y HUMEDAD EN RELACIÓN CON EL TIEMPO DE LLENADO DE LAS TOLVAS DE DESCARGA	84
GRAFICA 5. 28 VOLUMEN POR HORA	87

GRAFICA 5. 29 COMPARACIÓN DE METODOLOGÍAS DE CUANTIFICACIÓN DE PRODUCTO

TERMINADO 89

NOMENCLATURA, ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

Abreviaturas y símbolos	Significado
M	Metros
Km	Kilómetros
m^3	Metros cúbicos
m^2	Metros cuadrados
S	Segundos
H	Horas
T	Toneladas
Kg	Kilogramos
RPM	Revoluciones por minutos
m/s	Metros por segundos
km/h	Kilómetros por hora
t/m^3	Toneladas por metros cúbicos
t/h	Toneladas por hora

INTRODUCCIÓN

En este trabajo, se plasman los resultados obtenidos en minería de campo la cual se realizó en Canteras Cura C.A, esta empresa adscrita al Ministerio del Poder Popular para las Industrias Básicas, Estratégicas y Socialista, tiene como objetivo la extracción de roca serpentinita y piedra caliza, a fin de producir agregados finos y gruesos para la industria de la construcción.

Dentro de los linderos de Canteras Cura, afloran rocas metaígneas y metasedimentarias: serpentinita, caliza, esquistos, de las cuales se aprovechan la caliza y la serpentinita. Actualmente solo se encuentra activo el frente de explotación de la roca serpentinita, la cual es extraída a través de una explotación a cielo abierto, por medio de un conjunto de sistemas, procesos y máquinas que operan de una forma ordenada, repetitiva y rutinaria.

Este estudio técnico se enfoca en la realización de una metodología que sea capaz de orientar la forma de cuantificación la producción, en vista de que la empresa realiza las mediciones de una forma empírica, el cual le ha dado buenos resultados aunque esta no sea exacta, sin embargo puede ser corregido mediante de una metodología sistemática de cuantificación, para llegar a tal fin, es necesario un estudio detallado de los procesos de carga, acarreo y beneficio mineral, donde se puedan determinar los factores que afectan la producción y de esta forma proceder al cálculo que se aproxime a una mejor cuantificación de dicha producción.

El presente informe realizado a fin de dar continuidad a la investigación ha sido estructurado de la siguiente manera: Capítulo I donde se describen las generalidades de la empresa Canteras Cura C.A, así como su misión, visión, además incluye todo lo referente al área de estudio como la identificación, localización y acceso; Capítulo II donde se muestran las generalidades de la investigación, la cual comprende el planteamiento del problema, los objetivos generales, los objetivos específicos, la justificación del proyecto así como sus limitaciones; Capítulo III que reseña teóricamente el problema de la investigación, centrándose en los procesos productivos de carga, acarreo y beneficio de mineral procedente del todo en uno del yacimiento de serpentinita, para la realización de una metodología de planificación a corto plazo. Capítulo IV donde se describen los métodos, técnicas y procedimientos que fueron empleados para el logro de los objetivos propuesto para la investigación; Capítulo V

aquí se presentan la forma en que se desarrollan y analizan los resultados de la investigación, donde se incluyen, distribución de los tiempos de acarreo, pistas de acarreo, maquinaria disponible, operatividad de la maquinaria, horas efectivas, flota necesaria, estatus de la maquinaria, disponibilidad mecánica de los equipos de carga, acarreo y beneficio, mantenimiento de los equipos, planta de trituración y separación, tolvas de descarga y por ultimo una comparación de la metodología propuesta con la implementada en la empresa; capítulo VI aquí se exponen las conclusiones de la investigación; Capitulo VII donde se reseñan las recomendaciones del estudio y por último el Capítulo VIII donde se presentan las bibliografías de la investigación.

CAPÍTULO I

GENARILADES DE LA EMPRESA

En el siguiente capítulo comprende las generalidades de la empresa Canteras Cura C.A, así como su misión, visión, además incluye todo lo referente al área de estudio como la identificación, localización y acceso.

1.1 Aspectos generales

González J. (Abril, 2014). La empresa Canteras Cura, C.A adscrita al Ministerio del Poder Popular para las Industrias Básicas y Estratégicas tiene como principal función la exploración, explotación y beneficio de minerales no metálicos para brindar productos de alta calidad que puedan satisfacer los requerimientos del estado Venezolano con productos confiables que se van a utilizar en las diferentes obras que se realizan en el campo de la construcción y las obras de gran envergadura como las del ferrocarril, el metro, la Gran Misión Vivienda Venezuela.

1.2 Misión y visión de la empresa

Gonzales J. (Abril, 2014). Garantizar el abastecimiento de materia prima para el apoyo de la construcción de viviendas y urbanismos a fin de atender las necesidades sociales de la población, visto el deber del estado venezolano de proporcionar mejor calidad de vida y asegurar el derecho constitucional a la vivienda de los ciudadanos.

Somos una empresa orientada hacia una concepción estratégica destinada a la consolidación de la explotación, producción y transformación de productos obtenidos de las minas de roca caliza y serpentinitas, coadyuvando en el desarrollo de proyectos de la República Bolivariana de Venezuela con una visión de empresa socialista de producción.

1.3 Identificación, localización y acceso del área de estudio

Gonzales J. (Abril, 2014). Canteras Cura, se encuentra ubicada en la República Bolivariana de Venezuela; en el Estado Carabobo, específicamente en la población de San Joaquín, posee una ubicación geográfica estratégica, su acceso se hace recorriendo la Autopista Regional del Centro a nivel del peaje San Joaquín, o por la carretera Mariara-San Joaquín hasta llegar a la hacienda Cura.

Geográficamente, la zona está ubicada en el centro-norte del país, en la cual, la cordillera de la costa se divide en dos serranías con orientación este-oeste, la serranía del litoral en su mitad septentrional y la serranía del interior en la meridional

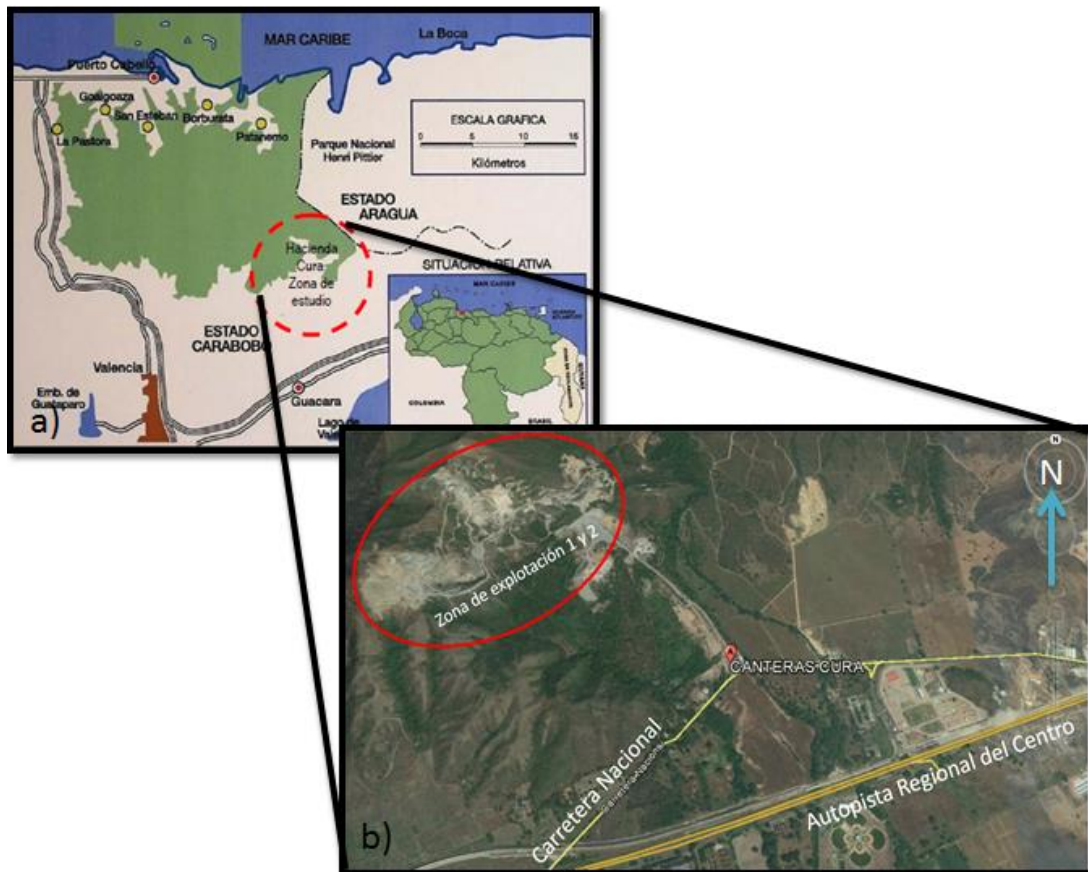


Figura 1. 1 a) Ubicación geográfica y Situación relativa de Cantera Cura (Fuente: Cartografía Nacional, 2005. Plan de explotación 2014). b) Imagen Satelital de Cantera Cura (Fuente: Google Earth, 2015)

1.4 Breve reseña histórica

Gonzales J. (Abril, 2014). CANTERAS CURA, C.A fue fundada el 31 de julio de 1968. La organización en el momento de su fundación contaba con un personal de tres (3) empleados y veinte (20) obreros.

El objetivo de la empresa en ese entonces era abastecer el mercado de la región central principalmente en las empresas constructoras. Contaba con 2 áreas de explotación activas formadas por roca caliza y serpentinita respectivamente, para producir balasto (obtenido a partir sólo de la serpentinita), piedra No. 1, arrocillo y polvillo. Así mismo la empresa lleva la producción de arena lavada, que sirve para la mezcla de los diferentes derivados en la industria de la construcción.

Para ese momento, la estructura de la organización de la empresa en la parte administrativa estaba conformada de la siguiente manera: Departamento de Administración y Contabilidad Departamento de Contraloría, Recursos Humanos, Departamento de seguridad y un Departamento de Informática, por otro lado está el Departamento de Ventas, con una sección de despacho y distribución de productos terminados, también posee un departamento de compras, que a su vez tiene el departamento de almacén de materiales y repuestos. Consta de dos (2) departamentos de producción, el departamento de explotación de arena, el cual se encarga del lavado de la misma para producir arena de alta calidad según los requerimientos del mismo.

En la actualidad la empresa CANTERAS CURA, C.A fue adquirida por el Gobierno Bolivariano de Venezuela a partir del año 2009, y se emerge dentro de las especificaciones establecidas en la resolución publicada en la Gaceta oficial 38.691, donde se manifiesta que el estado venezolano posee la imperiosa necesidad de contar con fuentes seguras de materia prima en el área de la construcción.

1.5 Superficie, área de trabajo y relieve

Gonzales J. (Abril, 2014). El relieve se presenta en dos marcados tipos, uno ubicado al norte como son estribaciones de la cordillera del litoral, donde se encuentran sus principales alturas como son: la zona norte del depósito de serpentinita, y un poco más al noreste el yacimiento de caliza.

Estas estribaciones descienden a medida que se proyectan hacia el sur y dan paso al otro tipo que son los valles donde se asienta las instalaciones industriales de la cantera, próximos al borde del Lago de Valencia.

De la superficie total de Cantera Cura (660) hectáreas, el área de extracción de la cantera se reduce aproximadamente a ochenta y tres (83.6) hectáreas, en el extremo occidental de la propiedad, donde se desarrolla la topografía más elevada, alcanzando una altura máxima de +755 metros (s.n.m).

Desde la altura máxima en el extremo occidental (+755 m) el terreno disminuye su altura hacia el sureste; bruscamente en los primeros 100 metros, por el desarrollo del frente de explotación y luego algo más suave hasta el extremo oriental de la propiedad, hasta alcanzar la cota+530 metros (s.n.m).

1.6 Aspectos físico-naturales

1.6.1 Clima

Según INAMEH la temperatura media anual es de 25 °C y la lluviosidad de 1.150 m/m promedio anual, con marcada diferenciación entre los períodos de lluviosidad y de sequía.

A continuación se presentan estadísticos de precipitaciones en la estación Valencia GFV (0461)-(CA), la cual se puede observar en la figura 1.3 y las temperaturas y humedades relativas máximas y mínimas medias en la estación Samán Mocho (0450)-(CA), mostrada en la figura 1.4, los cuales fueron tomados del portal Web del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH).

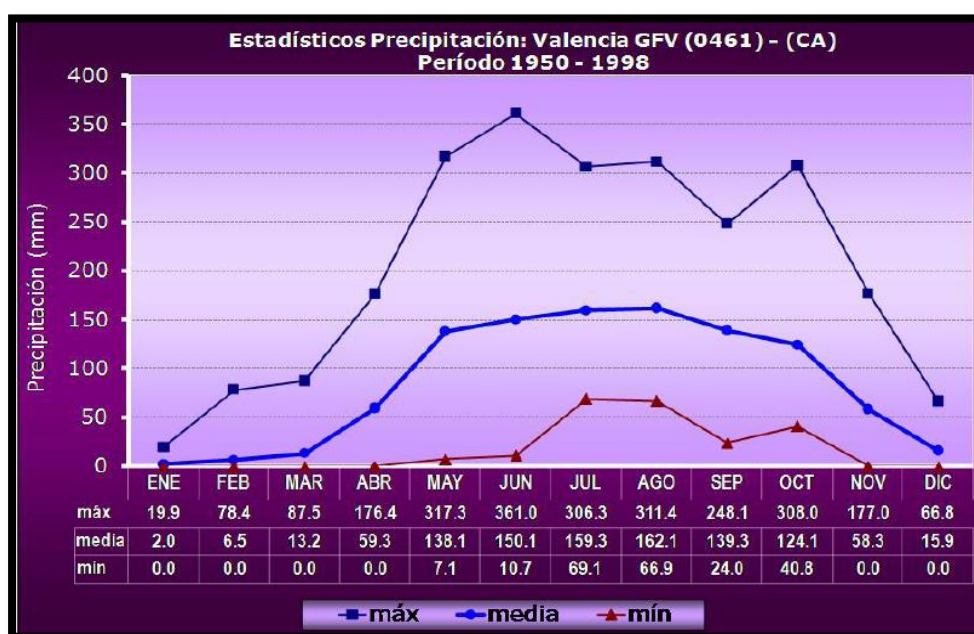


Figura 1. 2 Estadísticos Precipitación (Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH))

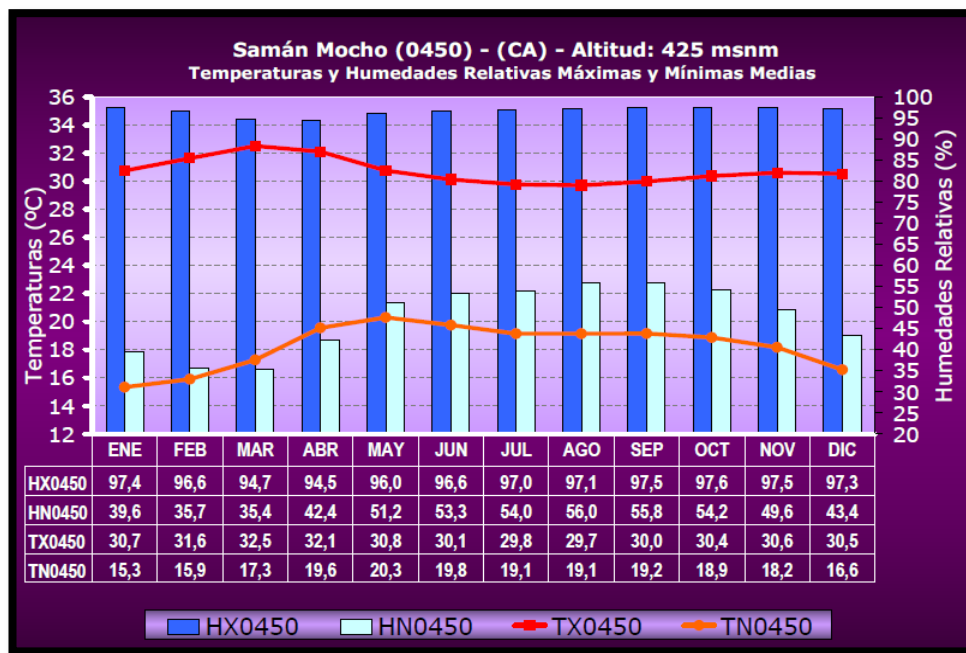


Figura 1. 3 Temperaturas y Humedades Relativas Máximas y Mínimas Medias

(Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH)).

1.6.2 Agua

Gonzales J. (Abril, 2014). Todos los cursos de agua, ríos y riachuelos que corren por la cantera son afluentes de los ríos Cura y Ereigue.

La ciudad de San Joaquín está atravesada por las quebradas Agua Clara y Arenal. Todos estos cursos son afluentes directa o indirectamente del lago de Valencia.

1.6.3 Suelos

Gonzales J. (Abril, 2014). En esta cantera, y frecuentemente en el municipio San Joaquín, predominan dos tipos de suelos: entisols de poca evolución, con una mediana o baja acumulación orgánica y apta para las labores agrícolas y los inceptosols, de abundante reserva mineral que se mantienen húmedos por las precipitaciones; se localizan básicamente en la zona norte de la cantera y zonas aledañas al norte del municipio.

1.6.4 Vegetación

Gonzales J. (Abril, 2014). El sector norte de la cantera; presenta por su altura sobre el nivel en arbustos y lianas, debido a predomina el cedro, saquisaqui, apamate, mijao y pardillo.

Con respecto a la vegetación en las tierras bajas, que literalmente bordean el lago de Valencia, ha sido prácticamente intervenida por el proceso de urbanismo residencial e industrial operado en la zona, además de las labores la alta lluviosidad; es la vegetación de selvas pluviales, donde agrícolas que aún se desarrollan.

En todo caso las muestras o testigos que sobreviven revelan la existencia de especies herbáceas y arbóreas como el jobo, bucare, samán, indio desnudo, camo-ruco, mamón y cedro. Igualmente se encuentran arbustos en las zonas montañosas, laderas, planas y de vegas, en este grupo encontramos: flor Amarilla, alcornoque, roble, chupario, fruta de burro, cují, dividive, entre otros. También se encuentra una gran variedad de árboles frutales tales como: el mango, naranja, ciruela, aguacate; Entre las herbáceas encontramos: picapica, borrajón, granadilla, cunde amor y el mastranto.

1.6.5 Fauna

Gonzales J. (Abril, 2014). Existe gran variedad de especies presente en la zona norte de la cantera, pudiéndose nombrar entre las terrestres el baquiro, venado, cachicamo, acures, ardillas monos, conejos de sabana, reptiles tales como la macaurel, mapanare y coral. En lo que respecta a la avifauna destacan: pericos, loros, torditos, pájaros de diversas especies, guacharaca y perdices.

1.7 Diseño y tipo de explotación

Gonzales J. (Abril, 2014). El método minero empleado en Canteras Cura se ha venido desarrollando como una explotación a cielo abierto del yacimiento por medio de un conjunto de sistemas, procesos y máquinas que operan de una forma ordenada, repetitiva y rutinaria.

Fases de explotación: El método de explotación a seguir será una combinación del método de canteras (Quarry) y el método de cielo abierto (Open Pit). El método de canteras consiste en la explotación para la extracción de menas no metálicas, a través de

una explotación en secuencia de bancos, que se van abriendo progresivamente antes de que el o los bancos anteriores hayan cerrado.

Este método es utilizado debido a que en el área activa de extracción hay poco recubrimiento de estéril y prácticamente toda la roca es mineral útil para la elaboración de cemento. El método “open pit” es un método convencional de minería por banqueo descendente (fosa) que consiste en la elaboración de bancos sucesivos más o menos circulares; cada uno de los cuales tiene un diámetro menor que el inmediatamente superior, construyendo una especie de tajo circular o arco de círculo.

Es utilizado, debido a su profundidad y porque esencialmente es una explotación tridimensional con un cierto número de bancos descendentes, donde no se requieren mayores tecnologías de planificación, diseño, operación, etc.

La empresa para el año 2014 cuenta con unas metas de producción anual de 1.320.000 toneladas en total de serpentinita y caliza, distribuido de la siguiente forma: 792.000 toneladas de serpentinita, (Spt-serpentinita). Arranque indirecto (voladuras). 528.000 toneladas de calizas, (Em-mármol). Arranque indirecto (voladuras) y 300.000 toneladas de esquisto, (Emc-esquisto-calcareo-cuarzomuscovitico-grafitoso). Arranque directo (palas cargadoras).

1.8 Organigrama de la empresa año 2016

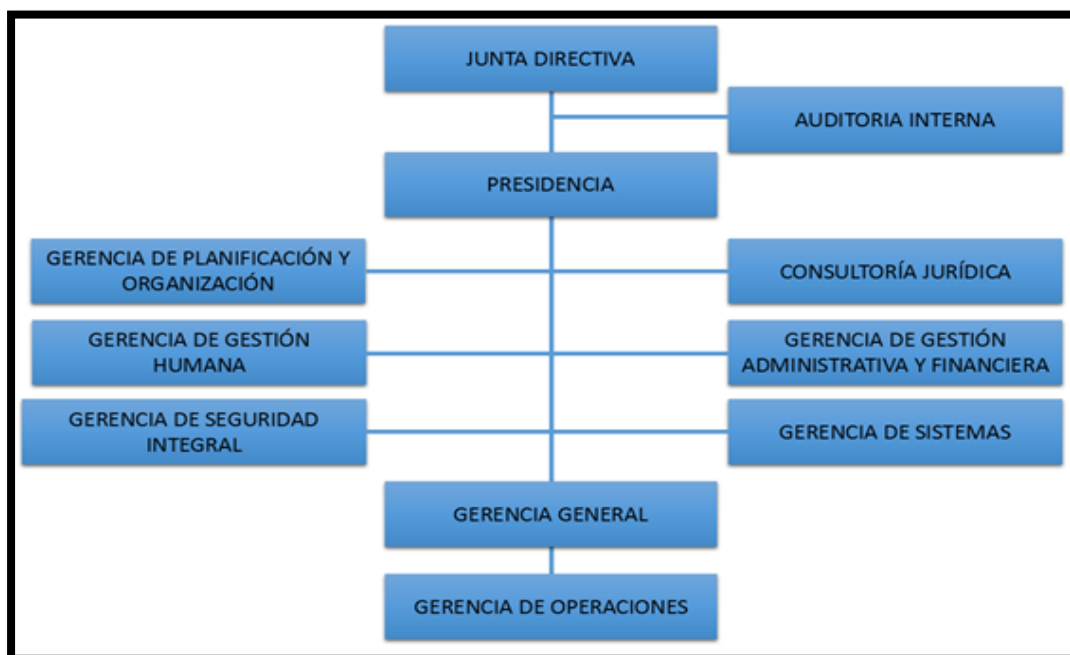


Figura 1. 4 Organigrama de Cantera Curas C.A.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES DE LA INVESTIGACIÓN

En este capítulo encontramos las generalidades de la investigación la cual comprende el planteamiento del problema, los objetivos generales, los objetivos específicos, la justificación del proyecto así como sus limitaciones

2.1 Planteamiento del problema

El desarrollo de forma empírica y no planificado en los procesos operativos de Canteras Cura, C.A, ha incidido de manera importante en la confiabilidad de la producción, afectando de manera directa la disponibilidad del producto terminado, debido a lo cual, es necesario implementar una metodología que permita disminuir el grado de incertidumbre, empleando indicadores propios ajustados a la realidad de la empresa, y así, poder cumplir una meta de producción establecida que se ajuste a la disponibilidad mecánica de los equipos, diseño de las vías y planta de trituración y clasificación con el fin de obtener un mayor beneficio tanto mineral como económico.

2.2 Objetivos de la investigación

2.2.1 Objetivo General

Diagnosticar los factores que afectan la producción de roca serpentinita de la E.P.S Canteras Cura C.A, adscrita al Ministerio del Poder Popular para las Industrias Básicas, Estratégicas y Socialista, con la finalidad de cuantificar el producto terminado.

2.2.2 Objetivos Específicos

- Identificar los factores que generan pérdidas en producción
- Evaluar la disponibilidad física de los equipos de carga, acarreo y beneficio mineral para determinar su relación con la producción
- Describir el proceso de la planta de trituración y clasificación
- Establecer una metodología de cuantificación de producto terminado.
- Comparar la metodología empleada por la empresa, con la propuesta en el presente informe con el fin de determinar el grado de incertidumbre

2.3 Justificación del proyecto

La explotación de los minerales no metálicos son de vital importancia para la nación, debido a los grandes proyectos que impulsa el Gobierno Bolivariano de Venezuela en

materia habitacional y de transporte, por este motivo Canteras Curas representa un punto estratégico debido a la magnitud de sus reservas, la finalidad de un proyecto minero es lograr un producto el cual pueda ser vendido, de forma tal que pueda cubrir los gastos de las operaciones y generar una ganancia, ahora bien esta empresa no cuenta con una metodología técnica de cuantificación del producto terminado, los cuales son: piedra N°1, arrocillo, polvillo y balasto, generando un alto grado de incertidumbre en la cuantificación de la producción y esto repercute directamente en las ganancias de Canteras Cura C.A.

