

OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESO MINEROS REALIZADOS EN EL ÁREA DE  
CANTERA EN LA PLANTA CEMENTERA DEL GRUPO ARGOS, TOLUVIEJO

GUSTAVO ADOLFO PERPIÑÁN REYES

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA

FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO

ESCUELA INGENIERÍA DE MINAS

SOGAMOSO

2014

OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESO MINEROS REALIZADOS EN EL ÁREA DE  
CANTERA EN LA PLANTA CEMENTERA DEL GRUPO ARGOS, TOLUVIEJO

GUSTAVO ADOLFO PERPIÑÁN REYES

Código: 200920252

Proyecto de grado modalidad práctica empresarial presentada como requisito  
para optar el título de ingeniero en minas

DIRECTOR

ING. JAIME WILLIAM JOJOA

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA

FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO

ESCUELA INGENIERÍA DE MINAS

SOGAMOSO-BOYACA


2014

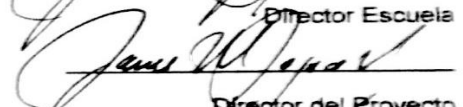
Nota de aceptación

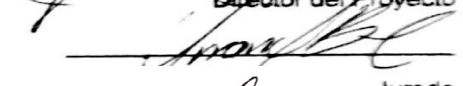
---

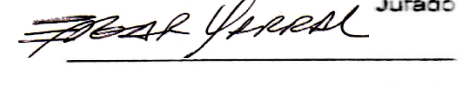
---

---

  
Director Escuela

  
Director del Proyecto

  
Jurado

  
Jurado

Sogamoso, Octubre 30 de octubre de 2014

A MI MAMA POR  
HACER ESTO POSIBLE.

## AGRADECIMIENTOS

Dios

Por siempre estar conmigo, por nunca abandonarme, y cogerme de su mano y no soltarme

Mamá

Aunque no te lo diga seguido eres la persona más importante en mi vida y es por ti que esto es posible, gracias por ser mi apoyo incondicional, por confiar en mí y nunca darme la espalda eres la persona que siempre ha estado allí para mí y yo siempre estaré allí para ti toda la vida. Este triunfo no es solo mío, es fruto de tu esfuerzo, tu dedicación, tiempo y todo el amor que me has dado, este triunfo es de los dos.

Isa

A lo largo de este camino has sido mi amiga mi compañera y mi amor, has sido el hombro que me apoya, siempre estaré para lo que me necesites. Gracias por todos los momentos compartidos alegrías, tristezas, triunfos, fracasos y hoy puedo decir con la alegría de mi corazón ¡lo logramos mi amor!

Argos

Por ver en mí lo que necesitaban, gracias por darme la oportunidad de ser parte de su equipo de trabajo, por acogerme y tratarme con paciencia y cariño, abrieron mi mente y mi camino a las grandes cosas que vienen ahora.

Este proyecto es la culminación de una larga y feliz etapa de mi vida por lo que es necesario agradecer a todas las personas que me han acompañado en diferentes momentos. Señora Marina, Señora Vicky, Señor Cris, muchas gracias por su apoyo sus enseñanzas y su cariño.

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
GLOSARIO.....	14
RESUMEN .....	16
INTODUCCION .....	17
1 INFORME DE LA PRÁCTICA EMPRESARIAL.....	18
1.1 GENERALIDADES .....	18
1.2 OBJETIVOS DE LA PRACTICA EMPRESARIA.....	18
1.2.1 Objetivo general.....	18
1.2.2 Objetivos específicos.....	18
1.3 DESARROLLO DE LA PRACTICA EMPREARIAL .....	19
1.3.1 Cargo asignado.....	19
1.3.2 Funciones asignadas.....	19
1.3.3 Capacitaciones.....	20
1.4 APORTES DE LA PRÁCTICA EMPRESARIAL.....	21
1.4.1 Aportes de la empresa a la formación profesional.....	21
1.4.2 Aportes de la práctica a la empresa.....	21
2 INFORME TECNICO DE LA PRÁCTICA EMPRESARIAL .....	22
2.1 GENERALIDADES .....	22
2.1.1 Localización geográfica y vías de acceso.....	22
2.1.2 Rasgos fisiográficos.....	23
2.1.2.1 Topografía.....	23
2.1.2.2 Clima y vegetación tolu viejo.....	23
2.1.2.3 Situación jurídica.....	24
2.1.3 Geología.....	24
2.1.3.1 Geología regional.....	24