2.4 Alcances para la empresa

El presente trabajo de investigación le permitirá a la empresa cuantificar el producto terminado y conocer los parámetros que influyen en éste, permitiendo sincerar la producción y un mayor control en las operaciones mineras.

2.5 Limitaciones de la investigación

Entre de las limitaciones encontradas para el desarrollo de esta investigación se encontró que no podrá ser realizado un estudio de las pérdidas monetarias generadas por el error calculado en la cuantificación del producto terminado.

CAPÍTULO III

3. MARCO TEÓRICO

En este capítulo, se delimitará teóricamente el problema de investigación, centrando la investigación en los procesos productivos de carga, acarreo y beneficio de mineral procedente del todo en uno del yacimiento de serpentinita, para la realización de una metodología de planificación a corto plazo.

3.1 Geología del depósito

3.1.1 Geología regional

Geográficamente, la zona está ubicada en el centro-norte del país, en la cual, la cordillera de la costa se divide en dos serranías con orientación este-oeste, la Serranía del Litoral en su mitad septentrional y la Serranía del Interior en la meridional.

Ambas se encuentran por una serie de valles intramontañosos controlados principalmente por el sistema de fallas de La Victoria.

En la parte costera de la Serranía del Litoral, se ubican unidades litológicas compuestas de rocas ígneas y sedimentarias con metamorfismo de alta P y baja T, configurando las Napas de la Serranía del Litoral.

Las características más resaltantes de las asociaciones litológicas presentes, se resumen formalmente de la siguiente manera:

a) **Formación Las Mercedes:**

De edad Mesozoico (Jurásico - Cretácico), descrita originalmente por Aguerrevere y Zuloaga (1.937), bajo el nombre de “Esquistos de Las Mercedes”, la cual abarcaba una secuencia monótona de esquistos comúnmente grafitosos y calizas lenticulares delgadas. Posteriormente los mismos autores (1.938) le asignaron rango formacional y designaron una caliza oscura en la parte superior de la formación con el nombre de “Caliza de Los Colorados”.

Según Werman (1.972), la litología predominante consiste en esquistos grafitosos calcáreos con intercalaciones de mármoles grafitosos en forma de lentes y en menor escala se encuentran esquistos y filitas cloríticas y esquistos cuarzo-micáceos-cloríticos.

El mármol intercalado con esquistos se presenta en capas delgadas usualmente centimétricas a disimétricas, son de color gris azulado, cuya mineralogía es casi en su totalidad calcita, escasa dolomita y cantidades accesorias de cuarzo, muscovita, grafito, pirita y óxidos de hierro.

Urbani et al. (1989-a) cartografían dos subunidades en la zona de Valencia - Mariara, estado Carabobo. La mayoritaria de esquistos calcíticos - grafitosos y mármol, con una asociación mineralógica de cuarzo, calcita, muscovita, albita, grafito, clorita y epidoto. Todas estas rocas corresponden a un metamorfismo de bajo grado en la facies de los esquistos verdes, zona de la clorita.

Talukdar y Loureiro (1982) sugieren un ambiente euxínico en una cuenca externa a un arco volcánico, donde la estructura finamente laminada de la caliza, indica la sedimentación en un ambiente pelágico.

Navarro et al. (1988) interpretan que esta Formación se formó en un ambiente de facies pelágicas de sedimentación oceánica en las cuencas del Caribe y de Altamira. Los escasos restos de fósiles hallados indican ambientes más someros, pero es probable que sean retrabajados y hayan sido acarreados a los ambientes pelágicos por corrientes de turbidez.

b) Esquisto de San Julián:

De edad Pre-Mesozoico, descrito por Urbani y Ostos (1989), los cuales proponen volver al nombre original propuesto por Aguerrevere y Zuloaga (1937) de Augengneis de Peña de Mora para referirse únicamente a los cuerpos dispersos de augengneises y gneises de grano grueso, mientras que proponen el nombre de Esquisto de San Julián para incluir las litologías esquistosas y gnéisicas que los circundan.

Las rocas preponderantes son el esquisto y gneis cuarzo - plagioclásico - micáceo, frecuentemente se nota una rápida gradación desde una textura esquistosa haciéndose la granulometría más gruesa hasta que pasa a rocas de carácter gnéisico (Urbani y Ostos, 1989).

Las litologías minoritarias (menos del 5%) son mármol, cuarcita y diversos tipos de rocas metaígneas mayoritariamente máficas (como anfibolita, gabro, diorita, tonalita y granodiorita).

El esquisto es de color gris a gris oscuro con tonalidades verde, meteoriza a tonos pardos, usualmente se presenta muy bien foliado. A escala centimétrica o plurimétrica pueden encontrarse niveles alternos de esquisto y/o gneis con proporciones variables de los minerales esenciales y accesorios, adquiriendo características diferentes en cuanto a color y desarrollo de foliación.

El gneis siempre tiene colores más claros que los esquistos, ya que su textura se debe fundamentalmente a la mayor proporción de feldespatos y menor de filosilicatos.

Una característica resaltante de ciertos sectores donde aflora el esquisto cuarzo - plagioclásico - micáceo, es que la plagioclasa (albita - oligoclasa) se desarrolla marcadamente porfidoblástica, y cuando su concentración es alta puede enmascarar a la foliación, impartándole a la roca un aspecto moteado.

Buenos ejemplos de esto pueden verse en la cuenca del río Chichiriviche, D.F. y en la quebrada Vallecito, Carabobo.

Por formar parte del Complejo Ávila que constituye el núcleo de la Cordillera de la Costa, siempre aflora en zonas de topografía muy abrupta y con grandes pendientes. En muchos casos los contactos son de fallas de ángulo alto con unidades adyacentes.

La Serranía del Litoral se encuentra limitada al norte por el sistema de fallas del Caribe y al sur por la falla de La Victoria, ambas longitudinales regionales y con rumbo aproximado este-oeste, reconociéndose además tres sistemas de fallas:

- a) Fallas longitudinales con rumbos aproximados este-oeste
- b) Fallas transversales inversas, con rumbo aproximado N40°W
- c) Fallas menores trasversales que desplazan a las anteriores en forma escalonada.

Estudios realizados por Mattson (1980), deduce que en la zona las rocas han sufrido por lo menos cuatro tipos de deformaciones. La primera y segunda deformación es de tipo dúctil pero intensa (D1 y D2) que originó la asociación minera lógica metamórfica que formó la foliación regional, los pliegues isoclinales y la segunda generación de pliegues generalmente simétricos.

La tercera deformación (D3) de tipo frágil, siendo el resultado de un fenómeno de subducción hacia el sur en el Cretácico tardío a Paleoceno y la causante de los pliegues kink-bands.

La cuarta deformación (D4), también de tipo frágil correlacionable a un deslizamiento de gravedad hacia el sur, de edad Eoceno tardío a Post-Eoceno, que causó el arqueamiento y levantamiento de la Cordillera de la Costa, los cuales continúan hasta nuestros días, corroborado por datos sísmicos recientes.

3.1.2 Geología local

En el área de la cantera Cura, afloran rocas metaígneas y metasedimentarias, las cuales en base a características litológicas, mineralógicas, texturales, geográficas y de campo, han sido separadas en cuatro (4) unidades, que se describen a continuación:

Esquisto calcáreo – cuarzo – muscovítico - grafitoso (Emc):

Están ubicados en la zona sur y zona central de la cantera y abarca aproximadamente el 59% del área total.

Se presentan con foliación bien definida y frecuentemente plegada, de colores frescos pardo claro y pardo grisáceo, dependiendo del contenido de grafito, meteorizando a pardo rojizo y pardo amarillento.

Presentan numerables vetas y budines de calcita y cuarzo, paralelas a la foliación, en ocasiones plegadas.

Los contactos son de falla con la unidad de serpentina y la unidad de esquistos cuarzo – feldespático – biotítico – granatífero (esquistos no calcáreos) y en las zonas de topografía baja están en contacto con aluviones y coluvines.

Serpentinita (Spt):

Se encuentra ubicado en la zona sur de la cantera, al norte de la fila San Joaquín, abarcando aproximadamente el 17% del área total. Está en contacto abrupto de falla con la unidad de esquistos calcáreos (Emc), disponiéndose como un cuerpo alargado en sentido este-oeste.

Las rocas son masivas y densas, de color verde oliva meteorizando a tonos oscuros como pardo verdoso oscuro, compuestas fundamentalmente por minerales del grupo de la serpentina, provenientes del metamorfismo de rocas ultramáficas. Se aprecia mineralización de variedades asbestiformes o variedades fibrosas de la serpentina como la picrolita o el crisotilo.

No presenta foliación, sin embargo es concordante con las rocas circundantes, siguiendo el rumbo y el buzamiento de la foliación.

Mármol (Em):

La unidad de mármoles aflora al norte de la cantera, al sur de Cerro del Diablo, ocupando aproximadamente el 7% del área total.

Se destaca como un gran lente asimétrico, con espesores que van desde 20 – 80 metros de espesor, conformando además un control geomorfológico por los altos topográficos debido a su gran densidad y resistencia a los agentes meteóricos.

Son rocas metasedimentarias carbonáticas, masivas y densas, de color fresco gris azulado a gris claro, meteorizando a gris medio. Presenta vetas de calcita y cuarzo, rellenando en ocasiones las diaclasas.

De igual forma, se observa capas de caliche, entre 5 – 15 cm de espesor, producto de la disolución y precipitación de los carbonatos.

Los contactos son concordantes y de falla con la unidad de esquistos no calcáreos (Ea) y en las zonas de topografía baja el contacto es con los aluviones.

Esquisto cuarzo – muscovítico - clorítico (Ea):

La unidad está expuesta al norte de cantera en el Cerro del Diablo, al norte de la fila San Joaquín, ocupando aproximadamente el 17% del área total.

Está conformada por rocas esquistosas e inclusive filíticas, exponiendo claramente la mineralogía de los filosilicatos, suave al tacto, de color fresco gris claro, con cierto grado de plegamiento.

Está en contacto de falla con la unidad de mármoles (Em), pudiendo presentarse abrupto y concordante, inclusive, se puede apreciar el contacto transicional y concordante con la unidad de esquistos calcáreos (Emc).

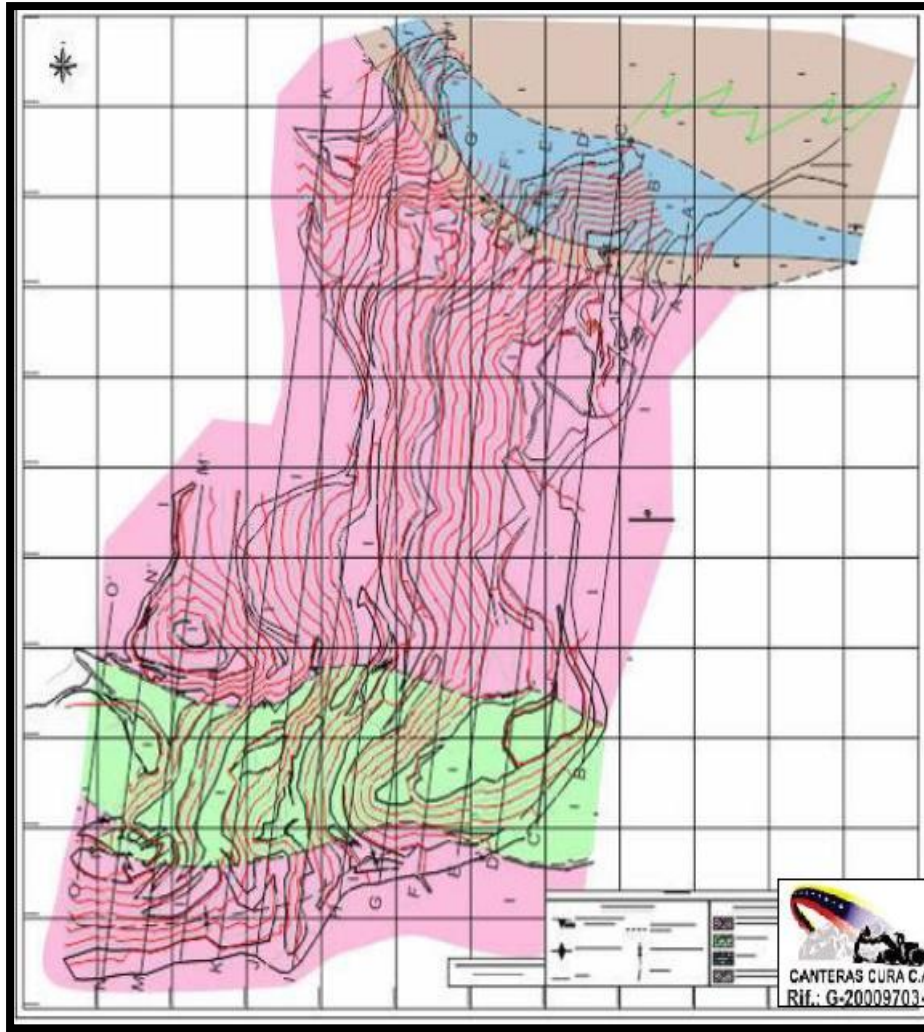


Figura 3. 1 Geología Local. Fuente: Levantamiento Geológico, Constructora INGE C.A. 2013. Informe de plan de explotación Canteras Curas C.A, año 2014.

Leyenda:

	Spt Serpentinita
	Emc Esquisto-calcáreo-cuarzo-muscovítico-grafitoso
	Emc Esquisto-cuarzo-moscovítico-clorítico.
	Em Mármol

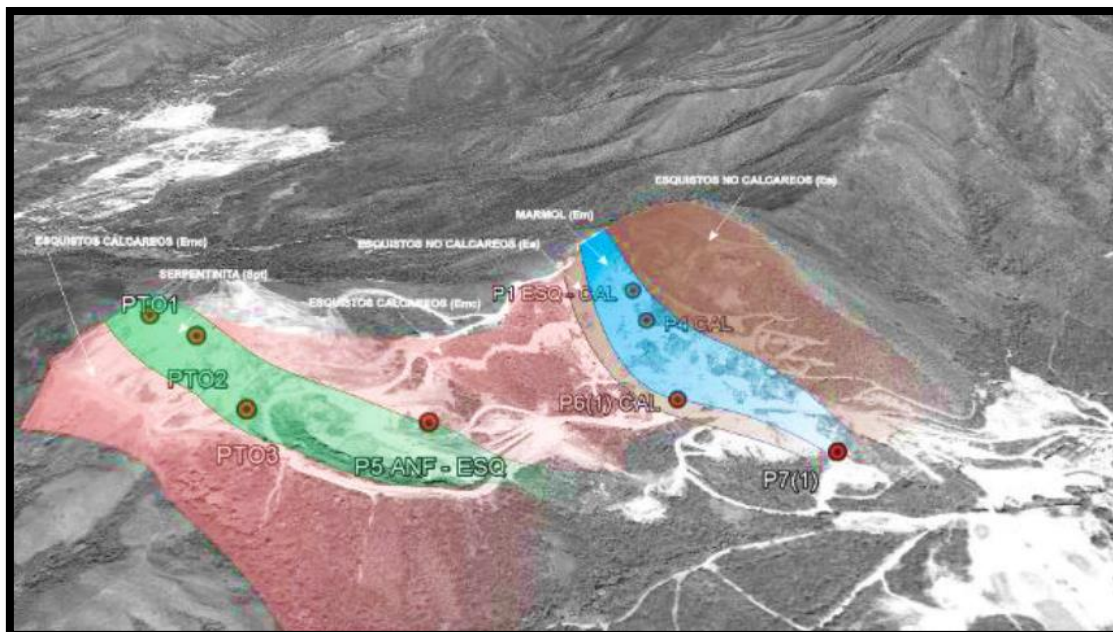


Figura 3. 2 Perspectiva de la cantera Cura y la ubicación de los diferentes litotipos: serpentinita (Verde), mármol (Azul), esquistos calcáreos – cuarzo – muscovíticos – grafitosos (Rosado) y esquistos no calcáreos – cuarzo – muscovíticos – cloríticos (Marrón). Fuente: Plan de explotación Canteras Cura C.A 2014, Levantamiento Geológico, Constructora INGE C.A. 2013.

3.2 Método minero y sistema de explotación, canteras.

Canteras, según Herrera J. (2006), es el término genérico que se utiliza para referirse a las explotaciones de rocas industriales, ornamentales y de materiales de construcción. Constituyen, con mucho, el sector más importante en cuanto a número, ya que desde muy antiguo se han venido explotando para la extracción y abastecimiento de materias primas con uso final en la construcción y en obras de infraestructura.

Antiguamente, debido al valor relativamente pequeño que tenían los materiales extraídos, las canteras se situaban muy cercanas a los centros de consumo y poseían unas dimensiones generalmente reducidas.

En líneas generales, el método de explotación aplicado suele ser el de banqueo, con uno o varios niveles, situándose un gran número de canteas a media ladera.

Las canteras pueden subdividirse en dos grupos:

- El primero, donde se desea obtener un todo-uno fragmentado apto para alimentar a las plantas de tratamiento y obtener un producto destinado a la construcción en forma de árido, a la fabricación de cementos, a la fabricación de

cementos, a la fabricación de productos industriales, etc. En este tipo de explotación se dan canteras donde la extracción no es cuidadosa y se dan grandes alturas de banco.

- El segundo, dedicado a la explotación cuidadosa de grandes bloques paralelepípedicos, que posteriormente se cortan y elaboran. Estas explotaciones se caracterizan por el gran número de bancos que se abren para arrancar los bloques y la maquinaria especial con la que se obtienen planos de corte limpios.

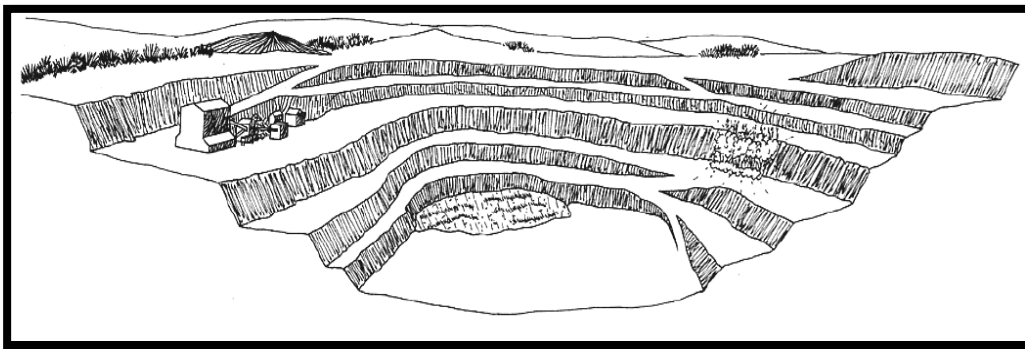


Figura 3. 3 Explotación de canteras de áridos. Fuente: Herrera J. (2006)

3.5 Potencia necesaria en las maquinarias

Cruzat A. (2008) expresa que la potencia es energía en acción, o la capacidad de ejecutar trabajar a una velocidad determinada. Se requiere potencia para empujar o llevar una carga.

Potencia necesaria: se relaciona directamente con el trabajo que se va a efectuar: cargar bolones, empujar material con una tractor, etc.

Potencia disponible: es la suministrada por la máquina para ejecutar cierta cantidad de trabajo.

Potencia utilizable: es la potencia disponible, considerando las restricciones impuestas por las condiciones del trabajo.

3.5.1 Factores que determinan la potencia necesaria

Resistencia al rodado (RR): es la fuerza que opone el terreno al giro de las ruedas. El vehículo no se moverá mientras no se venza esta fuerza. Esta resistencia se mide en

kilogramos y la fuerza necesaria para vencerla se expresa en kilogramos de tracción. Muchos factores determinan la resistencia al rodado. Los más importantes son los que se pueden observar en la fig. 3.

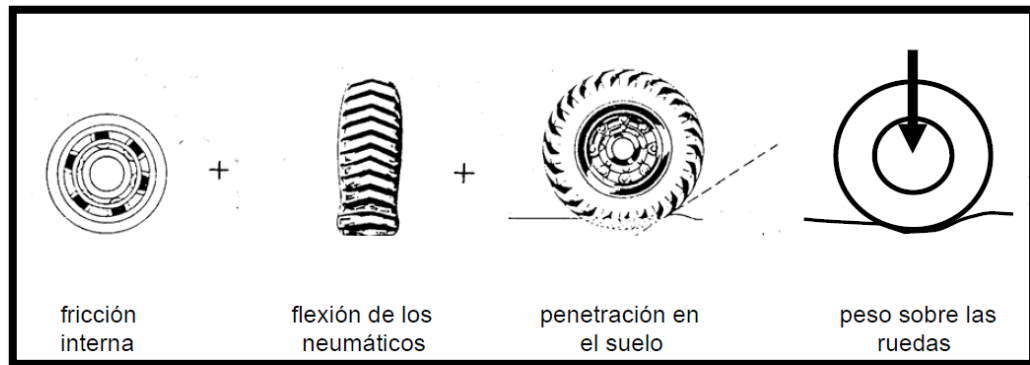


Figura 3. 4 Factores que determinan la potencia necesaria Fuente: Cruzat A. (2008)

Ejercen también considerable efecto la presión y diseño de los neumáticos. Sin embargo, en una máquina bien cuidada estos factores tienen poca influencia y sus efectos pueden considerarse como una constante, junto con la fricción interna y la flexión de los neumáticos.

Mediante pruebas y ensayos, se ha formulado una regla empírica para calcular el efecto de estas constantes (fricción interna, flexión de los neumáticos, etc.). Este efecto, expresado en kilogramos de fuerza de tracción, constituye aproximadamente el 2% del peso bruto del vehículo.

Esto significa que se requieren 20 kg de empuje o tiro para mover cada tonelada de peso sobre las ruedas. Este valor es el "factor" de resistencia al rodado en un vehículo con ruedas que marcha por un camino duro, parejo y a nivel, tal como una carretera de hormigón.

Para cálculos más complejos, la RR de los vehículos con ruedas se expresa como:

Ecuación 1

$$RR = \text{Peso sobre las ruedas (toneladas metricas)} \times \text{Factor } RR \left(\frac{kg}{t} \right)$$

Resistencia en las pendientes (RP): Debida a la fuerza de gravedad que actúa sobre el vehículo, la inclinación del terreno ofrece resistencia al movimiento de la maquina en el ascenso. Esta resistencia se mide también en kilogramos. Al descender una pendiente, la fuerza de gravedad es favorable, y se denomina ayuda en pendientes.

Tabla 3. 1 Resistencia en las Pendientes Fuente: Bustillo y López (1997)

Cuesta arriba	Resistencia total = RR+RP
Terreno plano	Resistencia total = RR
Cuesta abajo	Resistencia total = RR-AP

Tanto la resistencia como la ayuda en las pendientes se calculan en la misma forma. Una regla empírica, basada en la experiencia, determina que por cada 1% de desnivel, se produce una fuerza adversa o favorable de 10 kilogramos por tonelada de peso del vehículo. Esto es adicional a la resistencia al rodado, y puede expresarse en la siguiente fórmula:

Ecuación 2

$$RP \text{ ó } AP = (\text{Peso total} + \text{Peso de carga}) \times (10\text{kg/t}) \times (\% \text{ de inclinación})$$

3.6 Tiempo o duración del ciclo

Cruzat A. (2008) expresa que el tiempo necesario, para el viaje de ida y vuelta, de una máquina de transporte de carga se denomina tiempo de ciclo.

En cualquier trabajo de remoción de tierra, las máquinas se adaptan a un ciclo de trabajo determinado. En este ciclo están incluidas las operaciones de carga, acarreo, descarga y retorno al lugar original, con algunas variaciones en ciertos casos.

El tiempo de ciclo es el que invierte una máquina para llevar a cabo todas estas operaciones. Las operaciones de carga, acarreo, descarga y retorno corresponden al ciclo de camión.

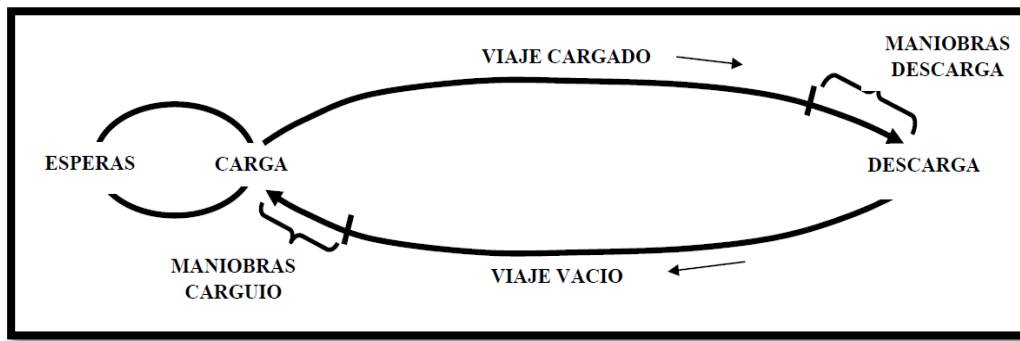


Figura 3. 5 Ciclo de carga, acarreo y descarga. Fuente: Cruzat A. 2008

El tiempo de ciclo consiste de dos partes que se denominan: tiempo fijo y tiempo variable

Tiempo Fijo: es el que invierte una máquina, durante el ciclo, en todo aquello que no sea acarreo y retorno. Incluye el tiempo para cargar, descargar y maniobrar en el curso del trabajo. Todos estos tiempos son más o menos constantes, sea cual sea la distancia a que se lleve o acarree el material.

El tiempo fijo se puede comprobar con papel, lápiz y un cronómetro, registrando el tiempo de los diversos eventos

Tiempo Variable: es el que se necesita para el acarreo o, en otras palabras, el tiempo invertido en el camino acarreando el material y regresando vacío, y varía con la distancia hasta la zona de vaciado y la velocidad de los camiones.

El tiempo total de un ciclo determina el número de viajes por hora, y es evidente que el ingeniero desea obtener el mayor número posible de viajes por hora. Esto significa que debe reducir y mantener al mínimo el tiempo del ciclo. Existen ciertas normas para conseguir la disminución del tiempo en los ciclos. Estas normas son de sentido común.

3.7 Producción

Bustillo y López, 1997. El número de viajes por hora y de metros cúbicos por viaje determinan la producción de un equipo de remoción de tierra, con el objetivo principal de mover grandes cantidades de material al costo más bajo posible.

Dado que los hombres y las maquinas no trabajan 60 minutos en cada hora, se debe aplicar un coeficiente de eficiencia en los cálculos de producción.

Una vez que se establezca la duración del ciclo, calculando el tiempo fijo y el tiempo variable, se puede determinar el número de viajes por hora con la siguiente formula:

Ecuación 3

$$\text{Ciclos por hora} = \frac{60 \text{ minutos}}{\text{Tiempo de ciclo en minutos}}$$

3.8 Maquinaria disponible

Para entender la maquinaria necesaria para cumplir con el ciclo productivo de Canteras Curas es necesaria la descripción del proceso, la cual se puede apreciar en la figura 5.4



Figura 3. 6 Proceso productivo Canteras Cura C.A

El proceso de extracción de material se lleva a cabo mediante una primera fase de perforación del banco utilizando una perforación hidráulica XCMG; Modelo KTS11S ver figura 5.5 utilizando tamaño de broca de 4,5”, luego se procede a la fragmentación de la roca mediante una voladura controlada.

3.9 Equipo de perforación



Figura 3. 7 Perforadora hidráulica XCMG

3.10 Equipos de empuje

Una vez se haya efectuado la fragmentación de la roca mediante la voladura, el equipo CAT D9T (ver especificaciones técnicas en la tabla 5.15) es utilizado para realizar el empuje del material hacia un nivel inferior.

Tractor de cadena CAT D9T

Tabla 3. 2 Especificaciones técnicas del equipo CAT D9T Fuente: Manual de Rendimiento CATERPILLAR, edición 37

Denominación de parámetros	Valor del parámetro
Modelo del motor	C18 ACERT
RPM del motor	1800
Altura (incluye toldo ROPS)	4,00 m
Altura (incluye cabina ROPS)	3,82 m
Longitud total (con hoja SU y desgarrador)	6,63 m
Longitud total (sin hoja y desgarrador)	4,91 m
Ancho de la hoja universal	4,65 m
Ancho de la hoja semiuniversal	4,31 m



Figura 3. 8 Tractor sobre orugas CAT D9T Fuente: por el autor, Canteras Curas C.A, 2016

3.11 Equipos de carga

La carga del material es efectuada una vez se tiene el material suelto (que fue empujado por el tractor sobre cadenas), esta se realiza mediante un equipo DOOSAN y uno CATERPILLAR

3.12 Equipos de acarreo

El transporte del material desde la zona de explotación, ubicada en el nivel 660 de coordenadas Este 633475,63 y Norte 1137356,04 del yacimiento de roca serpentinita hasta la planta de trituración y separación de coordenadas Este 634247,06 y Norte 1138057,14

➤ XCMG FKY30

Tabla 3. 3 Especificaciones técnicas del equipo XCMG FKY30 Fuente: Manual de mantenimiento FKY30

Denominación de parámetros	Valor del parámetro
Motor	CumminsQsM11-335
Largo	9916 mm
Ancho	2950 mm
Alto (carga vacía)	3750 mm
Distancia entre ruedas	23000 mm
Distancia entre ejes	4359 mm 1700 mm
Radio de giro	8500
Masa kerb del vehículo	23500 kg

Peso de carga	28000 kg
Peso de carga máxima	51500 kg
Neumáticos	23.5R25 (sin neumático interno) (llanta 19.5/2.5-25)
Velocidad máxima	42 km/h



Figura 3. 9 Camión roquero XCMG

➤ CATERPILLAR 735

Tabla 3. 4 Especificaciones técnicas del equipo CAT 735 Fuente: Manual de Rendimiento
CATERPILLAR, edición 37

Denominación de parámetros	Valor de parámetros
Peso en orden de trabajo (vacío)	30.250 kg
Velocidad máxima cargado	58,3 km/h
Peso bruto de la maquina	62.950 kg
Capacidad máxima, no debe exceder la capacidad nominal del vehículo el cual es de 62.950 kg.	32,7 t
Capacidad al ras	14,7 m ³
Capacidad colmado	19,7 m ³
Modelo de motor	ACERT C15
Neumáticos	26.5R25 Radiales
Diámetro de espacio libre para girar	17,2 m
Altura, cabina inclusive	3,7 m
Distancia entre ejes	5,23 m
Longitud total	10,89 m
Altura de carga (vacío)	2,97 m
Ancho (operación)	3,35 m



Figura 3. 10 CAT 735

➤ **BELAZ-7540K**

Tabla 3. 5 Especificaciones técnicas del equipo BELAZ-7540K Fuente: Manual de camión volquete de cantera BELAZ-7540K

Denominación de parámetros	Valor del parámetro
Capacidad de carga	30000 kg
Capacidad geométrica (la carga en nivel de borde)	15,1 m ³
Capacidad nominal	19,2 m ³
Velocidad máxima de movimiento	50 km/h
Distancia entre las ruedas delanteras	2820 mm
Distancia entre las ruedas traseras	2400 mm
Radio de giro por el eje de la huella de la rueda delantera	8700 mm
Longitud	7410 mm
Anchura	4550 mm
Altura de la carga	3170 mm
Altura por la visera de la plataforma	3930 mm
Altura por la visera de la plataforma levantada	7170 mm
Neumáticos	Norma de capas- 32
Neumáticos: designación	18.000-25



Figura 3. 11 Camión roquero BELAZ

3.13 Equipos auxiliares

Estos equipos corresponden a los que no forman parte del ciclo productivo, estos se utilizan para el mantenimiento de las vías y el control de polvo en tiempo de sequía.

➤ Motoniveladora CAT 120H

Tabla 3. 6 . Especificaciones técnicas del equipo BELAZ-7540K Fuente: Manual de Rendimiento CATERPILLAR, edición 37

Denominación de parámetros	Valor del parámetro
Peso en orden de trabajo	11.358 kg
Modelo del motor	3116 DITA
RPM del motor	2000
Velocidad máxima de avance	42,6 km/h
Velocidad máxima de retroceso	33,7 km/h
Neumáticos estándar	13.00-24 (10 PR) (G-2)
Altura (incluyendo el ROPS)	3,11 m
Altura (sin techo)	2,91 m
Longitud total	8,14 m
Distancia entre ejes	5,87 m
Longitud de la hoja	3,66 m
Altura de la hoja	610 mm
Espesor de la hoja	22 mm



Figura 3. 12 Motoniveladora CAT 120H

➤ **Camión cisterna**



Figura 3. 13 Camión cisterna

3.14 Pistas y rampas

Las pistas son definidas por Bustillo y López, 1997 como los caminos por los cuales se realiza el transporte habitual de materiales dentro de la explotación, es decir, por los que circulan las unidades de acarreo. También existen rampas que se utilizan exclusivamente como acceso a los tajos de las maquinas que realizan el arranque y su servicio esporádico.

Ambas tienen distintos tratamiento y diseño, pues mientras que por las primeras la circulación puede ser continua en los dos sentidos y a marcha rápida, la utilización de las segundas es mínima y a velocidad mucho más lenta. En estas últimas, la pendiente debe recomendarse por razones de seguridad pues, aunque la lubricación de los mecanismos de las maquinas que van a circular por ellas permitan fuertes inclinaciones, en ningún caso debe sobrepasarse el 20%, sobre todo teniendo en cuenta que, en ocasiones, también circularan por ellas vehículos de mantenimiento y reparación. Con

relación a su anchura, esta debe superar, por lo menos, en dos metros el ancho de la vía de la unidad más ancha que vaya a circular por ellas.

Respecto a las pistas y rampas de transporte, en su diseño hay que considerar, en relación con las unidades de transporte que se utilicen, una serie de parámetros que, sin perder el ritmo de operación, las hagan seguras.

3.14.1 Las pistas en la planificación minera

El diseño de pistas es uno de los aspectos más importantes de la planificación minera. Debido a su efecto sobre todas las actividades que se desarrollan en las explotaciones, es necesario considerar las pistas dentro de la planificación en una etapa tan temprana como sea posible. Bustillo y López, 1997.

3.14.2 Categorías de los vehículos para el diseño de las pistas

Bustillo y López, 1997 establecen que el diseño de las pistas mineras, tanto desde el punto de vista geométrico como desde el estructural debe hacerse en función de las características de los volquetes que van a circular en la explotación. Para los tipos de volquetes existentes en el mercado, con una capacidad de carga superior a las 30 toneladas, dichas características son las siguientes:

- **Peso total en carga.** A partir de esta característica se pueden establecer cuatro categorías de vehículos (P1, P2, P3 y P4) en función del peso total en carga (tara + carga máxima).
- **Capacidad de carga.** Cada una de estas categorías comprende, aproximadamente, el 25 por 100 de los modelos existentes en el mercado. Precisamente, al ser más usual en explotaciones mineras la caracterización de un volquete por su capacidad de carga máxima, las anteriores categorías corresponderían a los valores indicados en la tabla 2
- **Distribución de cargas.** Para el dimensionamiento estructural, hay que tener en cuenta, además del peso total en carga, que los vehículos considerados son de dos ejes: un eje simple delantero con dos ruedas sencillas y un eje simple trasero con dos pares de ruedas gemelas (por tanto, un total de seis ruedas). La distribución de pesos entre los ejes, en todos los casos, muy similar, adoptándose los siguientes valores aproximados.

- En vacío, 48 por 100 sobre el eje delantero y 52 por 100 sobre el trasero.
- En carga, 33 por 100 sobre el eje delantero y 67 por 100 sobre el trasero.

Por tanto, la carga que transmiten los volquetes al firme se puede representar en función de las categorías establecidas

- Presiones de inflado. Por otro lado, hay que tener en cuenta las presiones nominales de inflado de los neumáticos, que dependen del tipo de los mismos.
- Presión de contacto y geometría de la huella. Para el dimensionamiento de los firmes, como presión de contacto se adopta, en función de la presión de inflado y de la rigidez del neumático, un valor uniforme de 0,62 Mpa
- Características geométricas. En cuanto al diseño geométrico de las pistas, es preciso conocer, para cada categoría de las establecidas, los valores correspondientes a la longitud, anchura y radio de giro de los volquetes. Se toman, como valores característicos, los mayores a cada categoría.
- Velocidades. Finalmente, también de interés para el diseño geométrico son las velocidades máximas que pueden desarrollar los volquetes y que varían entre los 40 y los 75 km/h. en principio, no es posible asignar una velocidad máxima característica para cada categoría. Sin embargo, esto no tiene mayor importancia, salvo excepciones, ya que el trazado va a imponer velocidades de recorrido sensiblemente menores incluso al valor de 40 km/h

Tabla 3. 7 Categorías de volquetes en función de la capacidad de carga Fuente: Bustillo y López, 1997

CATEGORÍA	CARGA MAXIMA
P1	30-45 T
P2	46-70 T
P3	71-100 T
P4	101-160 T

3.14.3 Anchura

La anchura de las pistas según Bustillo y López (1997) es función de las dimensiones de los volquetes, de manera que sea suficiente para que la operación de transporte se lleve

a cabo con continuidad y en condiciones de seguridad. En cuanto al número de carriles en que ha de subdividirse la anchura total, las pistas mineras son diseñadas, generalmente, con solo dos carriles, debido, por un lado, a la baja intensidad de tráfico y, por otro, a la escasa disponibilidad de espacio. Excepcionalmente, puede recurrirse a un solo carril con apartaderos. Sin embargo, los tramos exteriores de las pistas que conducen a los vertederos o a las machacadoras primarias suelen diseñarse con más de un carril en cada sentido.

En tramos y en función del número de carriles previsto, las anchuras mínimas recomendadas de las pistas son las que se indican en la tabla 3.8 para cada categoría de vehículo.

Tabla 3. 8 Anchuras mínimas recomendadas para pistas mineras Fuente: Bustillo y López (1997)

CATEGORIA	RADIO EXTERIOR (m)	NUMERO Y ANCHO DE CARRILES (m)			
		1	2	3	4
P1	10	12.5	22.5	33.0	43.0
	20	10.5	19	27.5	36.0
	30	9.5	17.0	24.5	32.0
	RECTA	9.0	15.5	22.5	29.0
P2	12	13.5	24.0	35.0	46.0
	25	11.5	20.5	29.5	38.5
	60	10.5	18.5	26.5	34.5
	RECTA	10.0	17.0	24.5	32.0
P3	14	16.0	29.0	42.0	54.5
	40	13.5	24.0	34.5	45.0
	80	13.0	22.5	32.5	42.0
	RECTA	12.0	21.5	30.5	39.5
P4	16	18.0	33.0	47.5	62.0
	50	15.5	27.5	39.5	51.0
	120	14.4	26.0	37.0	48.0
	RECTA	14.0	25.5	35.5	46.0

Una fórmula sencilla, que también se aplica con frecuencia en Estados Unidos, para dimensionar la anchura de las pistas es la siguiente:

Ecuación 4

$$A = a \times (0,5 + 1,5 \times n)$$

Donde

A = Anchura total de la pista

a = anchura del vehículo de mayores dimensiones (m)

n = Número de carriles.

Esto significa que, tanto a la izquierda como a la derecha de cada vehículo, debe dejarse una separación de seguridad equivalente a la mitad de la anchura de este.

3.14.4 Sobre ancho

Los sobreanchos se utilizan para servicios, seguridad y otros, y dependen del largo de la vía. Para calcular los sobreanchos, se utiliza la siguiente ecuación:

Ecuación 5.

$$F = 2 \times [R - (R^2 - L^2)^{\frac{1}{2}} \times 5,8(R)^{1/2}]$$

Dónde:

F: sobreanchos (m)

R: radio de curvatura (m)

L: distancia entre ejes del volquete (m)

3.14.5 Berma de seguridad

Estas consisten de un material en pila a los bordes de la vía de aproximadamente el 60 o 70% de la altura del caucho, y que actúa como soporte en el caso de volcamientos.

3.14.6 Pendiente de la vía

Es la relación que existe entre el desnivel que se debe superar y la distancia en horizontal hay que recorrer, lo que equivale a la tangente del ángulo que forma la línea a medir con el eje x, que sería el plano. La pendiente se expresa en tantos por ciento o en grados; y para calcular con la siguiente ecuación

Ecuación 6.

$$Pendiente (\%) = \frac{Distancia\ vertical \times 100}{Distancia\ horizontal}$$

3.14.7 Peralte

Cuando un vehículo entra en una curva, además del peso y la reacción que el rozamiento, debido a la rotación produce en el terreno, aparece una nueva fuerza: la centrífuga. Esta fuerza origina dos peligros para la estabilidad del vehículo, el deslizamiento vertical y el peligro de vuelco, este se puede calcular con la siguiente fórmula.

3.14.8 Caminos de Transporte

Los caminos de transporte pretenden brindar un medio seguro y económico para que los camiones entreguen el material. El camino debe ofrecer la menor resistencia posible al rodamiento, permitiendo así que los camiones logren velocidades máximas seguras, consuman menos combustible, reduzcan el desgaste de los neumáticos y minimicen el mantenimiento mecánico. Una superficie así sólo es posible si el camino se diseña correctamente, los materiales se seleccionan en forma adecuada y el curso de desgaste está bien mantenido.

3.15 Preparación de minerales

La importancia de esta fase dentro de la explotación de minerales yace sobre la necesidad de cumplir con especificaciones técnicas exigidas por el mercado, de esta forma Peláez E. (1981) define la preparación como, el consiguiente al conjunto de operaciones a las que se someten las menas y minerales industriales para obtener productos que satisfagan los requisitos del mercado. Generalmente durante el tratamiento se separan y recogen los minerales útiles y se descarta la ganga, efectuándose una concentración ya que como consecuencia de dicha eliminación los minerales útiles se recogen en masas más reducidas.

3.15.1 Circuitos de tratamiento

Un lavadero, o planta de tratamiento, según Peláez. (1981), consiste en un conjunto de aparatos colocados de manera que el género vaya pasando sucesivamente por ellos en

un orden determinado. El mineral en su recorrido puede dividirse en varias fracciones, que seguirán diferentes caminos, para obtener finalmente uno o varios productos utilizables y un rechazo que se envía a una escombrera.

Los tratamientos se representan en forma esquemática mediante dibujos o diagramas. Para indicar en ellos los distintos aparatos, se emplean símbolos, que se enlazan con líneas para señalar el sentido del flujo. Lo normal es no representar más que los aparatos fundamentales, es decir, suprimir en el dibujo aquellos aparatos que, como las cintas transportadoras, tolvas, bombas o similares, se pueden considerar como accesorios.

3.15.2 División de las operaciones

La fragmentación se hace por etapas, que suelen designarse arbitrariamente de la siguiente forma según Peláez E. (1981):

- a) Quebrantado o Trituración primaria.
- b) Trituración secundaria.
- c) Molido y pulverización.

En general se considera como trituración la fragmentación de partículas en tamaños grandes y como molienda la producción de finos, sin que existan un criterio estricto para establecer límites entre las etapas, además estos límites son variables, pues por ejemplo cada día se construyen equipos de molienda de mayor tamaño y eficiencia que permiten tratar en ellos partículas más grandes, tamaños que anteriormente solo podían fragmentarse en aparatos de trituración.

3.15.3 Molinos de rodillo

Son molinos que trabajan por vía seca y están formados por una carcasa de acero que alberga dos rodillos que giran en sentido opuesto hacia la parte interior del molino. En los molinos formados por dos rodillos uno de ellos se encuentra fijo a la estructura mientras que el otro se desplaza en la horizontal, en dirección hacia el primero, el objeto de admitir fragmentos de mayor o menor tamaños mediante un sistema de regulación por muelles o bien hidráulico. La boca de alimentación se encuentra en la parte superior justo encima de la unión de los rodillos, lo que produce que al girar los mismos hacia el interior con el material entre ellos se produzca la molienda. Los rodillos pueden llevar revestimientos tanto lisos como con algún diseño que puede ser de desgaste, segmentado, soldado o con bandaje, pudiendo ser cada rodillo de un tipo diferente o ambos iguales.

Son de fácil sustitución en caso de desgaste sin tener que proceder al desmontaje completo del equipo de rodillo. Fueyo L (1999).

➤ **Triturador de impacto 5348**

Esta trituradora de impacto se utiliza para una trituración primaria, o como unidad de reducción intermedia para reducir aún más el material procedente de una primaria, o muchas veces en un circuito cerrado como una unidad de reducción final. En nuestro caso es utilizado como unidad de trituración primaria en un circuito abierto.

Principio de operación: La reducción de material se lleva a cabo de varias maneras: En primer lugar, el material alimentado a la trituradora se rompe por el impacto en las barras impulsoras rígidas fijadas al impulsor. Una mayor reducción se lleva a cabo cuando el material arrojado por las barras de motor golpea las barras y / o rejillas del interruptor y además por el choque entre rocas.

La capacidad puede variar ampliamente según el tipo de roca la uniformidad de la alimentación, y el contenido de humedad del material que está siendo procesado.

Tabla 3. 9 Triturador de impacto 5348

Tamaño de la trituradora	Toneladas por hora	Tamaño mínimo del producto
53x48	400-800	3"



Figura 3. 14 Trituradora de impacto 5348 Fuente: Manual Cedarapids

➤ **Alimentador JEFFREY**

En principio de diseño y operación de la unidad de potencia es el mismo para todos los tipos de equipo vibratorio. La cubierta de la manipulación que se hace vibrar está

montada sobre las barras del vibrador por medio de la abrazadera central. Anclado a la estructura principal se encuentra un electroimán conocido como el estator. Dado que la armadura se desplaza adelante y atrás bajo la influencia del estator, se considera como un movimiento alternativo lineal.

Funcionamiento: Los impulsos eléctricos a través del circuito magnético crean una serie de tiros magnéticos que atrae a los bares del vibrador hacia el imán, de AB Oponiéndose a esta fuerza construida por la flexión de las barras vibratoras. Esta fuerza de oposición hace que las barras del vibrador se encajen a presión lejos del imán, de este modo los resortes de las barras crean una curva inversa ligera - indicado como AC. Así, las barras completan una vibración - de AB a AC y de nuevo a AV - con cada impulso eléctrico. Los bares e imán nunca entran en contacto real

La corriente alterna proporciona una serie de impulsos eléctricos individuales, ya que la corriente cambia la dirección del flujo. Cada alternancia de la corriente provoca una vibración de las barras y la cubierta de la manipulación adjunto. Como hay dos alternancias en cada ciclo, la frecuencia de una corriente alterna de 60 ciclos proporciona 120 vibraciones o golpes por segundo, o 7.200 golpes por minuto, corriente alterna de 25 ciclos ofrece 50 golpes por segundo, o 3.000 golpes por minuto.

Control de vibración: La vibración siempre se considera en términos de:

1. Frecuencia
2. Amplitud

La frecuencia de vibración para este alimentador es constante, ya que depende la frecuencia de la corriente. Esto deja solamente la longitud de la carrera a ser modificada. A medida que la resistencia del resorte de las barras de vibración es constante, la carrera se puede cambiar simplemente aumentando o disminuyendo la entrada de corriente, regulando de este modo el "pull" del electro-imán.

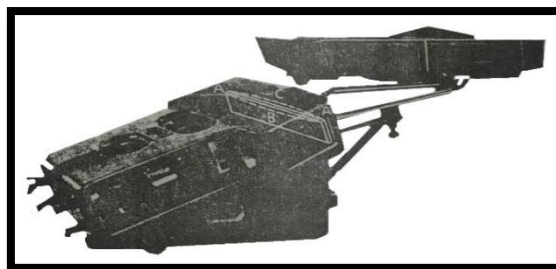


Figura 3. 15 Alimentador JEFFREY Fuente: Manual Cedarapids

➤ **Molino de rodillo 3030**

Este molino está diseñado para reducir el tamaño de la roca cuando encaja entre dos cilindros semi-fijos que giran llamados rodillos. Ambos rodillos que giran están soportados por conjuntos dobles de rodamientos cónicos dispuestos de forma opuesta. Los bloques de soporte del eje de los rodillos, están alojados en un bloque que es libre para deslizarse horizontalmente entre las guías superior e inferior denominadas barras deslizantes. Existen dos mecanismos de ajustes que se apoyan contra cada uno de los bloques de cojinete de eje móvil, estos determinan la fuerza de aplastamiento ejercida sobre el material que pasa entre los rodillos.

El espacio entre los rodillos es ajustable y es el medio utilizado para variar el tamaño del producto. La capacidad depende de una combinación entre el diámetro del rodillo y factores de velocidad que van de 45 RPM a 105 RPM

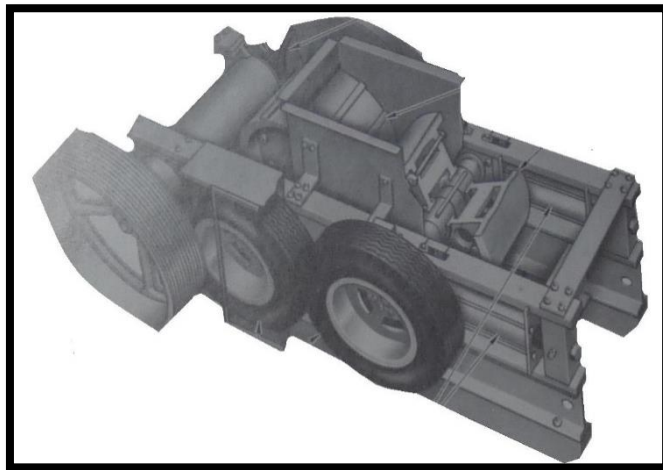


Figura 3. 16 Molino de rodillo 3030 Fuente: Manual Cedarapids



Figura 3. 17 Molino 30-30

➤ **Trituradora de impacto 4325**

Principio de operación: La reducción de material se lleva a cabo de varias maneras: En primer lugar, el material alimentado a la trituradora se rompe por el impacto en las barras impulsoras rígidas fijadas al impulsor. Una mayor reducción se lleva a cabo cuando el material arrojado por las barras de motor golpea las barras y / o rejillas del interruptor y además por el choque entre rocas.