2.1.3.2 Geología Local.....	25
2.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA MINA.....	27
2.3 ESTADO ACTUAL DE LA EXPLOTACIÓN.....	28
2.4 DESCRIPCIÓN DE LA MAQUINARIA ACTUAL.....	28
2.4.1 Equipos de cargue.....	28
2.4.1.1 Pala O&K RH-30E.....	28
2.4.1.2 Cargador w600.....	29
2.4.2 Equipos de transporte.....	30
2.4.2.1 CAT 773 F Y G.....	31
2.4.2.2 DRESSER 210 M.....	32
2.4.3 Equipos de arranque.....	32
2.4.4 Equipo de perforación.....	33
2.4.5 Otros equipos.....	33
3 CARACTERÍSTICAS GENERALES Y PARÁMETROS DE LA PERFORACIÓN Y VOLADURA.....	35
3.1 METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	35
3.2 ANTECEDENTES GENERALES.....	36
3.2.1 Localización y antecedentes.....	36
3.2.2 Condiciones físicas del yacimiento.....	36
3.2.3 Método de explotación.....	36
3.2.4 Diámetro de barrenos.....	36
3.2.5 Sobre perforación.....	37
3.2.6 Altura de banco.....	37
3.2.7 Burden.....	38
3.2.8 Inclinación de los barrenos.....	38
3.2.9 Espaciamiento.....	39
3.2.10 Esquemas de perforación.....	40
3.2.11 Cebado.....	41
3.2.12 Carga de columna.....	41
3.2.13 Retacado.....	42

3.3 PLANTEAMIENTO Y EJECUCIÓN DE PRUEBAS .....	43
3.3.1 Diseño actual de las voladuras.....	43
3.3.2 Prueba # 1 .....	43
3.3.3 Optimización de la voladura.....	43
3.3.4 Implementación de prueba.....	44
3.3.5 Diseño geométrico de la voladura prueba.....	46
3.3.6 Sondeo de la cara libre: irregularidades .....	48
3.4 RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS FINALES DE LA VOLADURA.....	49
<b>4 PARÁMETROS PARA MEJORAR LA VARIABILIDAD EN LA CALIDAD DE LA CALIZA TRITURADA .....</b>	<b>52</b>
4.1 PRUEBA CALIZA.....	52
4.2 CALIZA.....	52
4.2.1 Ubicación y capacidad para conformación de pilas de caliza.....	52
4.3 PRUEBA #1 .....	53
4.4 CONFORMACIÓN DE PILAS DE CALIZA.....	53
4.4.1 Metodología de cague utilizado en la prueba de pila de caliza.....	53
4.4.2 Metodología de transporte utilizado en la prueba de pila de caliza.....	54
4.4.3 Calidad esperada de la prueba de las pilas de caliza.....	54
4.4.4 Desviación estándar esperada en la prueba de pilas de caliza.....	56
4.5 ANTECEDENTE ANÁLISIS QUÍMICO.....	56
4.5.1 Análisis químico de la caliza 2013.....	56
4.6 PRECEDENTE ANÁLISIS QUÍMICO DE LA CALIZA .....	58
4.6.1 Análisis químico de la caliza 2014 mes a mes.....	58
4.6.2 Análisis químico diario de la caliza 2014.....	59
4.6.3 Análisis químico de la prueba de caliza el 18-marzo-2014.....	59
4.7 DESVIACIÓN ESTÁNDAR 2013-2014 .....	60
4.8 CONCLUSIONES .....	61
<b>5 ESTADO DE LA FLOTA DE MAQUINARIA EN LA PLANTA ARGOS TOLUVIEJO .....</b>	<b>62</b>
5.1 MAQUINARIA ACTUAL DE LA EMPRESA.....	62
5.2 TIEMPO PROGRAMADO .....	62