Tamaño.....	4325
Abertura de entrada.....	43''x 35''
Abertura de salida.....	43''x 44''
Peso (lbs).....	31300
Impulsor de peso con el eje y bares.....	10160

La capacidad puede variar ampliamente según el tipo de roca la uniformidad de la alimentación, y el contenido de humedad del material que está siendo procesado.



Figura 3. 18 Trituradora de impacto 4325 Fuente: Manual Cedarapids

3.16 Estadística

Según Murria R. Spiegel, 1991, La estadística estudia los métodos científicos para recoger, organizar, resumir y analizar datos, así como para sacar conclusiones válidas y tomar decisiones razonables basadas en tal análisis

A continuación se expone un panorama conceptual sobre el análisis de datos. Se describen de manera no exhaustiva algunos elementos estadísticos útiles tanto para la organización y presentación de los datos como para el análisis de los resultados de investigación.

3.16.1 Definición de medida de tendencia central

Según (Chao, 1997), los datos obtenidos pueden condensarse en un solo valor central alrededor del cual todos los datos muestrales se distribuyen.

Según (Spiegel, 1991), es un valor típico o representativo de un conjunto de datos que suele situarse hacia el centro del conjunto de datos ordenados por magnitud.

Las medidas de tendencia central son útiles para encontrar indicadores representativos de un colectivo de datos. Los tres métodos que permiten obtener el punto medio de una serie de datos son la media, la mediana y la moda.

3.16.2 Media Aritmética

Medida de tendencia central que se define como el promedio o media de un conjunto de observaciones o puntuaciones. En aquellas situaciones en que la población de estudio es pequeña suele utilizarse la media poblacional mediante la expresión:

Ecuación 7

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^N Xi}{N}$$

Donde:

μ = media poblacional

ΣXi = Sumatoria de las puntuaciones

N = Número de casos

3.16.3 Moda.

En una serie de puntuaciones se denomina moda a la observación que se presenta con mayor frecuencia. Para obtener la moda a partir de una distribución de frecuencias agrupadas se utiliza la expresión:

Ecuación 8

$$Mo = Lmo + \left[\frac{Da}{Db + Da} \right] i$$

Donde:

Mo = Moda

Lmo = Límite inferior del intervalo de clase modal

Da = Diferencia entre la frecuencia de la clase modal y la de la clase que la precede.

Db = Diferencia entre la frecuencia de la clase modal y la de la clase que la sigue.

i = Intervalo de clase.

3.16.4 Mediana.

También conocida como media posicional en virtud de que se localiza en el centro de un conjunto de observaciones presentadas en una serie ordenada de datos. Lo anterior sugiere que el 50 % de los casos se encuentra por encima de la mediana y el resto por debajo de ella. La posición central de la mediana se obtiene mediante la expresión matemática.

Ecuación 9

$$PMd = \frac{N + 1}{2}$$

Donde:

PMd = Posición de la Mediana

N = Número de casos.

3.16.5 Medidas de dispersión

Las medidas de dispersión son índices que se utilizan para describir una distribución de frecuencias a partir de la variación de los valores obtenidos. Los índices más utilizados son el rango, la varianza y la desviación estándar.

3.16.6 Varianza.

La varianza es una medida de variabilidad que toma en cuenta el 100 % de las puntuaciones de manera individual. Webster (1998) la define como “la media aritmética de las desviaciones respecto a la media aritmética elevada al cuadrado,” (p. 83). La definición matemática de la varianza se expresa por medio de la ecuación:

Ecuación 10

$$\sigma^2 = \frac{\sum X^2}{N}$$

Donde:

σ^2 = Varianza.

Σ = Suma de

X²= Desviación de las puntuaciones de la media (X-X)

N = Número de casos.

3.16.7 Desviación Estándar.

Dada la dificultad inherente de interpretar el significado de una varianza en virtud de que expresa valores elevados al cuadrado, para efectos de investigación es más adecuado utilizar la desviación estándar o desviación típica, definida como la raíz cuadrada de la varianza. La desviación estándar se expresa mediante la ecuación:

Ecuación 11

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{N}}{N}} = \sqrt{\sigma^2}$$

Donde:

$\sum X^2$ = Suma de los cuadrados de cada puntuación

$(\sum X)^2$ = Suma de las puntuaciones elevadas al cuadrado

N = Número de casos.

σ = Desviación Estándar

La desviación estándar es una medida obtenida mediante una escala de intervalo o de razón basada en la magnitud de las puntuaciones individuales de la distribución (D'Ary, Jacobs y Razavieh, 1982). Es de mucha utilidad en "... en conjunción con la...distribución normal," (Kazmier, 1998).

CAPÍTULO IV

4. MARCO METODOLÓGICO

En el presente capítulo se describen los métodos, técnicas y procedimientos que fueron empleados para el logro de los objetivos propuesto para la investigación

4.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación empleado para el presente estudio es Descriptiva apoyada en una investigación de campo. Sabino (1995) explica que este tipo de estudio no se ocupa de verificar hipótesis, sino de describir hechos a partir de un criterio y Méndez (1995) señala que la investigación de campo es aquella que analiza sistemáticamente los problemas con el propósito de describirlos, explicar sus causas, entender su naturaleza y factores constituyentes o predecir sus ocurrencias. Por lo antes expuesto, la investigación desarrollada describe las operaciones de carga, acarreo y beneficio mineral tal y como se muestran en la realidad permitiéndonos cerciorarnos de las condiciones reales de la explotación del yacimiento de serpentinita y de esta forma poder desarrollar una metodología de planificación a corto plazo

4.2 Diseño de la investigación

El diseño de investigación es de tipo no experimental, ya que se observa el fenómeno tal y como se da en su contexto natural, para después analizarlo, sin modificar intencionalmente las variables independientes, de esta forma se puede construir procedimientos lógicos que permitan optimizar el ciclo productivo de la explotación, tal y como son la carga, acarreo y beneficio mineral de serpentinita

4.3 Metodología utilizada en campo

Con la finalidad de realizar una metodología de cuantificación de producto terminado es necesario realizar estudios aguas arriba a este proceso, es decir carga acarreo y beneficio mineral

- La distribución de los equipos, así como los tiempos de carga y acarreo de mineral se establecen mediante la realización de tablas en las cuales se calculan los tiempos de carga, acarreo y descarga, al sumarlos y calculando un promedio dan como resultados el tiempo que transcurre para que el camión pueda completar el ciclo de producción.

4.4 Recursos de la investigación

Con la finalidad de realizar los cálculos necesarios para poder desarrollar una metodología de cuantificación de los procesos de carga, acarreo y beneficio mineral se utilizaron las siguientes herramientas.

➤ **Hoja de Cálculo**

Utilizada con el objeto de realizar los cálculos y gráficos correspondientes de esta investigación, como la estimación de la disponibilidad física y los tiempos promedios de acarreo, así como estimaciones estadísticas.

➤ **Control de Mantenimiento de Equipos y Maquinarias Móvil de Canteras Cura C.A**

Esta hoja de cálculo cuenta con un registro diario de las horas en las cuales estuvieron en funcionamiento los equipos y maquinarias, con el fin de programar paradas por mantenimiento preventivo, la misma cuenta con una data desde Febrero del 2016 hasta la fecha.

➤ **Software Google Earth**

Consultada para la ubicación referencial de la cantera y sus depósitos, la misma permite calcular distancias de acarreo por medio de imágenes satelitales.

➤ **Reportes de producción**

Los reportes de carga acarreo y producción de la planta, específicamente de los meses de junio, julio y agosto, fueron utilizados a fin de estimar las horas efectivas de un turno de trabajo, a su vez se utilizó con la finalidad de realizar una comparación entre la metodología de cuantificación de producto terminado desarrollada en este trabajo de investigación con la metodología empleada por la empresa

CAPÍTULO V

5. PROCESO DE ANÁLISIS Y CÁLCULO

A lo largo de este capítulo se desarrollan y analizan los resultados de la investigación donde se incluyen distribución de los tiempos de acarreo, pistas de acarreo, maquinaria disponible, operatividad de la maquinaria, horas efectivas, flota necesaria, estatus de la maquinaria, disponibilidad mecánica de los equipos de carga, acarreo y beneficio, mantenimiento de los equipos, planta de trituración y separación, tolvas de descarga y por ultimo una comparación de la metodología propuesta con la implementada en la empresa

5.1 Distribución de los tiempos de acarreo

Los tiempos de acarreo del material desde el frente de explotación hasta la alimentación de la planta constituye la base de la planificación, ya que en esta, se sustenta la cuantificación del mineral alimentado a la planta de trituración y clasificación, esta distancia está distribuida por cuatro tramos como se aprecia en la fig. 5.1 donde cada tramo representa un pendiente.

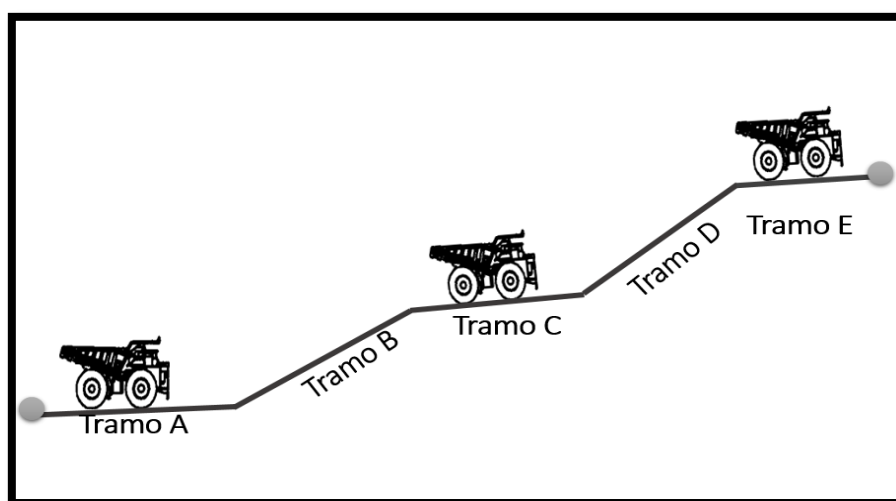


Figura 5. 1 Esquema de los tramos en la pista de acarreo

El tiempo de ciclo está sujeto a distintos factores que se nombran a continuación:

- Experiencia del conductor
- Condiciones de la vías

- Condiciones climáticas
- Número de camiones
- Disponibilidad del cargador

5.1.1 Tiempos operacionales del ciclo de carga y acarreo

En las siguientes tablas se muestran los tiempos tomados en campo con las distintas combinaciones disponibles en la empresa, así como la clasificación de los tiempos fijos y variables.

Combinación: DOOSAN 500 capacidad 3 m³, Camión CAT 735 capacidad 197 m³

Tabla 5. 1 Tiempos de ciclos de acarreo. DOOSAN 500 - CAT 735

T (min)	Espera	Llenado	N pases	Tramo	Tramo	Tramo	Tramo	Tramo	Espera	Descarga	Total	Ciclo
				A	B	C	D	E				
Bajada	2.00	4.00	7	1.33	2.00	3.00	2.25	0.75	0.68	0.20	16.22	22.72
Subida	0.00	0.00	0	0.58	0.72	0.20	4.95	0.05	0.00	0.00	6.50	
Bajada	1.88	2.88	6	0.88	0.55	0.83	5.12	0.21	0.00	0.22	12.58	20.76
Subida	0.00	0.00	0	0.72	0.67	0.75	5.86	0.19	0.00	0.00	8.18	
Bajada	0.00	2.38	6	1.07	0.60	0.57	8.52	0.14	0.00	0.28	13.56	25.11
Subida	0.00	0.00	0	0.55	0.07	0.40	10.43	0.10	0.00	0.00	11.55	
Bajada	0.00	2.50	7	1.03	0.62	0.57	7.86	0.14	0.00	0.35	13.06	22.03
Subida	0.00	0.00	0	0.50	0.90	0.52	6.92	0.13	0.00	0.00	8.97	
Bajada	0.00	2.50	7	0.58	0.57	0.55	7.25	0.14	0.00	0.42	12.00	19.69
Subida	0.00	0.00	0	0.71	0.70	0.75	5.34	0.19	0.00	0.00	7.69	

Tabla 5. 2 Tiempos fijos variables y totales. DOOSAN 500 - CAT 735

Tiempo		
Fijo (min)	Variable (min)	Total (min)
6.88	15.83	22.72
4.98	15.78	20.76
2.67	22.45	25.11
2.85	19.18	22.03
2.92	16.77	19.69

**Combinación: Excavadora CAT 329D capacidad 1,5m³ - Camión XCMG 483
capacidad 15 m³**

Tabla 5. 3. Tiempos de ciclos de acarreo. CAT 329D - XCMG 483

t (min)	Espera	Llenado	N pases	Tramo	Tramo	Tramo	Tramo	Tramo	Espera	Descarga	Total	Ciclo
				A	B	C	D	E				
Bajada	0.00	2.68	9	0.38	0.35	0.55	3.78	1.26	0.18	0.50	9.68	18.15
Subida	0.00	0.00	0	0.67	1.83	1.63	3.25	1.08	0.00	0.00	8.47	
Bajada	2.17	3.57	10	1.20	0.55	0.65	4.05	1.35	0.00	0.50	14.03	31.20
Subida	9.03	2.78	0	0.58	0.67	0.55	2.66	0.89	0.00	0.00	17.17	
Bajada	0.00	0.00	10	1.22	0.63	0.62	3.60	1.20	0.00	0.62	7.88	15.16
Subida	1.02	0.00	0	0.58	1.05	0.35	3.21	1.07	0.00	0.00	7.28	
Bajada	1.23	2.45	9	0.55	0.90	0.52	3.54	1.18	0.00	0.50	10.87	16.98
Subida	0.00	0.00	0	1.15	0.43	0.37	3.13	1.04	0.00	0.00	6.12	
Bajada	0.00	0.00	9	0.55	0.77	0.59	3.32	1.11	0.00	0.58	6.92	22.97
Subida	7.47	2.46	0	1.06	0.53	0.63	2.93	0.98	0.00	0.00	16.05	

Tabla 5. 4 Tiempos fijos variables y totales. CAT 329D - XCMG 483

Tiempo		
Fijo (min)	Variable (min)	Total (min)
3.366	14.7813	18.1473
18.05	13.15	31.20
1.63	13.53	15.16
4.18	12.80	16.98
10.50	12.47	22.97

**Combinación: Excavadora CAT 329D capacidad 1,5m³ - Camión CAT 735
capacidad 19,7 m³**

Tabla 5. 5 Tiempos de ciclos de acarreo. CAT 329D - CAT 735

t (min)	Espera	Llenado	N pases	Tramo	Tramo	Tramo	Tramo	Tramo	Espera	Descarga	Total	Ciclo
				A	B	C	D	E				
Bajada	0.00	3.02	12	1.97	0.71	0.50	3.66	0.87	0.00	0.40	11.11	17.06
Subida	0.00	0.00	0	0.76	0.83	0.66	2.41	1.29	0.00	0.00	5.95	
Bajada	0.00	0.00	10	1.47	0.70	0.71	4.51	1.48	0.00	0.52	9.38	18.20
Subida	0.00	0.00	0	0.47	0.79	0.50	4.51	2.56	0.00	0.00	8.82	
Bajada	0.00	3.68	10	1.58	0.78	0.78	4.70	1.55	0.00	0.63	13.72	20.03
Subida	0.00	0.00	0	0.47	0.95	0.43	2.46	2.00	0.00	0.00	6.31	
Bajada	0.00	3.60	10	1.67	0.92	0.85	4.70	1.57	0.17	0.43	13.90	20.15
Subida	0.00	0.00	0	0.67	0.75	1.12	2.72	1.01	0.00	0.00	6.25	

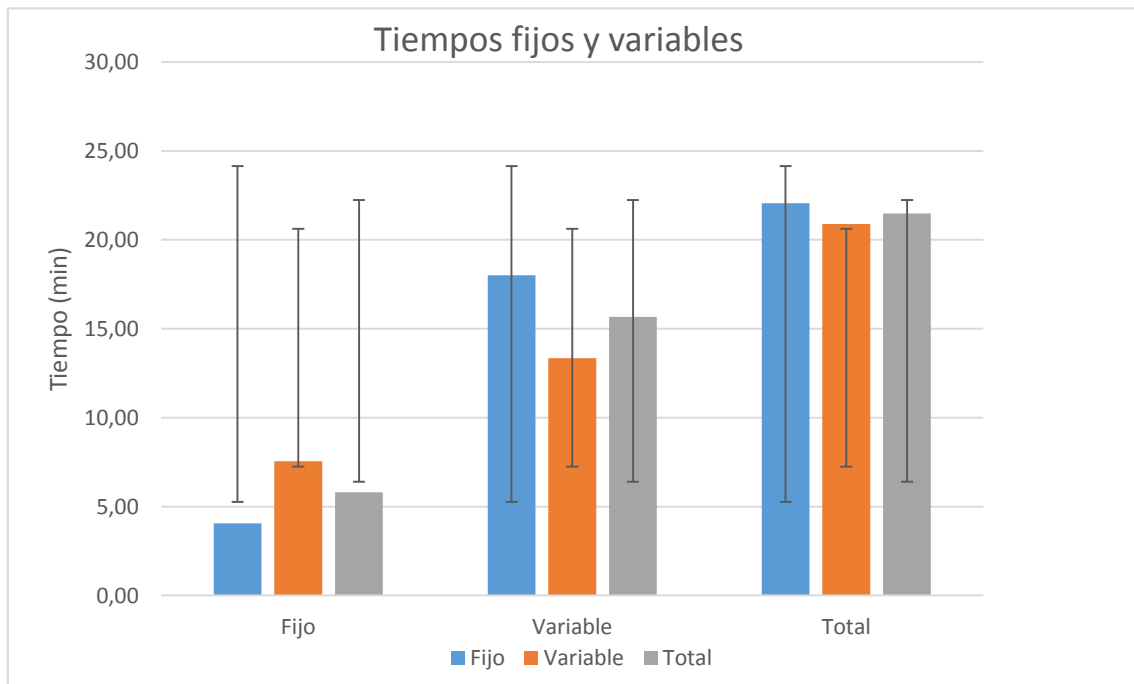
Bajada	0.00	0.00	10	1.05	0.63	0.39	4.05	1.48	0.00	0.48	8.08	16.71
Subida	0.00	0.00	0	0.76	0.95	0.50	3.92	2.50	0.00	0.00	8.62	

Tabla 5. 6 Tiempos fijos variables y totales. CAT 329D - CAT 735

Tiempo		
Fijo (min)	Variable (min)	Total (min)
3.42	13.65	17.06
0.52	17.69	18.20
4.32	15.71	20.03
4.20	15.95	20.15
0.48	16.22	16.71

En general calculando un promedio de las tres mediciones se obtuvieron los siguientes resultados

Grafica 5. 1. Tiempos fijos y variables del ciclo de acarreo.



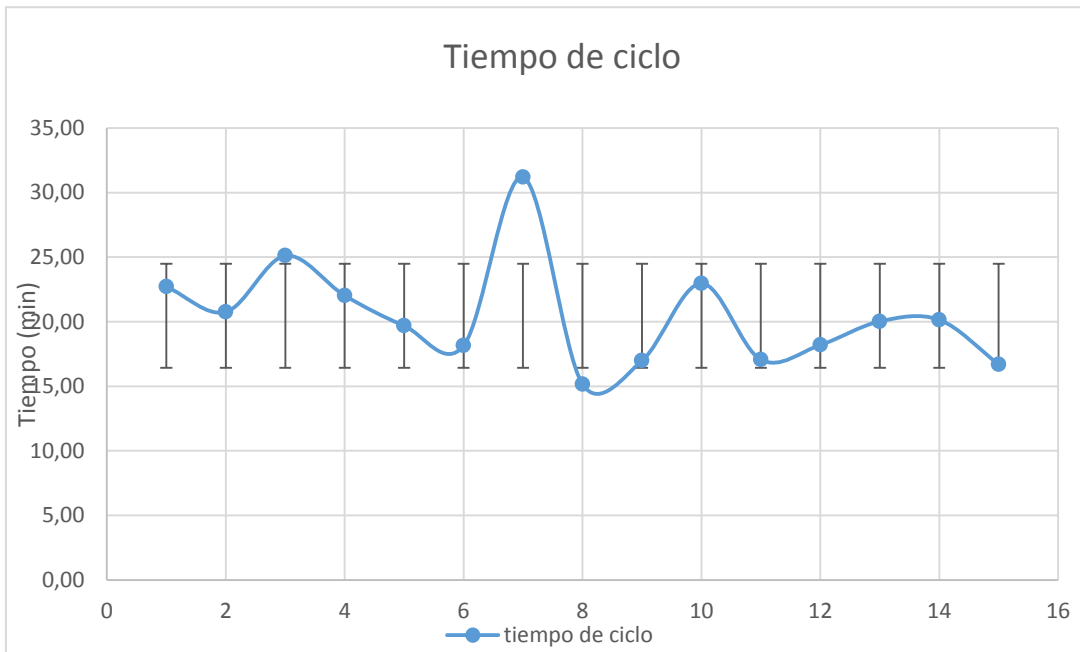
Los tiempos tomados en campo para la primera y segunda combinación se alejan de su media debido a factores que ya fueron establecidos, de las cuales la más resaltante fue que la vía de acarreo no cumple con los anchos operativos y la falta de mantenimiento de la vía de acarreo.

En promedio se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 5. 7 Promedio general de los tiempos de ciclos de acarreo

	DOOSAN 500, CAT 735	CAT 329D - XCMG 483	CAT 329D - CAT 735
	22.715	18.1473	17.061
	20.762	31.197	18.201
	25.113	15.163	20.027
	22.028	16.98	20.151
	19.689	22.97	16.705
Promedio	22.0614	20.89146	18.429
Promedio general	20.46062		
Media	20,46		
Varianza	16,29		
Desviación estándar	4,04		

Grafica 5. 2 Distribución de los tiempos de ciclos



Dado que son muchos los factores que afectan la efectividad del proceso es necesario tomar un tiempo de ciclo igual a 20,46 que sirva como base a cálculos de una flota de camiones que se adapte a la capacidad instalada de la línea de trituración

5.1.2 Tiempos operacionales de las excavadoras

Excavadora DOOSAN 500 capacidad $3m^3$

Tabla 5. 8 Tiempo de carga, excavadora DOOSAN 500

Pases	Carga (s)	Maniobra (s)	Descarga (s)	Maniobra (s)
Nº 1	3	4	5	2
Nº 2	3	3	4	3
Nº 3	3	5	3	3
Nº 4	4	3	2	3
Nº 5	3	3	3	3
Nº 6	3	3	3	5
Nº 7	2	4	4	3
TOTAL	7	21	24	22

Para un tiempo total de 1 minuto 30 segundos

Excavadora CAT 329D capacidad $1,5 m^3$

Tabla 5. 9. Tiempo de carga, excavadora CAT 329D.

Pases	Carga (s)	Maniobra (s)	Descarga (s)	Maniobra (s)
Nº 1	8	2	3	3
Nº 2	7	3	3	3
Nº 3	7	3	3	4
Nº 4	7	3	3	2
Nº 5	6	3	3	3
Nº 6	5	3	3	3
Nº 7	8	3	3	3
Nº 8	8	3	3	3
Nº 9	8	2	3	4
Nº 10	7	3	3	3
Nº 11	7	3	2	5
Nº 12	5	2	2	2
TOTAL	12	83	34	38

Para un tiempo total de 3 minutos 20 segundos

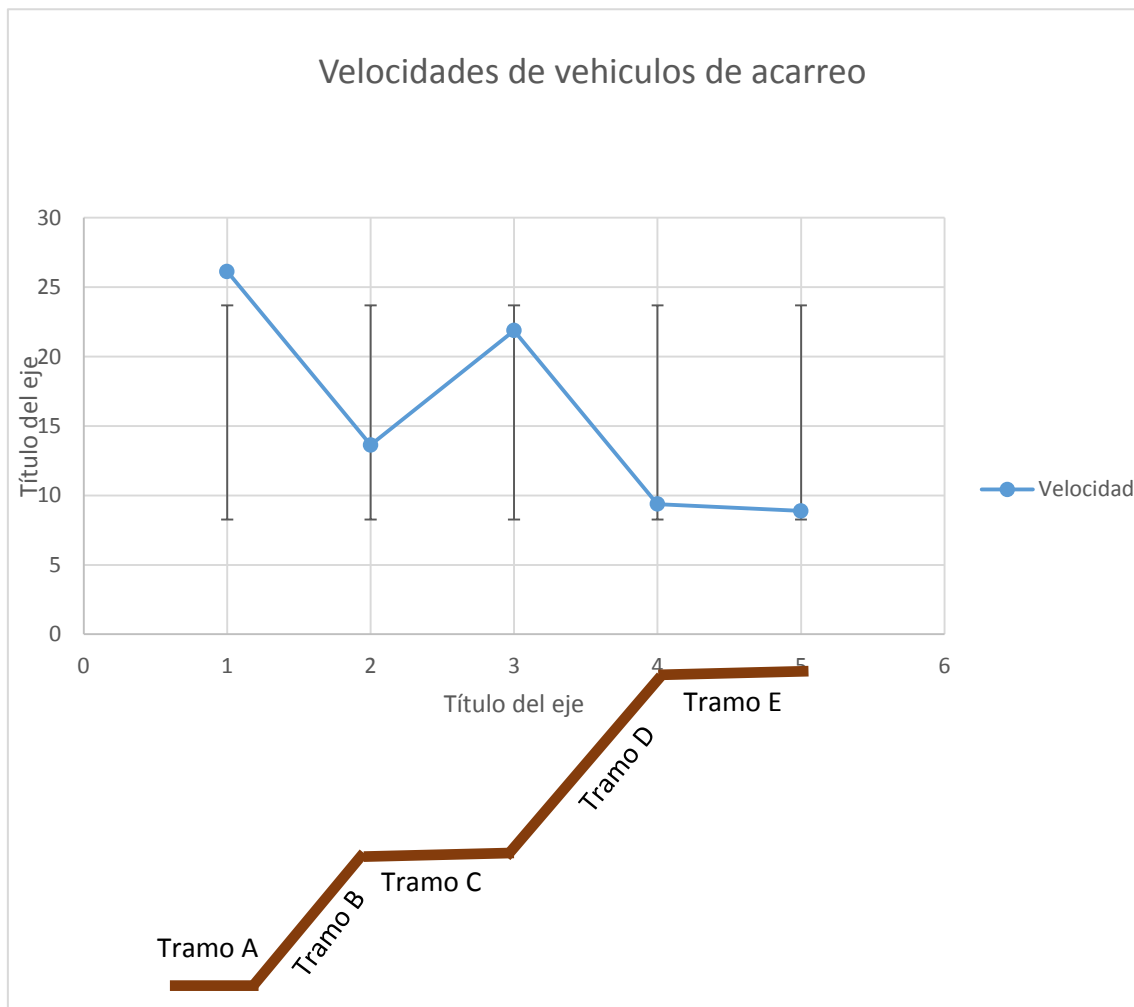
La excavadora DOSSAN 500 tiene mayor capacidad de balde, lo que le permite llenar la unidad de acarreo en un menor tiempo con respecto a la excavadora CAT 329D

Las velocidades tomadas en campo fueron las siguientes:

Tabla 5. 10. Velocidades de los camiones de acarreo

	Tramo A (km/h)	Tramo B (km/h)	Tramo C (km/h)	Tramo D (km/h)	Tramo E (km/h)
	25	15	19	5	9
	30	12	20	9	5
	20	11	25	5	9
	28	15	26	9	9
	27	15	20	5	10
	21	15	20	10	10
	30	11	19	6	10
	28	15	26	26	9
PROMEDIO	26,125	13,625	21,875	9,375	8,875
Media	15,98				
Varianza	59,33				
Desviación estándar	7,70				

Grafica 5. 3 Velocidades de los vehículos de acarreo



Los valores no siguen una tendencia debido a las pendientes a las que se encuentran enfrentados los equipos de acarreo, las velocidades son variables a lo largo de los distintos trayectos, para así poder vencer la resistencia a las pendientes, en las siguientes tablas se presentan la resistencia al rodado calculado como el 2% del peso bruto del vehículo y la resistencia a las pendientes calculada por cada 1% de pendiente 10 kg del peso del vehículo que deben vencer los vehículos de acarreo para poder cumplir con el ciclo productivo

Tabla 5. 11. Resistencia al rodado (RR)

Camión	Peso del vehículo	capacidad	Resistencia al rodado (RR) kg
CAT 735	30.25	32.7	0.605
XCMG	23.5	28	0.47
BELAZ	30.5	30	0.61

Tabla 5. 12 Resistencia a las pendientes (RP)

Tramo	Pendiente (%)	Resistencia a las pendientes (RP) kg
Tramo A	1.345	13.45
Tramo B	7.541	75.41
Tramo C	4.620	46.20
Tramo D	26.838	268.38
Tramo E	5.073	50.73

Es notorio que en los tramos B y D los equipos deben vencer una gran resistencia debido a lo pronunciado de sus pendientes; se debe destacar que aunque los equipos con que cuenta la empresa, están diseñados para poder vencer estas fuertes pendientes, de igual forma causa un mayor desgaste de la maquinaria, tanto en neumáticos como en fallas mecánicas, dado que se necesita un esfuerzo mayor por parte del vehículo.

5.2 Pistas de acarreo

A continuación se presentan algunos parámetros comparando la realidad de la pista de acarreo presente en la empresa con las ideales.

5.2.1 Ancho de la pista de acarreo

El ancho de la vía es calculada como la ecuación 4, para la cual se utiliza el ancho del vehículo de mayor dimensión de la flota de acarreo el cual es el camión roquero XCMG y tomando 2 canales como se muestra a continuación en la tabla 5.10

$$A = 4.91 \times (0.5 + 1.5 \times 2) = 17.18$$

Tabla 5. 13 Ancho de la pista de acarreo

Nº	Tramo A (m)	Tramo B (m)	Tramo C (m)	Tramo D (m)	Tramo E (m)
1	9	11	9	8	12
2	9	12	8	10	10
3	5.5	10	10	10	13
4	8	11	13	12	12
5	10	11	12	12	12
Promedio	8.3	11	10.4	10.4	11.8

Calculando un promedio entre los 5 tramos se puede observar en la tabla 5.11 la diferencia existente entre las vías de acarreo de la empresa y el ancho ideal de la misma.

Tabla 5. 14 Comparación del ancho de la vía, tomado en campo y la calculada.

Ancho de la vía de acarreo	
Tomada en campo (m)	Calculada (m)
10.38	17.18

La actual vía de acarreo no cuenta con las dimensiones óptimas para realizar un correcto desempeño en las operaciones de acarreo debido que si se encuentra un camión bajando y otro subiendo, uno de estos tiene que aguardar en un tramo de la vía para que el otro vehículo pueda pasar y continuar con el acarreo del material, de esta forma se pierde tiempo en el ciclo.

5.2.2 Coordenada de los puntos tomados en campo

En la tabla 5.15 se presentan las coordenadas de los puntos tomados en campo, donde se marca la diferencia en los tramos A, B, C, D y E, (ver figura 5.2)

Tabla 5. 15. Coordenada de los puntos tomados en campo

Puntos	Este	Norte	Altura (m)
Pto 1	634247,06	1138057,14	524
Pto 2	633990,89	1137905,25	528
Pto 3	633816,21	1137654,83	551
Pto 4	633832,01	1137531,02	557
Pto 5	633483,61	1137274,23	657
Pto 6	633475,63	1137356,04	663



Figura 5. 2 Pista de acarreo Fuente: Google earth

5.2.3 Pendiente de la pista de acarreo

Las pendientes de los tramos fueron calculadas, tomando las distancias verticales por diferencia de alturas y sus respectivas distancias horizontales por medio del software Google Earth, como se muestra a continuación en la tabla 5.16

Tramo	Distancia Vertical (m)	Distancia Horizontal (m)	Pendiente (%)
Tramo A	4	297.31	1,34
Tramo B	23	304.99	7,54

Tramo C	6	129.88	4,62
Tramo D	23	85.7	26,83
Tramo E	3	59.14	5,07

Tabla 5. 16 Pendiente de la pista de acarreo

Así mismo se procedió a calcular las distancia de la pista de acarreo, mediante el software Google earth, los resultados son presentados en la tabla 5.17.

Tabla 5. 17 Distancia de la pista de acarreo

Tramo	Distancia (m)
Tramo A	306
Tramo B	314
Tramo C	125
Tramo D	676
Tramo E	863
TOTAL	2284

5.2.4 Bermas de seguridad

Las bermas de seguridad son calculadas como 70% de la altura del neumático con mayor dimensión de la flota de acarreo el cual es la del camión CAT 735

Tabla 5. 18 Comparación Bermas de seguridad tomadas en campo y la calculada

Berma de seguridad	
Tomada en campo (m)	Calculada (m)
3	1.218

Como se puede apreciar en la tabla 5.18 las bermas de seguridad se encuentran por encima de la calculada, sin embargo hay que destacar que en algunos trayectos de la vía no existe la presencia de la misma, las existentes, se encuentran en las curvas y trayectos con altas pendientes.



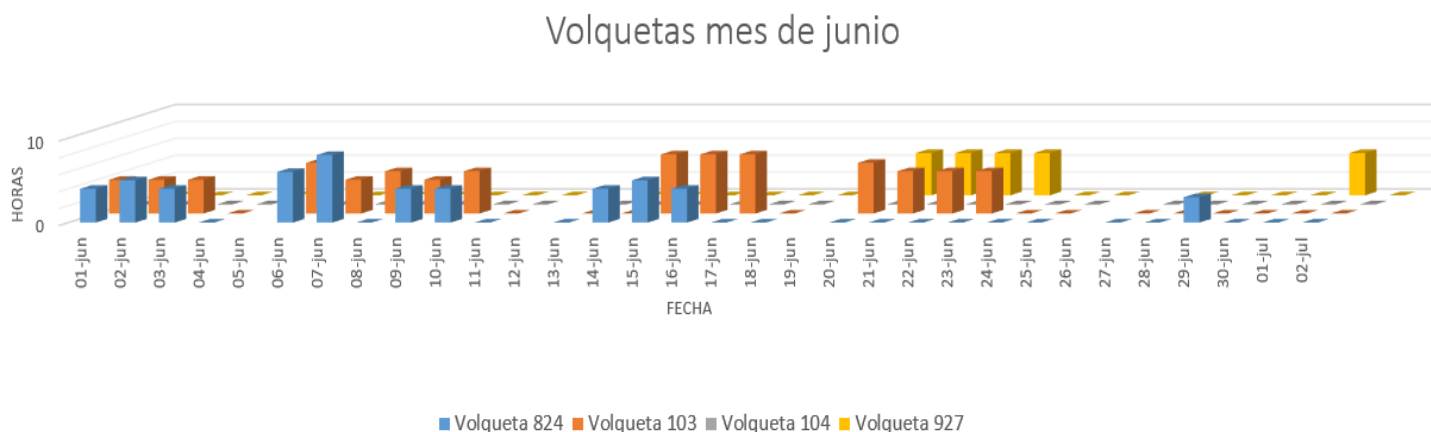
Figura 5. 3 Bermas de seguridad Fuente: Por el autor, Canteras Curas C.A, 2016

5.4 Operatividad de la maquinaria

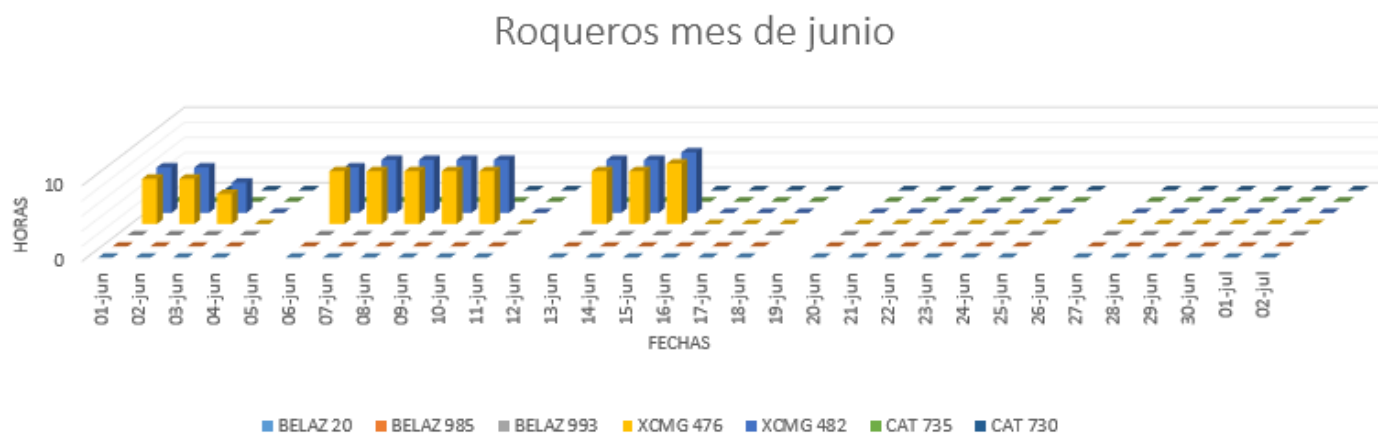
El departamento de operaciones realiza un control mediante una hoja de cálculo, para el mantenimiento de los equipos, basándose en las horas de funcionamiento de los mismos, denominado “*control de mantenimiento de equipos y maquinarias móvil*” este indica cuando un equipo cumple o está próximo a cumplir 300 horas de uso, de esta forma se tiene un indicador de planificación de paradas por mantenimiento preventivo para cada equipo, para la investigación se tomó los meses de junio, julio y agosto del año 2016, debido a que en este periodo hubo un incremento en la flota y es con la que se cuenta actualmente, y se extrajo las horas en la que la maquinaria se encontró operativa cada día de los meses estudiados, a fin de realizar los cálculos de la disponibilidad física de los equipos, así como las horas efectivas por turno.

En los siguientes gráficos se puede observar las horas productivas de la flota para los meses de junio, julio y agosto.

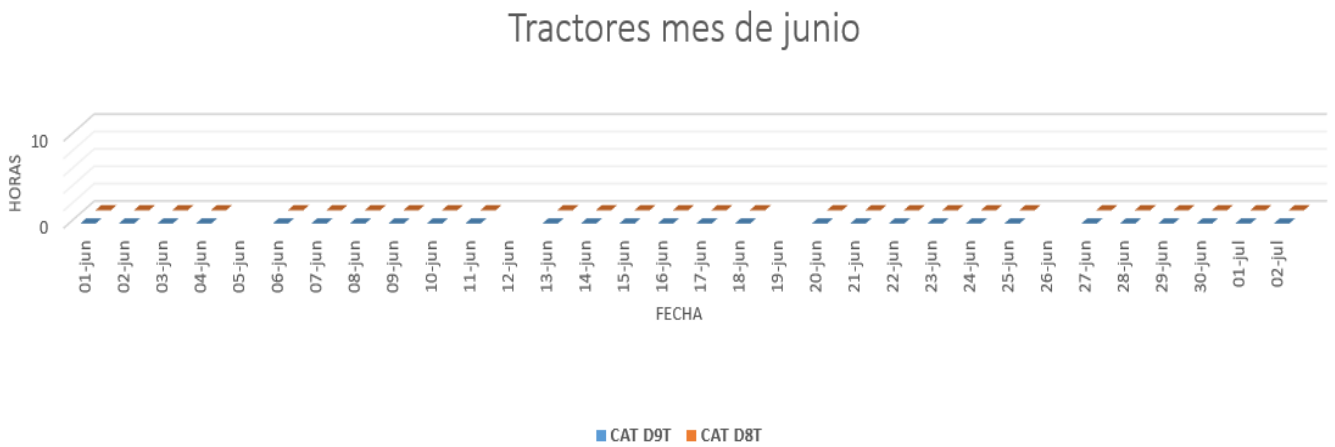
Grafica 5. 4 Horas productivas, volquetas mes de junio Fuente: Datos: “control de mantenimiento de equipos y maquinarias móvil”, de la gerencia de producción



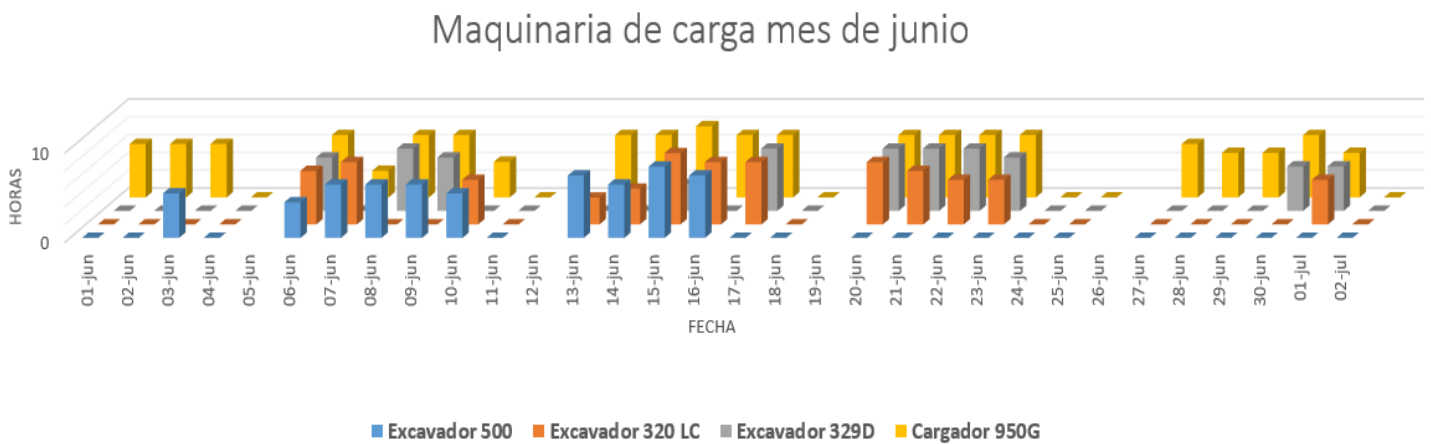
Grafica 5. 5 Horas productivas, roqueros mes de junio Fuente: Datos: “control de mantenimiento de equipos y maquinarias móvil”, de la gerencia de producción



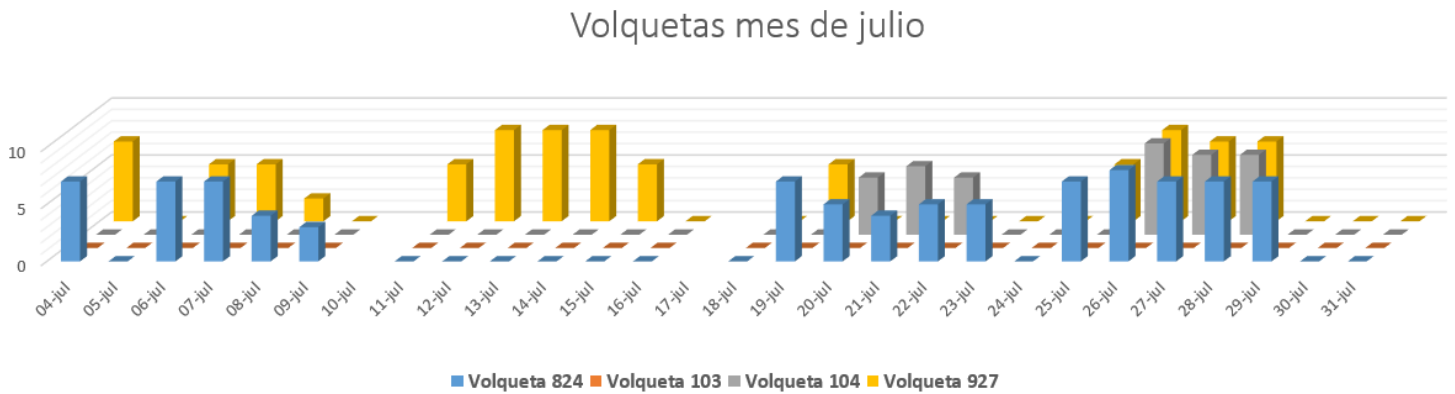
Grafica 5. 6 Horas productivas, tractores mes de junio Fuente: Datos: “control de mantenimiento de equipos y maquinarias móvil”, de la gerencia de producción



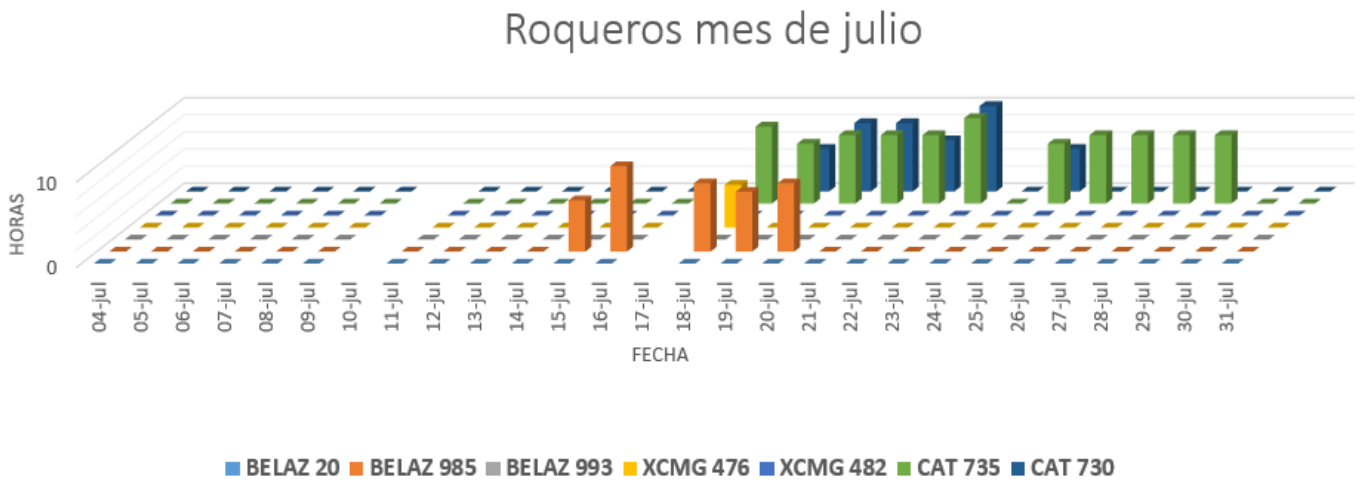
Grafica 5. 7 Horas productivas, maquinaria de carga mes de junio Fuente: Datos: “control de mantenimiento de equipos y maquinarias móvil”, de la gerencia de producción



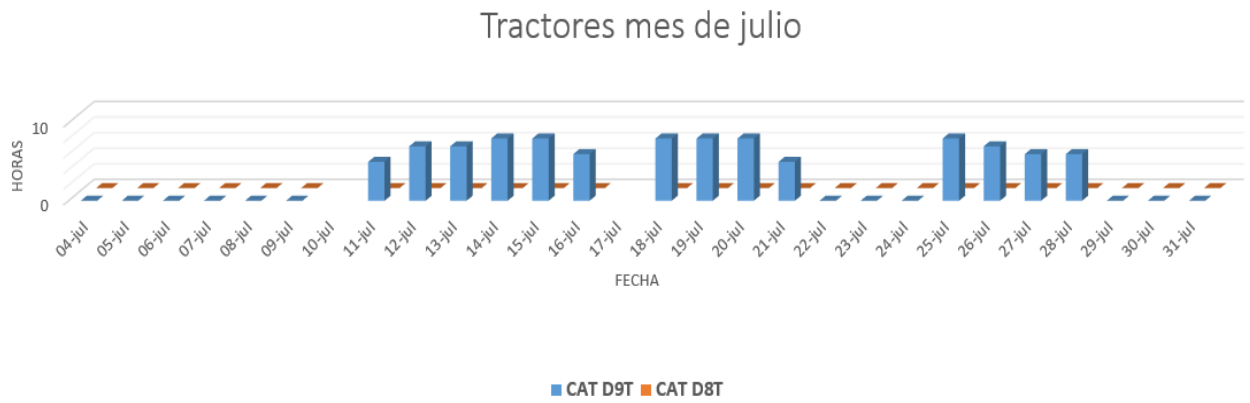
Grafica 5. 8 Horas productivas, volquetas mes de Julio Fuente: Datos: “control de mantenimiento de equipos y maquinarias móvil”, de la gerencia de producción



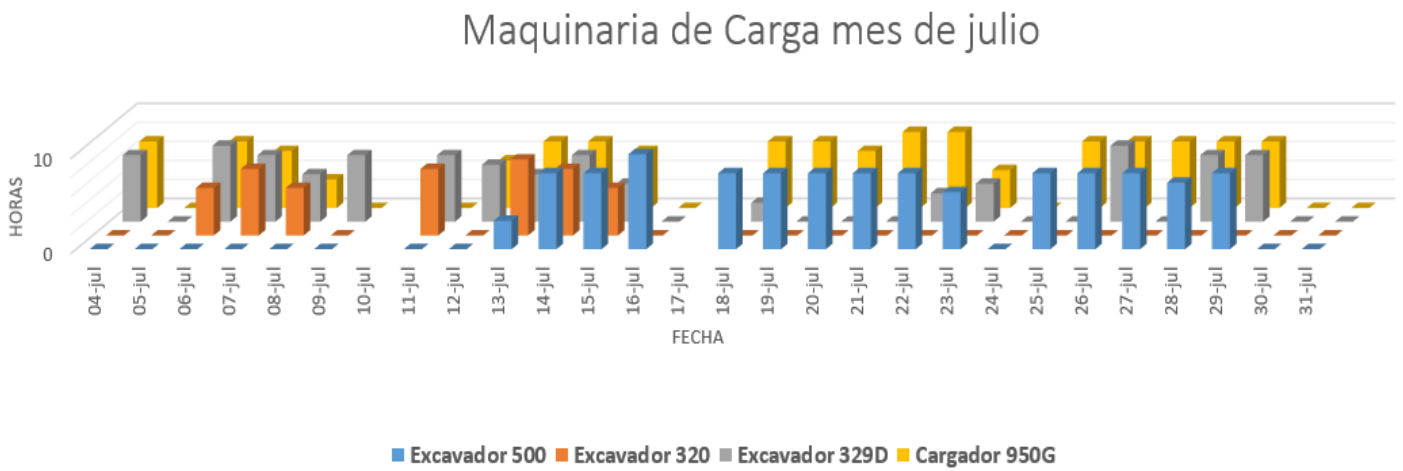
Grafica 5. 9 Horas productivas, roqueros mes de julio Fuente: Datos: “control de mantenimiento de equipos y maquinarias móvil”, de la gerencia de producción