5.3 TIEMPO EN MANTENIMIENTO Y TIEMPO DISPONIBLE .....	64
5.4 DISPONIBILIDAD .....	64
5.5 TIEMPOS DISPONIBLES OPERATIVOS .....	64
5.6 UTILIZACIÓN .....	65
5.7 RENDIMIENTO .....	66
5.8 CÁLCULO TOTAL DE LA FLOTA.....	66
5.8.1 Ciclos teóricos.....	67
5.8.2 Ciclos reales.....	67
5.9 DEMANDA POR CADENA DE ABASTECIMIENTO.....	68
5.10 SITUACIÓN ACTUAL DEL PARQUE .....	69
5.10.1 Parte del parque en operaciones.....	69
5.10.2 Parte del parque en mantenimiento.....	69
5.10.3 Parte del parque en demoras operacionales.....	69
5.11 CONCLUSIONES.....	70
6 CONCLUSIONES.....	71
7 RECOMENDACIONES .....	72
BIBLIOGRAFÍA .....	73
ANEXOS .....	74

## TABLA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Localización de la planta ARGOS Toluviejo	23
Figura 2. Columna geológica generalizada del yacimiento planta Tolú viejo	26
Figura 3. Pala O&K equipo de cargue	29
Figura 4. Equipo de cargue Komatsu 6600	29
Figura 5. Equipo de transporte CAT F, Equipo de transporte CAT G	30
Figura 6 Equipo de transporte Dresser 210M tienen	32
Figura 7. Equipos de arranque Bulldozer Komatsu 275	32
Figura 8. Equipos de perforación ECM 690	33
Figura 9. Equipos de nivelación CAT 120G	33
Figura 10. Equipo de riego	34
Figura 11. Dirección de perforación del perforador MC690	35
Figura 12. Altura de Banco (metros) B: Burden (metros)	38
Figura 13. Inclinación del banco	39
Figura 14. Impacto en la granulometría por distintos tipos de espaciamento	39
Figura 15. Impacto del multiplicador alrededor de los barrenos	40
Figura 16. Detonador y pentoflex	41
Figura 17. Estratos de caliza N120	44
Figura 18. Dirección barrenos surpac, cerro villa nueva BN120	45
Figura 19. Malla detonación electrónica	45
Figura 20. Fragmentación de la roca post voladura	48
Figura 21. Fragmentación de la roca post voladura zona de sobretamaño	48
Figura 22. Liberación de piso y techo de la voladura	49
Figura 23. Retro excavadora con martillo picador	50
Figura 24. Frente 1 cerro villa nueva	52
Figura 25. Distribución de los diferentes tipos de caliza	53

## LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Coordenadas concesión ARGOS S.A	22
Cuadro 2. Especificaciones de operación. Especificaciones de operación	31
Cuadro 3. Capacidad de los equipo de transporte	31
Cuadro 4. Capacidad caja de los DRESSER	32
Cuadro 5. Tipo de sobreperforacion	37
Cuadro 6. Referencias del ANFO	42
Cuadro 7. Caracterización discontinuidades macizo rocoso	43
Cuadro 8. Diseño geométrico y Cargues de barreno	46
Cuadro 9. Cordenas barrenos vol120	47
Cuadro 10. Cantidad polvorín 2014	50
Cuadro 11. Costos mantenimiento de equipos de perforación	51
Cuadro 12. Costos personal colaboradores distribución de Anfo en el banco a explotar	51
Cuadro 13. Metodología de cargue para los equipos de transporte	54
Cuadro 14. Saturación de caliza para trituración	55
Cuadro 15. Ensayo calidad de caliza establecida para los resultados posteriores	55
Cuadro 16. Análisis químico caliza 2013	57
Cuadro 17. Límite de saturación de cal primer trimestre 2014	58
Cuadro 18. Análisis químico caliza 18 marzo 2014	60
Cuadro 19. Tiempo programado maquinaria amarilla anualmente	63
Cuadro 20. Tiempo con inferencia horas año	63
Cuadro 21. Tiempo mantenimiento maquinaria amarilla	64
Cuadro 22. Tiempo disponible operativo maquinaria amarilla	65
Cuadro 23. Ciclo de transporte de caliza y PMB en el cerro villa nueva frente 1	67
Cuadro 24. Producción media de caliza triturada	68