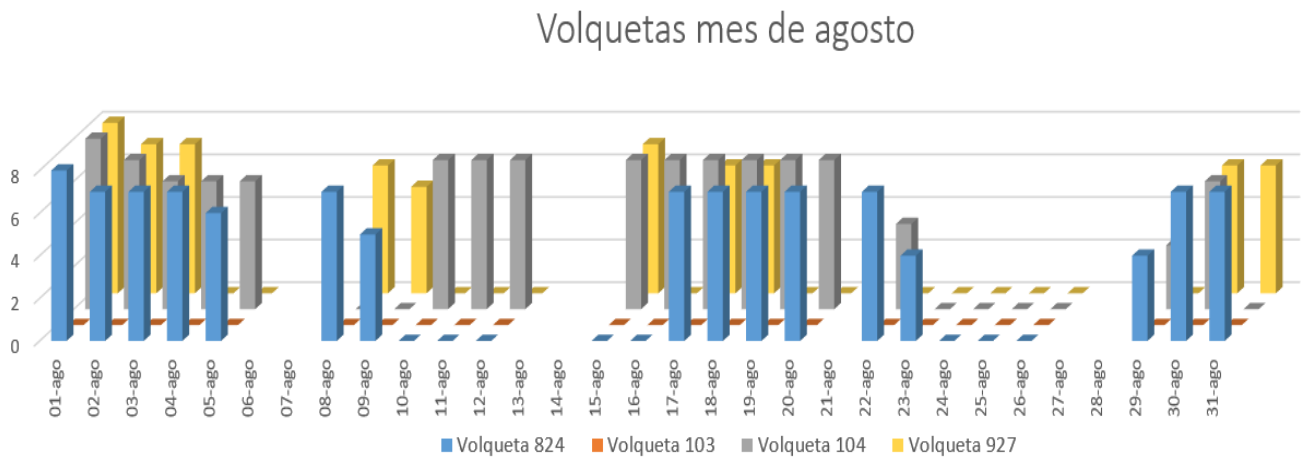
Grafica 5. 10. Horas productivas, roqueros mes de junio .Fuente: Datos: “control de mantenimiento de equipos y maquinarias móvil”, de la gerencia de producción



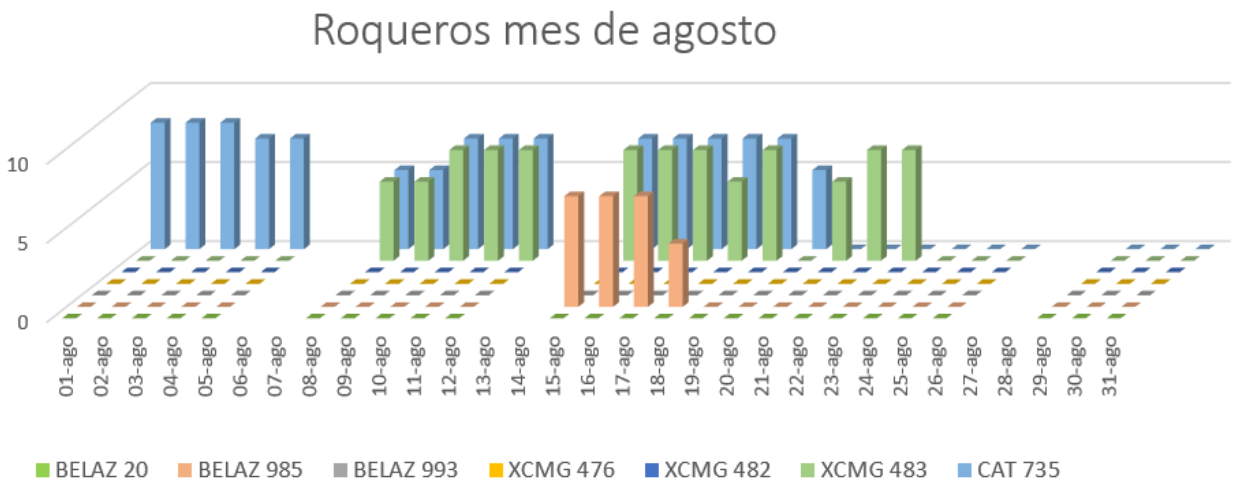
Grafica 5. 11 Horas productivas, maquinaria de carga mes de julio. Fuente: Datos: “control de mantenimiento de equipos y maquinarias móvil”, de la gerencia de producción



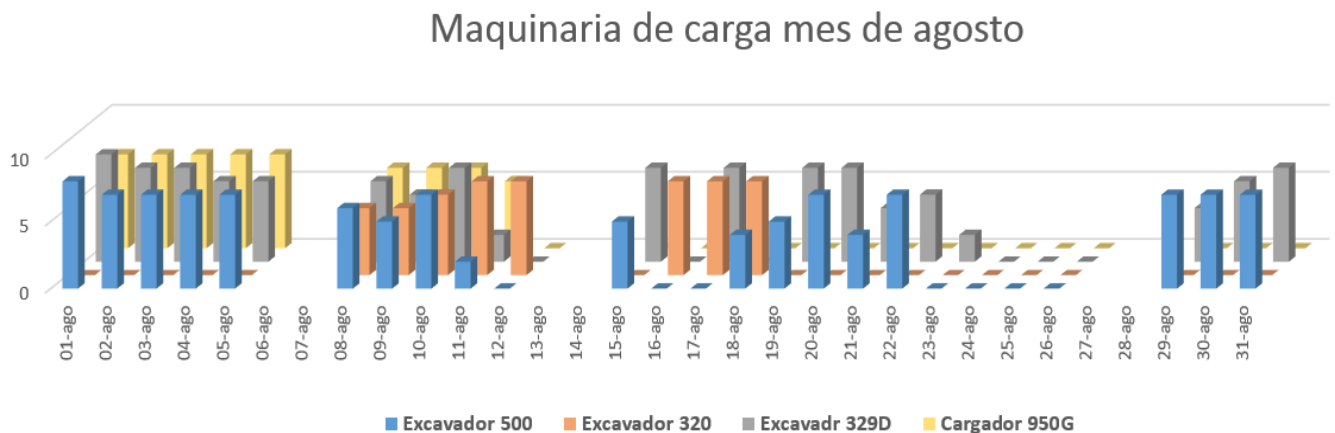
Grafica 5. 12. Horas productivas, volquetas mes de agosto .Fuente: Datos: “control de mantenimiento de equipos y maquinarias móvil”, de la gerencia de producción



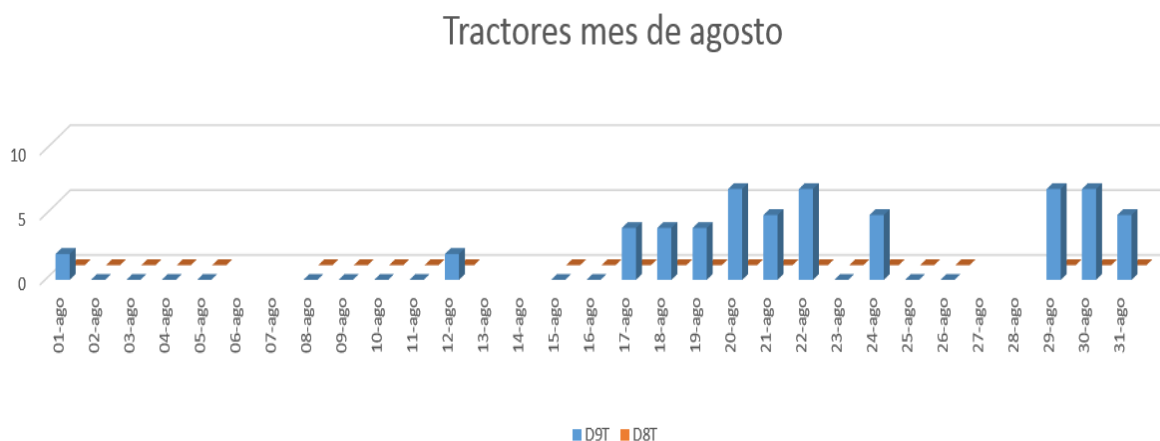
Grafica 5. 13. Horas productivas, roqueros mes de junio. Fuente: Datos: “control de mantenimiento de equipos y maquinarias móvil”, de la gerencia de producción



Grafica 5. 14. Horas productivas, maquinaria de carga mes de agosto. Fuente: Datos: “control de mantenimiento de equipos y maquinarias móvil”, de la gerencia de producción



Grafica 5. 15 Horas productivas, roqueros mes de junio Fuente: Datos: “control de mantenimiento de equipos y maquinarias móvil”, de la gerencia de producción



Partiendo de las horas en las cuales se encontraron operativos los equipos se puede determinar las horas efectivas del turno de trabajo para ello es importante mencionar que antes del 10 de agosto se disponían de dos (2) turnos de trabajo obteniendo un total de 10 horas totales de las cuales la gerencia de producción proyecta 8 horas efectivas a partir del 11 de agosto se cuenta con un único turno de trabajo de 8 horas de las cuales se proyectan 6.5 horas efectivas, pese a esto es importante destacar que estas horas proyectadas de eficiencia no se cumplen. A continuación se presentan las horas efectivas calculadas

5.5 Horas efectivas

Las horas totales efectivas fueron calculadas como un promedio de las horas en la cual la maquinaria se encontraba operativa, utilizando el control de mantenimiento implementado por la gerencia de producción, se obtuvieron los siguientes resultados:

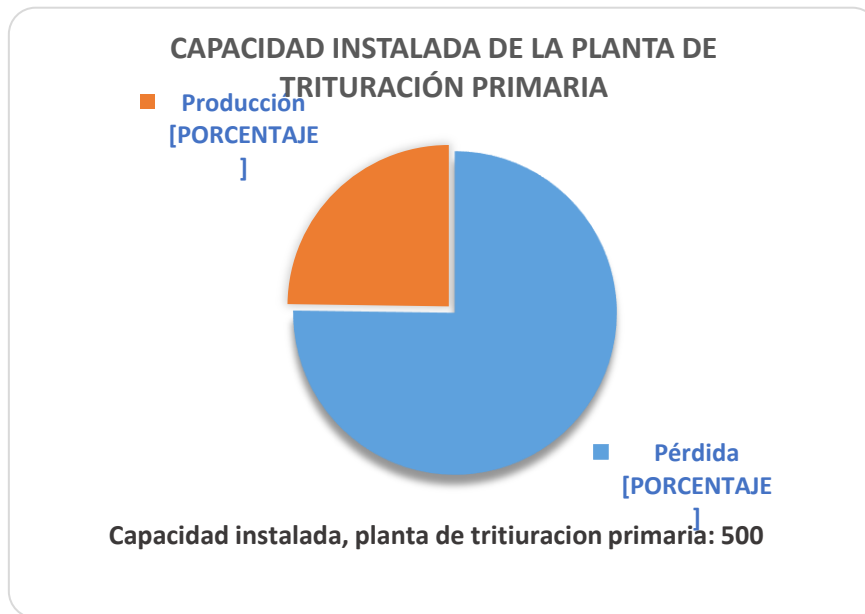
- Horas totales programadas: junio, julio y agosto: 542
- Horas totales efectivas: junio, julio y agosto: 135
- Efectividad: 25%
- Horas efectivas: 2

El turno actual en empresa es de 8 horas, sin embargo las horas proyectadas por turno es de 6.5 horas, debido a que se disminuyen 0.5 horas antes de la entrada del personal 0.5 horas antes y después de la hora de almuerzo del personal y 0.5 horas antes de la hora de salida. Los meses estudiados arrojaron una efectividad del 25% lo cual representa un total de 2 horas de las 6.5 proyectadas por la empresa

Lo expresado anteriormente y recordando que el tiempo promedio por ciclo de acarreo es de 20,46 permite deducir que se pueden realizar un promedio de 6 ciclos por turno, el cual representa una pérdida de 13 ciclos ya que si se pudiera aprovechar el total de las 6.5 horas se podrían realizar 19 ciclos.

A continuación se muestra que según la capacidad instalada de la planta de trituración primaria la cual es de 500 t/h de las cuales en condiciones ideales, es decir, trabajando al 100% las 6.5 horas del turno se podría alimentar a la planta 123,87 t/h según la capacidad de los camiones disponibles, esto representa una pérdida del 75% de la producción con respecto a la capacidad instalada de la primaria (ver grafica 5.16)

Grafica 5. 16 Capacidad Instalada de la planta primaria



5.6 Capacidad de la flota necesaria

La capacidad de la maquinaria de carga y acarreo necesario para poder cumplir con la capacidad instalada de la planta de trituración primaria la cual es de 500 t/h, o también puede ser expresada como 3250 t/día, es calculado de la siguiente manera:

5.6.1 Excavadora:

$$Ciclos = \frac{60 \text{ min}}{0,33 \text{ min}} * 0.90 * 0.80 * 0.90 = 117,81 \approx 118 \text{ ciclos}$$

$$Carga \text{ útil} = \frac{Produccion \text{ horaria necesaria (t/h)}}{Ciclos \text{ efectivos (h)}}$$

$$Carga \text{ útil} = \frac{500 \text{ (t/h)}}{118} = 4,23 \text{ t}$$

$$Volumen \text{ útil (m}^3) = \frac{Carga \text{ útil (t)}}{Densidad \text{ del material suelto (}\frac{t}{m^3}\text{)}}$$

$$\text{Volumen útil (m}^3\text{)} = \frac{4,23 \text{ (t)}}{2,7 \left(\frac{\text{t}}{\text{m}^3}\right)} = 1,56 \text{ m}^3$$

$$\text{Capacidad nominal del cucharón (m}^3\text{)} = \frac{\text{Volumen útil m}^3}{\text{factor de llenado}}$$

$$\text{Capacidad nominal del cucharón (m}^3\text{)} = \frac{1,56 \text{ m}^3}{0,85} = 1,83 \text{ m}^3$$

5.6.2 Camión roquero

$$\text{Carga útil (m}^3\text{)} = \text{Volumen útil} * \text{número de pases} * \text{factor de llenado}$$

$$\text{Carga útil (m}^3\text{)} = 1,83 * 5 * 0,85 = 7,77$$

$$\text{Carga útil (t)} = \text{carga útil (m}^3\text{)} * \text{densidad del material suelto}$$

$$\text{Carga útil (t)} = 7,77 * 2,7 = 20,97 \text{ t}$$

Como se podrá observar, más adelante los equipos operativos en la empresa cuentan con una mayor capacidad, motivado a esto se empleara la carga útil correspondiente a los mismos, y así poder observar la diferencia entre los equipos disponibles y los necesarios para poder cumplir con la capacidad de la planta de trituración primaria

5.6.3 Número de camiones

$$\text{Numero de camiones} = \frac{\text{Producción horaria requerida}}{\text{produccion horaria por camion}}$$

$$\text{Numero de camiones} = \frac{500 \text{ t/h}}{41,28} = 12,11 \approx 12 \text{ camiones}$$

En las siguientes tablas se observa una comparación entre las capacidades de la maquinaria en Canteras Cura y lo calculado

Tabla 5. 19 . Comparación entre las capacidades de la maquinaria de carga y lo calculado

Excavadoras	Capacidad (m3)	Capacidad calculada (m3)
DOSSAN 500	3	1.83
CAT 329D	1.5	

Tabla 5. 20 Comparación entre las capacidades, camiones de acarreo y lo calculado

Camiones roqueros	Capacidad (m3)	Capacidad (t)	Capacidad calculada (t)
CAT 735	19.7	53.19	17.9
BELAZ	15	40.5	
XCMG	15	40.5	

Es notorio que la excavadora DOSSAN 500 está por encima de lo calculado y el CATERPILLAR 329D está por debajo de lo necesario, mientras que los camiones roqueros tienen una mayor capacidad, pero esta no es garante de poder alimentar 500 t/h a la planta primaria, motivo por el cual es necesario aumentar la flota

5.7 Estatus de la maquinaria

A continuación se muestra la flota de maquinaria que posee actualmente la empresa en las tablas 5.21, 5.22 y 5.23 resaltando la marca, el modelo, su estatus, así como también algunas observaciones y la pertenencia del equipo a la cantera debido que actualmente se trabaja en conjunto a una alianza estratégica con una empresa privada.

Tabla 5. 21 Estatus de equipos de acarreo desde el frente de explotación hasta el sistema de trituración.

N	EQUIPO	ESTATUS	OBSERVACIONES
1	Camión roquero BELAZ 7540K	Operativo	Pertenece a cantera
1	Camión roquero BELAZ 7540K	Inoperativo en reparación	Pertenece a cantera. Actualmente se le está realizando reparación del motor.
3	Camión roquero BELAZ 7540K	Inoperativo desincorporado	Pertenece a cantera. Fallas mecánicas múltiples: Motor fundido, falta de neumáticos, falla en el sistema de embrague y de aire acondicionado, así como problemas estructurales en cabina.
1	Camión CATERPILLAR 735	Operativo	Pertenece a la alianza privada.
1	Camión XCMG	Operativo	Pertenece a la alianza privada.
2	Camión XCMG	Inoperativo en reparación	Reparaciones múltiples: motor, adaptaciones en el sistema eléctrico

			mecánico, sistema de aire acondicionado y cambio de neumáticos.
--	--	--	---

Tabla 5. 22 Estatus de equipos de acarreo desde las tolvas de descarga del sistema de trituración hasta el patio de almacenamiento.

N	EQUIPO	ESTATUS	OBSERVACIONES
1	Camión 927	Operativo	Capacidad de 24 m ³
1	Camión 104	Inoperativa en reparación	Reparación en sistema de embrague
2	Camión 824	Operativa	Capacidad de 13 m ³
1	Camión 103	Inoperativa en recuperación	Falla en el sistema hidráulico (gato de levantamiento de la tolva) y falta de batería.

Tabla 5. 23 Estatus de maquinaria pesada.

N	EQUIPO	ESTATUS	OBSERVACIONES
1	Cargador CATERPILLAR 950G	Inoperativo en reparación	Pertenece a la alianza privada. Este equipo presenta fallas eléctricas.
1	Excavadora CATERPELLIAR 320 LC	Inoperativo en reparación	Pertenece a la alianza privada. Actualmente se encuentra sin batería
1	Excavadora CATERPELLIAR 329 D	Operativa	Pertenece a la alianza privada.
1	Excavadora DOOSAN 500LCV Giant	Operativa	Pertenece a la alianza privada.
1	Excavadora DOOSAN 500LCV Giant	Inoperativa en reparación	Pertenece a la alianza privada. A este equipo se le está realizando sustitución del motor, mejoras en el sistema hidráulico (gato de levantamiento de la pluma)
1	Cargador frontal CATERPILLAR 980H	Inoperativo en reparación	Pertenece a la cantera
1	Cargador frontal XCMG 800K	Operativo	Pertenece a la alianza privada
1	Tractor CATERPILLAR D-8T	Inoperativo en reparación	Pertenece a la cantera, este equipo presenta fallas en el sistema hidráulico, bomba piloto.
1	Tractor CATERILLAR D-9T	Operativo	Pertenece a la alianza privada.

5.8 Disponibilidad mecánica de los equipos de carga, acarreo y beneficio.

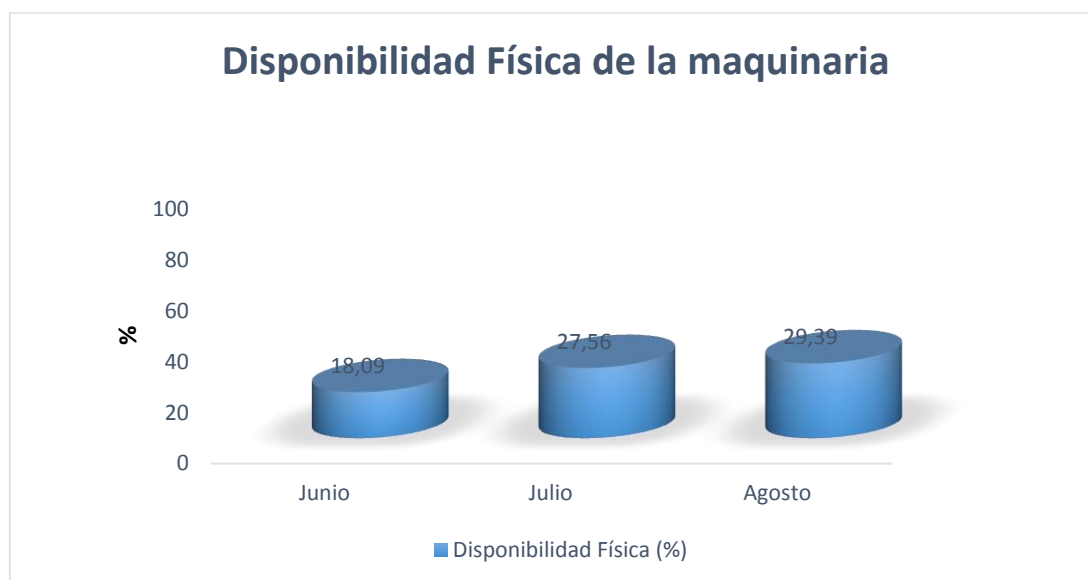
El buen funcionamiento de los equipos depende del estatus de las vías, del mantenimiento preventivo, además de esto, depende directamente de proveedores.

5.8.1 Disponibilidad física de la maquinaria

Tabla 5. 24. Disponibilidad física de la maquinaria

Mes	Disponibilidad Física (%)
Junio	18,09
Julio	27,56
Agosto	29,39

Grafica 5. 17 Disponibilidad física de la maquinaria



5.8.2 Disponibilidad física de la planta de trituración

Tabla 5. 25 Horas de parada línea 2 de trituración para el mes de junio Fuente: Gerencia de Operaciones, Canteras Curas

JUNIO	HORAS
Obstrucción del molino	0.5
Falla mecánica	36.5
Falla eléctrica	15
Falta de alimentación	57
Túnel vacío	14
Revisión, ajustes y mantenimiento general	19.5
Otras	13.5

Grafica 5. 18 Horas de parada línea 2 de trituración para el mes de junio Fuente: Gerencia de Operaciones, Canteras Curas, generada por el autor

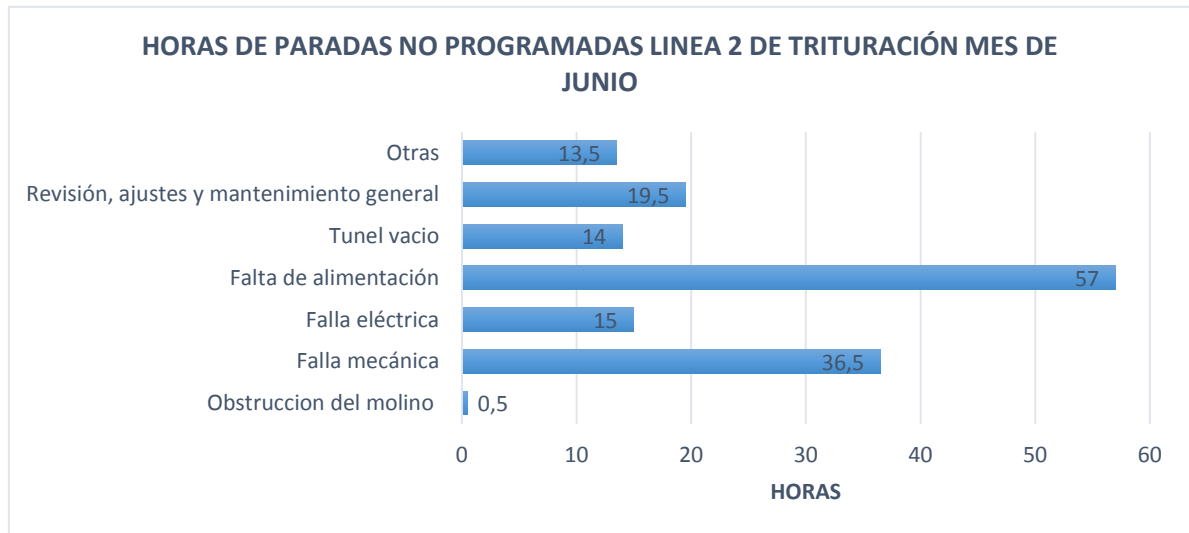


Tabla 5. 26. Horas de parada línea 2 de trituración para el mes de julio Fuente: Gerencia de Operaciones, Canteras Curas

JULIO	HORAS
Limpieza de alimentadores / Bajantes / Zarandas	5.5
Falla mecánica	2
Lluvia /Material húmedo	10
Falta de alimentación	104
Túnel vacío	5
Revisión, ajustes y reparaciones generales	0.5
Otras	25.25

Grafica 5. 19 Horas de parada línea 2 de trituración para el mes de julio Fuente: Gerencia de Operaciones, Canteras Curas, generada por el autor.

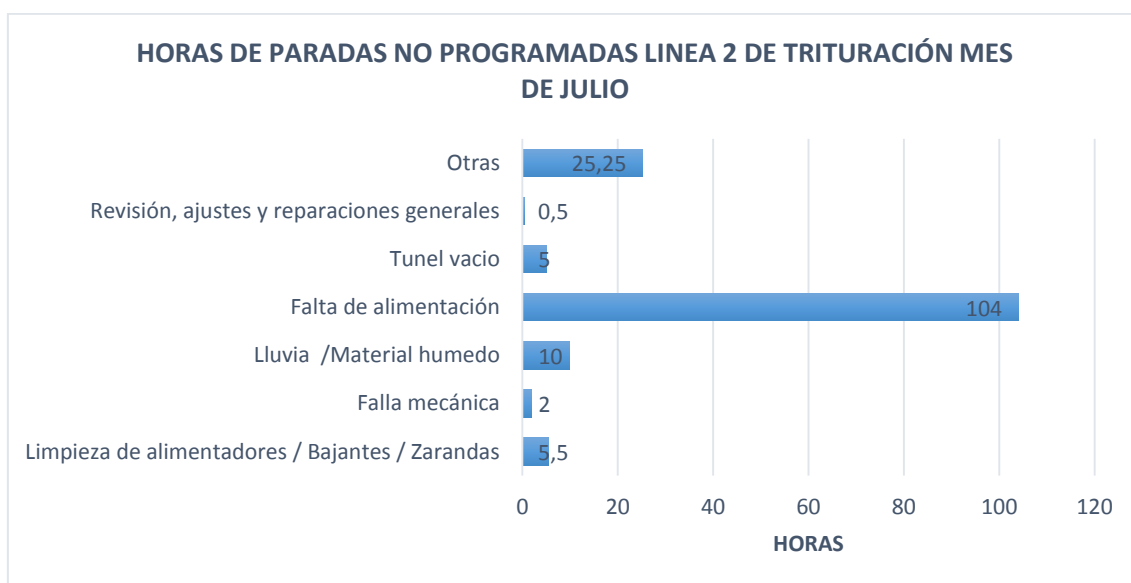
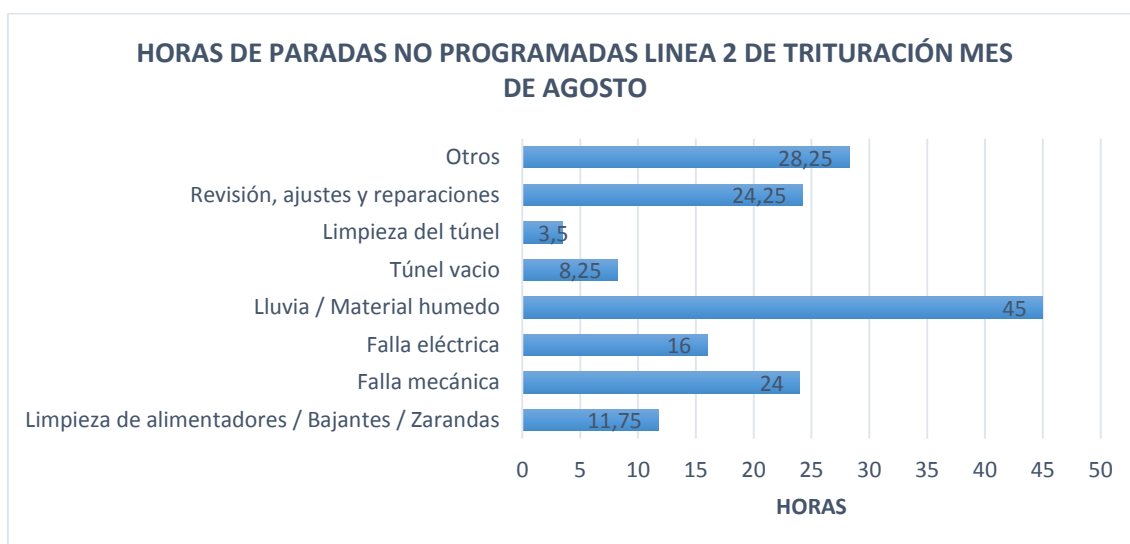


Tabla 5. 27 Horas de parada línea 2 de trituración para el mes de agosto Fuente: Gerencia de Operaciones, Canteras Curas

AGOSTO	HORAS
Limpieza de alimentadores / Bajantes / Zarandas	11.75
Falla mecánica	24
Falla eléctrica	16
Lluvia / Material humedo	45
Túnel vacío	8.25
Limpieza del túnel	3.5
Revisión, ajustes y reparaciones	24.25
Otros	28.25

Grafica 5. 20 Horas de parada línea 2 de trituración para el mes de agosto Fuente: Gerencia de Operaciones, Canteras Curas, generada por el autor.

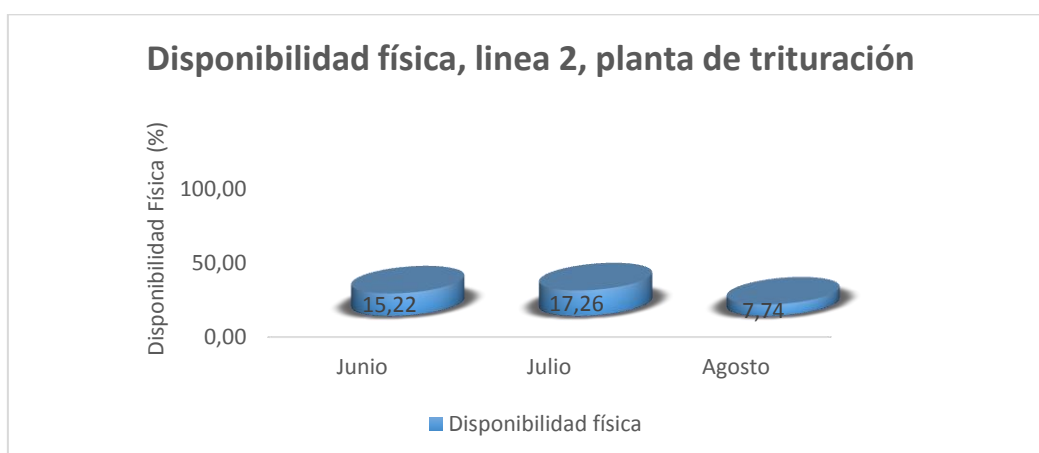


En general, según las horas de paradas de la línea de trituración se obtuvieron los siguientes resultados

Tabla 5. 28 Disponibilidad física planta de trituración, línea 2.

MES	Horas totales programadas	Horas efectivas	Horas de parada	Disponibilidad física
Junio	184	28	156	15,22
Julio	184	31,75	152,25	17,26
Agosto	174,5	13,5	161	7,74

Grafica 5. 21. Disponibilidad física planta de trituración, línea 2.



5.9 Mantenimiento de los equipos

El mantenimiento de los equipos forma parte del pilar fundamental que permitirá cumplir con las metas de producción, debido a que si no se posee la cantidad de equipos necesarios para la carga y el acarreo de material ocasionará un retraso en las operaciones, de igual forma ocurre con la planta de trituración y clasificación, por tal motivo es necesario realizar un correcto mantenimiento a la maquinaria para que el rendimiento real del desgaste satisfaga las necesidades de la flota y poder evitar demoras perjudiciales para el proyecto.

- **Reparación en funcionamiento:** este tipo de reparaciones en los equipos ocurren por pérdidas y roturas leves durante un turno de trabajo, generalmente son realizadas en campo y terminadas en un tiempo corto menor al tiempo total del turno.
- **Mantenimiento preventivo programado:** en Canteras Cura se realizan paradas programadas por equipos cada 200 horas trabajadas por el equipo y generalmente son realizadas para efectuar cambios de lubricantes y filtros, ajustes, inspecciones, sustitución de piezas menores. Este mantenimiento se planifica y coordina para realizarse durante las visitas programadas al taller.
- **Revisiones mayores:** Este tipo de reparaciones consisten en programar una parada de la flota y realizar un mantenimiento general con mayor profundidad, actualmente en Canteras Cura no se realiza este tipo de parada.

5.9.1 Gestión de mantenimiento general

Constantemente se realizan trabajos preventivos como lubricación de todos los reductores, zarandas y engrase de todos los molinos, chumaceras, rodamientos y equipos móviles, limpieza de material en túnel, pasillos y áreas comunes de las diferentes líneas, limpieza de tableros de contactos, ventilación de motores eléctricos, cheque de ruidos, voltajes de los mismos. En la siguiente grafica se presentan las operaciones de mantenimiento realizadas en los meses de junio, julio y agosto, para la línea 2 de trituración y equipos

Tabla 5. 29 Gestión de mantenimiento general Fuente: Departamento de Mantenimiento

Mes	Línea 2	Equipos
Junio	Relleno de rodillos de molino 30-30 N° 2 de la secundaria.	Reparación de tobo del excavador 320 CAT
	Fabricación de bandeja de descarga de la zaranda N° 2 de la secundaria	Relleno de dientes del tobo del excavador Doosan 500
	Fabricación de rodillos, guías, laterales y soportes	Colocación de la mina acrílica ventanilla de la volqueta 927
	Lubricación de reductores, zarandas, molinos, chumaceras y rodamientos.	Sabotaje del excavador Doosan 500 (corte de ramales de circuito eléctrico, robo de batería)
	Limpieza de las tolvas, pasillos y áreas comunes.	
	Mantenimiento eléctrico: limpieza de tableros de contactos, ventilación de motores eléctricos, chequeo de ruidos y revisión de voltajes.	
Julio	Limpieza de rodillo de la primaria	Cambio de gato hidráulico por fuga de aceite en los sellos al excavador Doosan 500
	Limpieza de material de la primaria	Reparación del roquero 735 CAT (Grupo Supraminería C.A)
	Limpieza de la alimentador de la primaria	Reparación del motor roquero BELAZ N° 20
	Limpieza de reductores, zarandas, molinos, chumaceras y rodamientos	Reparación de tractor CAT D9T
	Limpieza de las tolvas, pasillo y áreas comunes	
	Mantenimiento eléctrico; limpieza de tableros de contactos, ventilación de motores eléctricos, chequeo de ruidos y revisión de voltajes	
	Cambio de empacaduras y cortes de la zaranda N° 1 de la secundaria	

Agosto	Adaptación de un tapón respiradero de gases de la zaranda N° 2 de la secundaria	
	Limpieza de mallas de la primaria	
	Limpieza con el minishovel CAT en la primaria y secundaria	
	Fabricación de tapón con respiradero para la zaranda N° 4 en la secundaria	
	Lubricación de reductores, zaranda, molinos, chumaceras y rodamientos.	



Figura 5. 4 Reparaciones y mantenimiento de la maquinaria fija y móvil

5.10 Planta de trituración y clasificación

Canteras Curas cuenta con tres líneas de producción, las cuales son: la producción de arena lavada y dos líneas de trituración de piedra donde se extrae diferentes rubros tales como: arrocillo, polvillo y piedra N° 1, las cuales fueron instaladas en los años 70, teniendo aproximadamente 46 años de uso, trayendo como consecuencia elevadas fallas mecánicas debido al deterioro extenso de los sistemas. Actualmente de las dos líneas de trituración de piedra solo se encuentra operativa la línea N° 2, la cual fue estudiada a fin de implementar una metodología que permita cuantificar el tiempo en función del volumen de material producido por la planta. Para esto es necesario describir el proceso de la línea 2 de trituración y clasificación, así como los distintos factores que intervienen en el rendimiento del proceso.

5.10.1 Trituración primaria

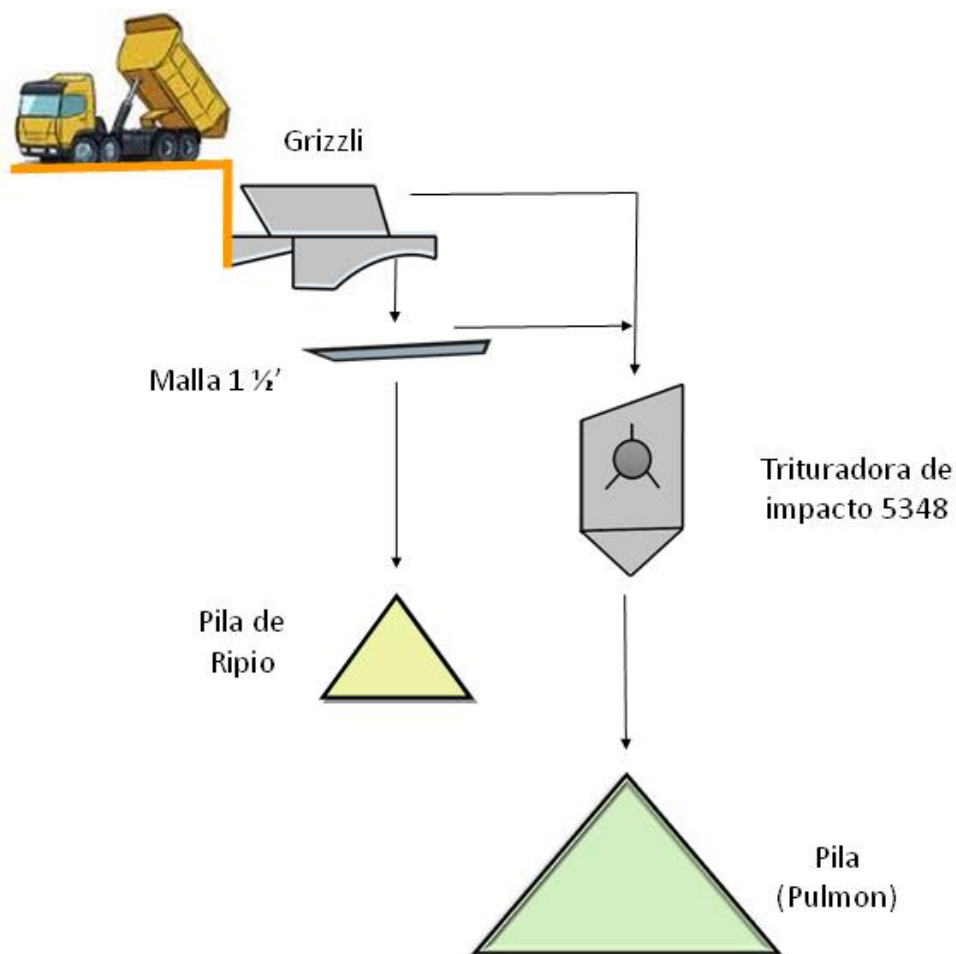


Figura 5. 5 Proceso de planta primaria de trituración y clasificación línea 2



Figura 5. 6 Grizzli, planta primaria, descarga directa por camiones



Figura 5. 7 Planta de trituración primaria

Esta planta primaria tiene una capacidad instalada de 500 t/h, donde los camiones descargan sobre un Grizzli, que clasifica el material proveniente del frente de explotación, el retenido es dirigido a la trituradora de impacto, mientras que el pasante pasa a ser clasificado en una malla 1 ¼' y el pasante a esta, es transportado por cintas transportadoras hasta la pila de rechazo (ripió), mientras que el retenido es alimentado a la trituradora de impacto y el producto es dirigido hacia la pila de pulmón que alimenta a la planta de trituración secundaria. Está constituida por 4 bandas transportadoras y un alimentador vibratorio una malla 1 ¼' y un triturador de impacto.

5.10.2 Trituración secundaria

En esta planta el material es ingresado al sistema mediante el alimentador JEFFREY, este material es procedente de la pila (pulmón) descargada de la trituración primaria. La misma cuenta con 9 bandas transportadoras, dos (2) molinos de rodillos 3030, un (1) triturador de impacto 4325 y un (1) molino de rodillos 3018, actualmente fuera de servicio, además el sistema cuenta con cuatro (4) zarandas y cuatro (4) tolvas para descargar el producto terminado. El proceso se muestra en la figura 5.16

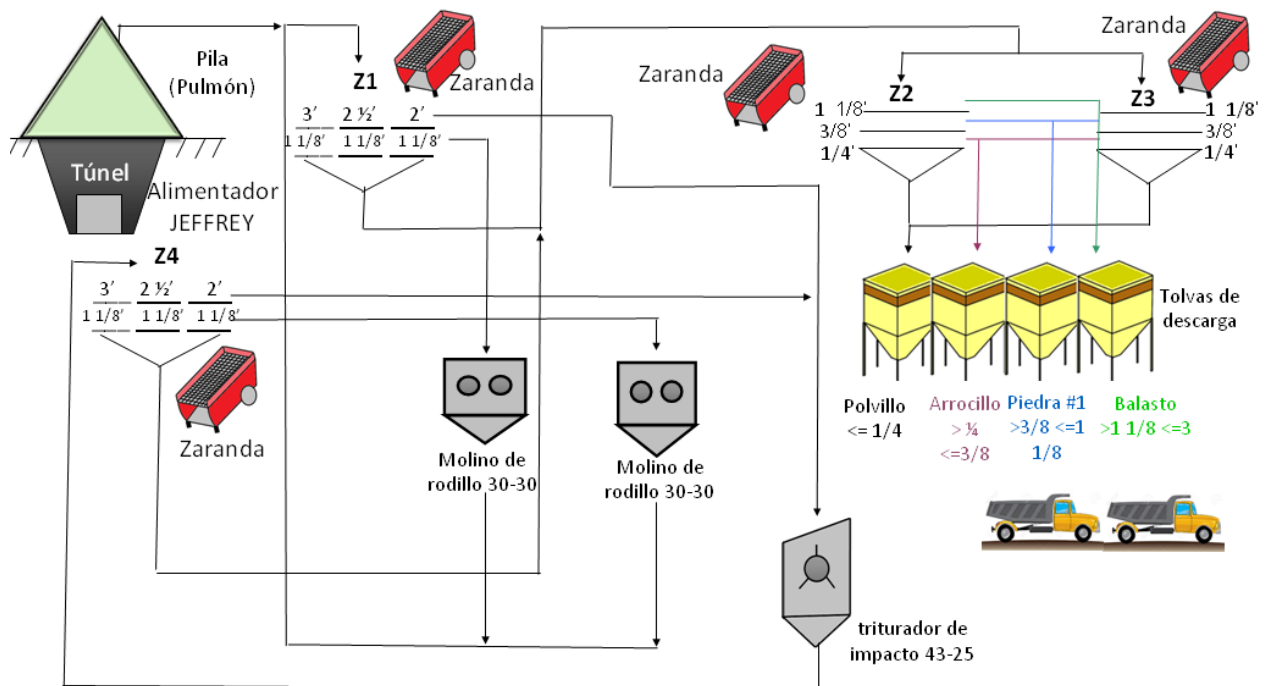


Figura 5. 8 Proceso de planta primaria de trituración y clasificación línea 2 Fuente: Elaborada por el autor



Figura 5. 9 Planta de trituración secundaria Fuente: Gerencia de Operaciones, Canteras Curas C.A

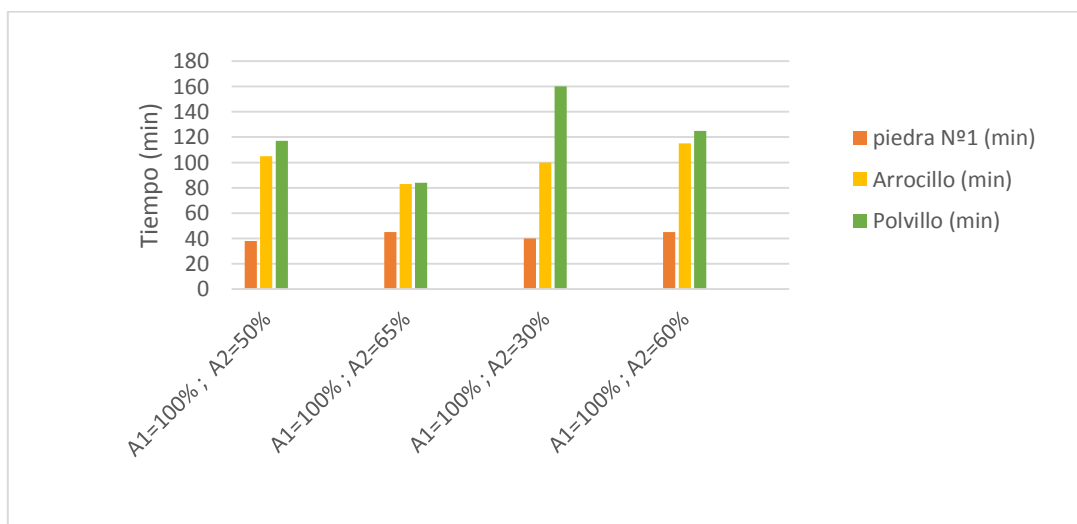
5.11 Tolvas de descarga

Con el objeto de poder determinar una metodología para la cuantificación del producto terminado, se tomó en campo, los tiempos de llenado de cada una de las tolvas de descarga de piedra N° 1, arrocillo y polvillo arrojando los resultados presentados en la tabla 5.30, donde A1 y A2 representan a los alimentadores 1 y 2 respectivamente

Tabla 5. 30. Tiempo de llenado de las tolvas de producto terminado

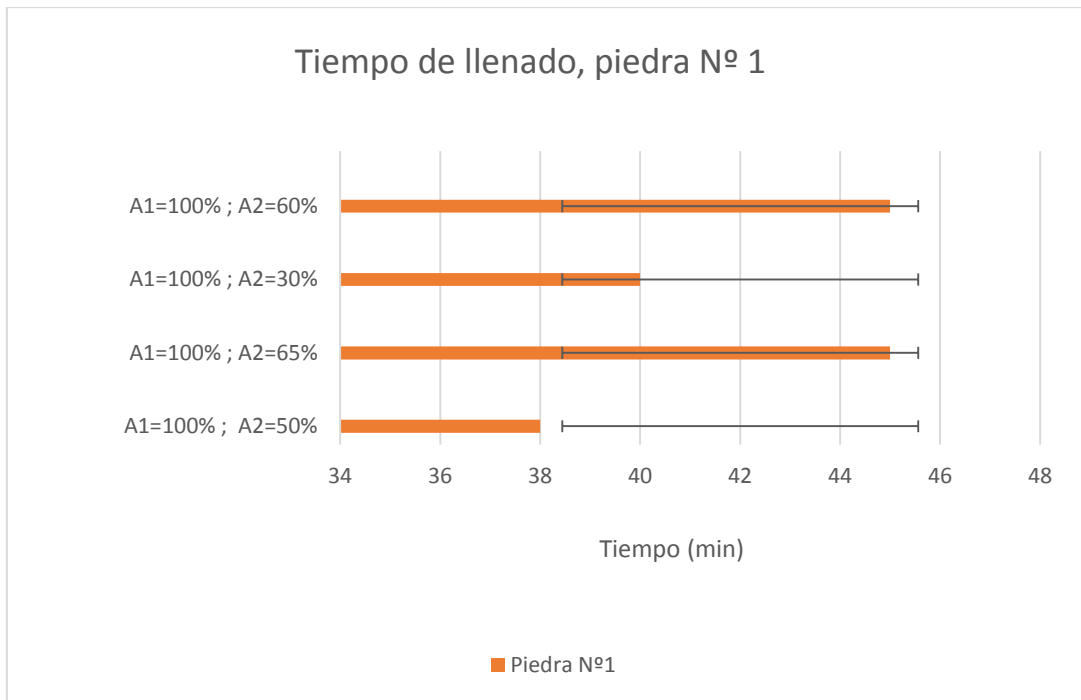
Alimentadores (%)	piedra N°1 (min)	Arrocillo (min)	Polvillo (min)
A1=100% ; A2=50%	38	105	117
A1=100% ; A2=65%	45	83	84
A1=100% ; A2=30%	40	100	160
A1=100% ; A2=60%	45	115	125
Media	42	100,75	121,5
Varianza	12,67	178,92	973,67
Desviación estándar	3,56	13,38	31,20

Grafica 5. 22. Tiempo de llenado de las tolvas de producto terminado Fuente: Elaborada por el autor

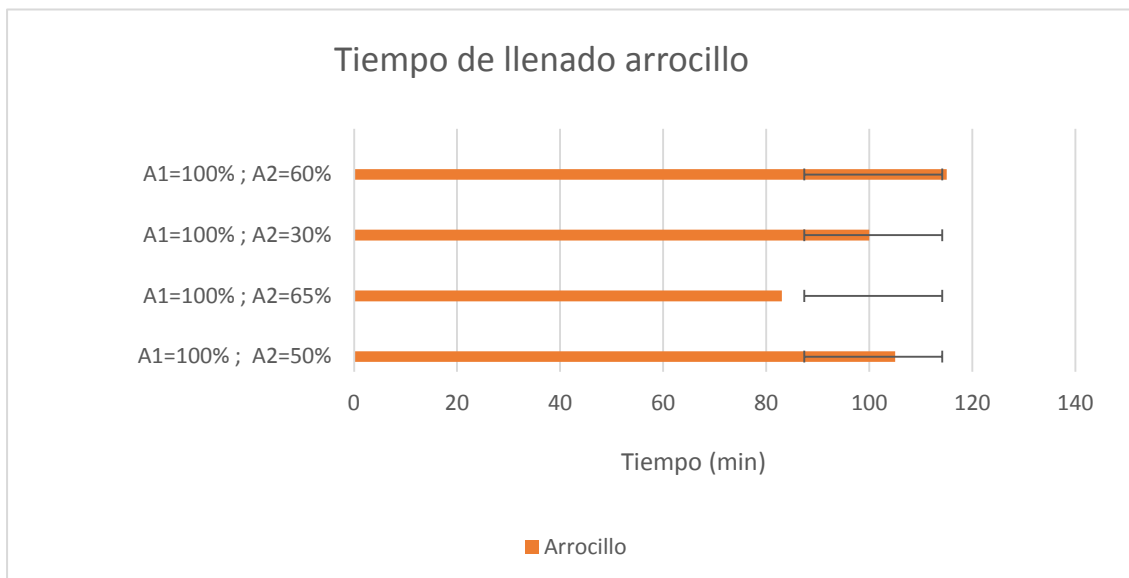


Detallando cada uno de los gráficos por separado, se puede apreciar como varían con respecto a su media

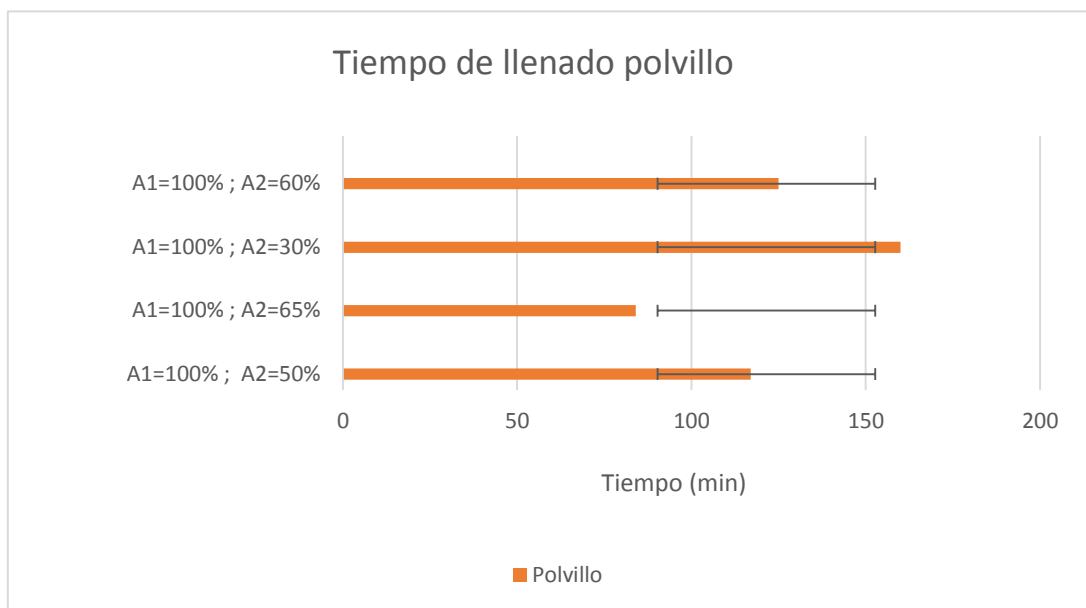
Grafica 5. 23 Tiempo de llenado de piedra N° 1 Fuente: Elaborada por el autor



Grafica 5. 24 Tiempo de llenado de arcocillo Fuente: Elaborada por el autor



Grafica 5. 25 Tiempo de llenado de arrocillo Fuente: Elaborada por el autor



Estos valores se alejan de la media debido a distintos factores:

- Tipo de roca, granulometría
- Contenido de humedad del material a procesar
- Frecuencia del alimentador

Tipo de roca

La roca estudiada es una serpentinita, la cual presenta una calidad relativamente buena con respecto a la voladura, sin embargo en el frente de explotación, debido al contacto con los esquistos existe una presencia importante de material fino, el cual es aprovechado, pero este, influye directamente en el tiempo de llenado de las tolvas de polvillo y arrocillo, dado que, mientras mayor presencia de fino se encuentre en el material procesado, menor tiempo de llenado de las tolvas de arrocillo y polvillo.

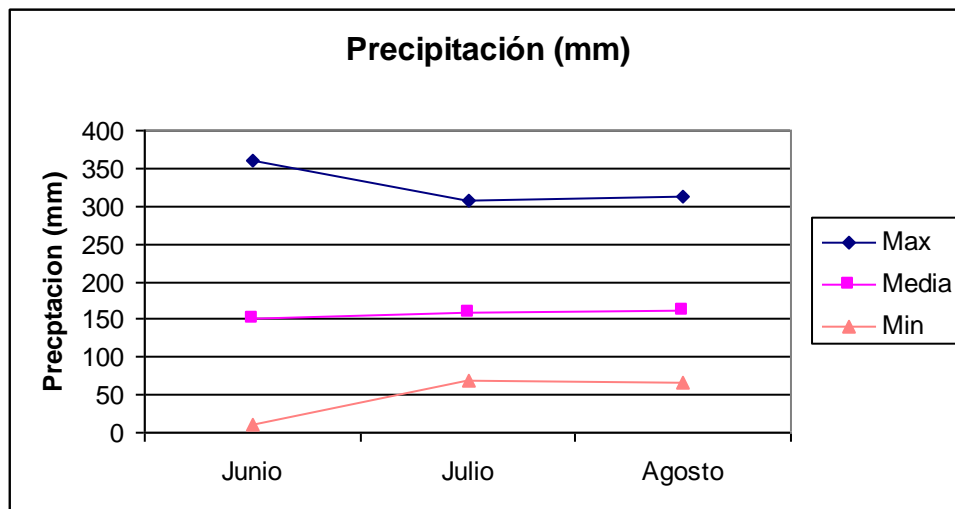
Contenido de humedad del material a procesar

Según los datos extraídos del INAMEH donde se observan los estadísticos de precipitación en la estación de Valencia, estado Carabobo, entre el periodo de 1950-1998 las precipitaciones máximas medias y mínimas extrayendo los meses de estudio los cuales son: junio, julio y agosto, se muestran a continuación

Tabla 5. 31 Histórico de precipitaciones para los meses de junio, julio y agosto Fuente: INAMEH

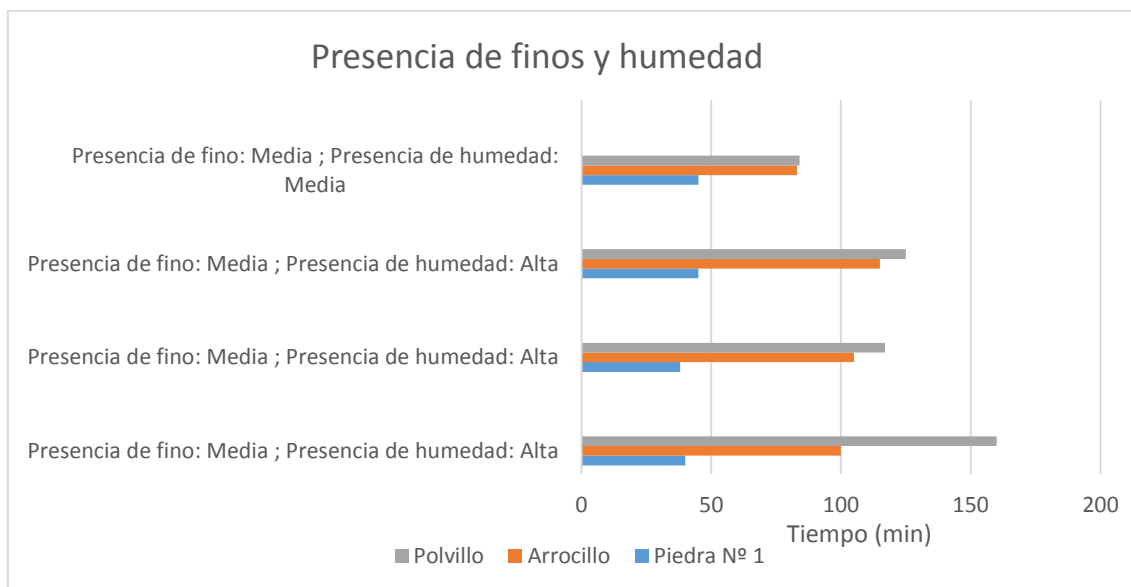
Precipitación (mm)	Junio	Julio	Agosto	Promedio
Max	361	306,3	311,4	326,23
Media	150,1	159,3	162,1	157,17
Min	10,7	69,1	66,9	48,90

Grafica 5. 26 Histórico de precipitaciones para los meses de junio, julio y agosto Fuente: INAMEH



Se puede observar una media de 326,23 mm de precipitaciones, el cual es bastante elevado y representa un periodo de lluvias continuas que influye en la efectividad del proceso, y de esta forma directamente al estudio, debido al gran porcentaje de humedad en el material estudiado, este influye en el tiempo de llenado de las tolvas de polvillo y arrocillo, puesto que el material fino se adhiere a la roca, dando como resultado un rubro de piedra N° 1 contaminado y más tiempo invertido en completar el llenado de las tolvas de polvillo y arrocillo como se mencionó anteriormente, tal y como se muestra en la gráfica 5.27

Grafica 5. 27 . Presencia de finos y humedad en relación con el tiempo de llenado de las tolvas de descarga



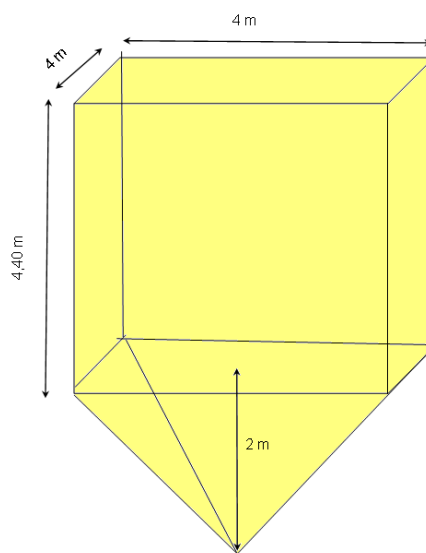
Frecuencia del alimentador

La frecuencia de la alimentación depende de la corriente suministrada, ya que esta cambia la dirección del flujo magnético produciendo la vibración de las barras

5.11.1 Cálculo de volumen de las tolvas de descarga

Para el cálculo del volumen de las tolvas de descarga se tomaron las medidas de cada uno de sus lados y se realizó la suma del volumen de un cubo y la pirámide de base cuadrada como se observa en la figura

Dimensiones de las tolvas de descarga

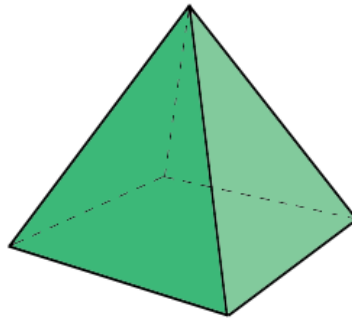


➤ Volumen de una pirámide de base cuadrada

$$V=1/3*\text{Área de la base}* h$$

Tabla 5. 32 Área de pirámide base cuadrada

Área de la base (m2)	Altura (m)	Volumen (m3)
16	2	10,67



➤ Volumen de un cubo

$$V=a*a*a$$

Tabla 5. 33 Área de un cubo

Lado1 (m)	Lado2 (m)	Lado3 (m)	Volumen (m3)
4	4	4,4	70,4



➤ Volumen total de la tolva

$$V = V_{\text{pirámide base cuadrada}} + V_{\text{cubo}}$$

Volumen (m3)
81,07

Según los datos obtenidos en campo se puede llegar a la conclusión que por cada hora se obtendrán los siguientes volúmenes de producto terminado



Figura 5. 10 Tolvas de descarga de producto terminado Fuente: Por el autor, Canteras Cura C.A, 2016



Figura 5. 11 Tolvas de descarga de producto terminado Fuente: Por el autor, Canteras Cura C.A, 2016

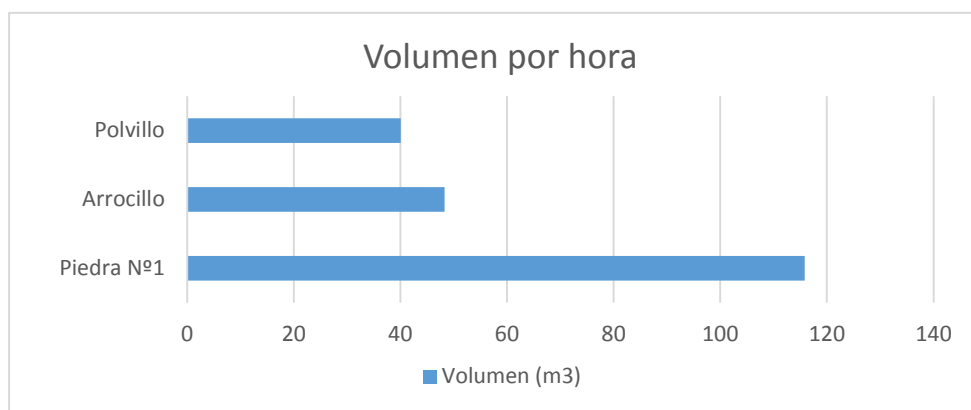
3.11.2 Promedio de llenado de las tolvas de descarga, producto terminado

Según el tiempo tomado en campo y el volumen calculado de las tolvas se puede determinar la siguiente relación (Ver tabla 5.34)

Tabla 5. 34 Volumen de producto terminado por hora

Producto	Tiempo (h)	Volumen (m3)
Piedra N°1	1	115,81
Arrocillo	1	48,27
Polvillo	1	40,03

Grafica 5. 28 Volumen por hora



3.12 Comparación de la metodología propuesta con la implementada en la empresa

De acuerdo con la productividad del mes de agosto, periodo donde se comenzó a trabajar con un turno de 8 horas, se pudo determinar la relación que existe entre la producción de piedra N° 1, arrecillo y polvillo para un tiempo determinado.

En la siguiente gráfica, se observan los datos extraídos de la gerencia de Operaciones, donde se denotan las producciones alcanzadas en un determinado tiempo de operación de la planta de trituración secundaria.

Tabla 5. 35 Producción de piedra N° 1, arrocillo y polvillo por horas operativas de la planta de trituración

Fuente: Gerencia de Operaciones, Canteras Cura C.A

	15- ago	16- ago	17- ago	19- ago	20- ago	22- ago	29- ago	30- ago	31- ago	PROMEDIO
Piedra (m3)	104	424	426	315	681	174	184	451	561	368.89
Arrocillo (m3)	0	130	78	120	188	34	39	85	119	88.11
Ppolvillo (m3)	26	182	116	288	337	51	68	170	221	162.11
Horas trabajadas	1.5	4	4	4	6.25	1.5	2.25	4	4.5	3.56

De esta forma se pudo encontrar la siguiente relación entre producción de agregados y tiempo de operación de la planta, utilizando la forma de medición empírica utilizada actualmente en la empresa.

Tabla 5. 36. Relación entre producción de agregados y tiempo de operación de la planta

Producto	Tiempo (h)	Volumen (m3)
Piedra N°1	1	103.62
Arrocillo	1	24.71
Polvillo	1	45.53

En la siguiente tabla se observa la diferencia existente entre la metodología utilizada en la empresa y la investigada en el presente trabajo

Tabla 5. 37 Comparación de la metodología empleada en la empresa y la metodología propuesta

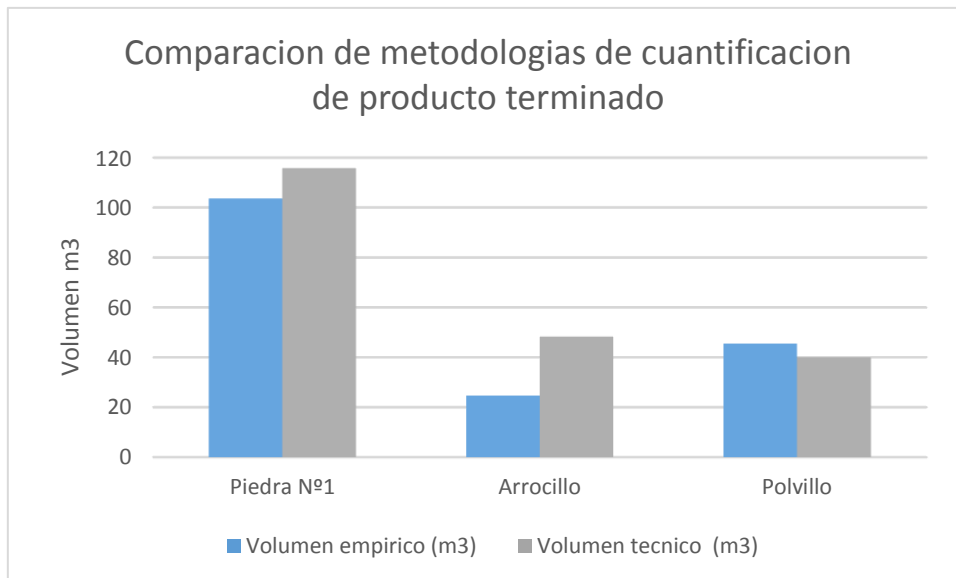
Producto	Volumen empírico (m3)	Volumen técnico (m3)	Error (m3)
Piedra N°1	103.62	115.81	12.19
Arrocillo	24.71	48.27	23.56
Polvillo	45.53	40.03	5.5

Dónde:

Volumen empírico: volumen por el cual la empresa cuantifica el producto terminado

Volumen técnico: volumen calculado como metodología de cuantificación de la presente investigación

Grafica 5. 29 Comparación de metodologías de cuantificación de producto terminado



El mayor grado de error se presenta en la producción de arrocillo, dado que este material es el más propenso a los factores de humedad a los cuales se encontraba expuesto el material procesado, debido a que las mediciones y cálculos fueron realizados en un periodo de lluvias constantes.

CONCLUSIONES

Según los resultados obtenidos del estudio, se pudo establecer una metodología de cuantificación de los procesos productivos de carga, acarreo y beneficio mineral de roca serpentinita de Canteras Cura C.A, para ello se cumplieron los siguientes objetivos:

- Se logró establecer los tiempos de ciclos efectivos por turno, obteniendo un promedio de 20,46 minutos desde la carga del material en el frente de explotación hasta que sea descargado en la planta de trituración primaria, este tiempo total del ciclo se clasificó en tiempos fijos y variables, los cuales varían con respecto a su media debido a distintos factores, ya sea por, experiencia del conductor, condiciones de la vías, condiciones climáticas, número de camiones, disponibilidad del cargador, entre otras. Se determinó a su vez que las velocidades varían entre 5 y 30 km/h debido a las pendientes a las que se encuentran enfrentados los camiones, para así poder vencer la resistencia a las pendientes, la misma fue calculada obteniendo valores elevados de 75,41 y 268,38 en los tramos B y C respectivamente los cuales representan las pendientes más pronunciadas de toda la vía de acarreo, además se calculó el largo de la pista de acarreo, con un valor de 2284 m y se comprobó que cumple con las medidas de las bermas de seguridad pero no tienen el ancho operativo ideal el cual debería ser de 17 m.
- Se alcanzó evaluar la disponibilidad física de los equipos de carga y acarreo, encontrando que la cantidad de equipos operativos en la empresa no son suficientes, para cumplir con la capacidad instalada de la planta de trituración. Este resultado se obtuvo evaluando la disponibilidad física de la maquinaria la cual arrojó valores de 18,09%, 27,56% y 29,39% para los meses de junio, julio y agosto respectivamente y la disponibilidad física de la planta de trituración fue de 15,22%, 17,26% y 7,74 para los meses de junio, julio y agosto respectivamente. Se calculó la flota necesaria para cumplir con el objetivo de alimentar a la planta de trituración, con una capacidad instalada de 500 t/h a lo cual se llegó a la conclusión que la flota actual debe ser aumentada en un 75%.

- Se logró describir el proceso de la planta de trituración y clasificación el cual permitió conocer cada uno del procedimiento para lograr la producción de piedra N° 1 ($>3/8 \leq 1 1/8$), arrocillo ($> 1/4 \leq 3/8$) y polvillo ($\leq 1/4$), comenzando con la planta primaria donde alimenta material a la planta secundaria, en este punto fue importante determinar el modo operativo de los alimentadores de la secundaria, el cual se encontró que dependen de la frecuencia y la amplitud de la vibración, el cual fue un punto clave para la determinación de la metodología de cuantificación del producto terminado por esta planta.

- Se estableció una metodología de cuantificación de producto terminado, para esto fue necesario tomar los tiempos de llenado de las tolvas la cual varía según la frecuencia y amplitud de los alimentadores, además influyen factores como el tipo de roca, granulometría y contenido de humedad del material a procesar, sin embargo se logró obtener una media de llenado de dichas tolvas, el cual fue de 42 minutos para la piedra N° 1, 100,75 minutos para el arrocillo y 121,5 minutos para el polvillo, el cual permitió crear una relación donde implica que cada hora en la cual se encuentre operativa la planta de trituración secundaria se obtendrá 115,81 m³ de piedra N°1, 48,27 m³ de arrocillo y 40,03 m³ de polvillo.

- Se logró comparar la metodología empleada por la empresa, con la propuesta en el presente informe.

RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en este proyecto de investigación se realizan las siguientes recomendaciones:

- En especial a la gerencia de operaciones, se le recomienda tomar en cuenta los resultados obtenidos, puesto que ayudara a disminuir el error en la cuantificación del producto terminado y demás procesos vitales, como lo son la carga el acarreo y el beneficio mineral.
- Es importante continuar con la investigación, debido a que la misma fue realizada en un periodo de lluvias constantes, es necesario realizar mediciones de tiempo de llenado de las tolvas de descarga en periodos de sequía, para así poder observar el comportamiento de los mismos resultados con los presentados en este informe.
- Se recomienda realizar un estudio de las pérdidas monetarias generadas por el error calculado en la cuantificación del producto terminado.
- Es necesario, cumplir con los anchos operativos y bermas de seguridad de las pistas de acarreo para futuros accesos, además se recomienda tener un mayor cuidado en las vías, ya que el descuido de las mismas generan un mayor desgaste en los equipos acortando su vida útil, es necesario la utilización de la motoniveladora para cumplir con tal función y regar las vías de acarreo para evitar las partículas en suspensión en el ambiente.
- El mantenimiento preventivo es de vital importancia, puesto que la disponibilidad física de la maquinaria está siendo afectada por fallas mecánicas recurrentes, se recomienda hacer paradas generales donde se le realice mantenimiento a toda la flota incluyendo la línea de trituración, para lograr aumentar dicha disponibilidad.

- De no ser posible un proyecto de inversión que pueda incorporar nuevos equipos capaces de aprovechar a un 100% la capacidad instalada de la planta, se recomienda sincerar la producción en base a la flota operativa.

- Es importante que se continúe una línea de investigación dentro de la empresa donde se pueda contar con trabajos científicos que contribuyan con el porvenir de la empresa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Jorge González (Abril, 2014). PLAN DE EXPLOTACIÓN; Canteras Cura C.A. San Joaquín; Estado Carabobo.

M. Bustllo Revuelta, C. López Jimeno (1997). Manual de Evaluación y Diseño de Explotaciones Mineras. Madrid.

Alejandro Cruzat G. (Agosto 2008).Curso Carguío y Transporte. Universidad de la Serena

Eduardo Pelaez (1981). Preparación y Concentración de Minerales. Universidad Central de Venezuela, Caracas.

Luis Fueyo Casado (1999). Equipos de Trituración, Molienda y Clasificación. Tecnología, Diseño y Aplicación. Editorial Rocas y Minerales, Madrid.

(2007). Manual de Rendimiento CATERPILLAR. Publicación Cat® editada por Caterpillar Inc., Peoria, Illinois, EE.UU.

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH)

Chao, L. L. (1997). Introducción a la Estadística. D. F, México: Compañía Editorial Continental

Spiegel, M. R. (1991). Estadística (2da ed.). D. F, México: McGraw Hill.

Introducción a la Metodología de la Investigación. Autor: Héctor Luis Ávila Baray. Disponible en <http://tesisdeinvestig.blogspot.com/2011/05/capitulo-iv-analisis-de-datos.html> [Consultado septiembre 10, 2016]

Cedarapids. Parts, Maintenance and Operation Manual. IOWA Manufacturing Company, CEDAR RAPIDS, IOWA, U.S.A.

(March, 1970). Installation and Operating Instructions for JEFFREY VIBRATING FEEDERS. JEFFREY Manufacturing.