## LISTA DE GRAFICOS

	Pág.
Grafico 1. Límite de saturación de calcio de los diferentes sectores del banco	55
Grafico 2. Desvest de la caliza pre establecida en los diferentes niveles del banco	56
Grafico 3. Desviación estándar de la caliza 2013	58
Grafico 4. Caliza primer trimestre del 2014	58
Grafico 4. Desviación estándar caliza 2014	59
Grafico 6. Lsf prueba pilas de caliza	60
Grafico 7. Desviación estándar de la caliza 2013- 2014	61

## LISTA DE PLANOS

Plano 1: Plan Minero Cantera Villanueva 2014

## GLOSARIO

BACK BREACK: definido también como pateo, termino relacionado al sobre quiebre generado por una mala elaboración de una malla y el mal ingreso de tiempos para la detonación de la malla, el pateo siempre debe ser mínimo.

CONSIGNAS PARA PILAS:

SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, MgO, N<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O SO<sub>3</sub>: óxidos presentes en los análisis de la caliza:

Consignas para Pilas

	INFERIOR	MEDIO	SUPERIOR
SiO <sub>2</sub>	37.42	39.42	41.42
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9.21	9.92	10.62
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.37	6.97	7.57
CaO	18.95	23.45	27.95
SO <sub>3</sub>	<0.5	<0.5	<0.5
Álcalis	<1.5	<1.5	<1.5
MS	2.06	2.36	2.66
MA	1.40	1.42	1.45
LSF	14.21	17.77	21.34

M.S: módulo de sílice

M.A: módulo de alúmina

CLINKER: se forma tras calcinar caliza y arcilla a una temperatura que esta entre 1350 y 1450 °C. El Clinker es el producto del horno que se muele para fabricar el cemento portland

ESQUEMA TRES BOLILLOS: malla triangular que proporcionada una mayor eficiencia al momento de realizar mallas para la detonación de minerales con alto grado de dureza.

DESVEST: desviación estándar de la caliza es la media de dispersión para variables de intervalos, es una medida de lo que se apartan datos de su media.

HIERRO EN PILAS: mineral de hierro usado habitualmente como correcto en la fabricación de pilas

LSF: límite de saturación de calcio

MAQUINARIA AMARILLA: La ley colombiana, define a la maquinaria pesada como: "Maquinaria rodante de construcción o minería: Vehículo automotor destinado exclusivamente a obras industriales incluidas las de minería, construcción y conservación de obras, que sus características técnicas y físicas no pueden transitar por las vías de uso público o privadas abiertas al público."

ORICA: Empresa prestadores de servicios relacionados con los métodos eficientes en voladura.

PREHOMOGENIZACIÓN:

P. caliza: combinación de distinto tipos de caliza para obtener una calidad promedio de buena de calidad.

p. pilas: combinación de distintos tipos de materias primas como arcillas con contenidos alto contenido en hierro y aluminio, además de margas, chert y en ocasiones hierro

PILAS: combinación de distinto materias primas útiles para la fabricación de Clinker, se disponen estratificada mente siguiendo un orden definido por los profesionales de materias primas.

## RESUMEN

La minería en canteras de materiales de construcción esta asociadas a procesos interrumpidos en donde hay presentes tiempo muertos que disminuyen la eficiencia de los equipos, no obstante en esta cantera hay la mayoría de los minerales para la producción del materias primas para su disposición en el salón de materias primas.

El trabajo consta de tres partes fundamentales que están enlazadas, comenzando desde las voladuras de producción, saturaciones de cal presente en la caliza explotada hasta el uso adecuado de los equipos de transporte presentes en la cantera. Las actividades están planeadas para conseguir un proceso de producción de caliza óptima manteniendo la misma eficiencia y operatividad del proceso como está acostumbrado a realizarse.

Para realizar un modelo óptimo en las mallas de voladura hay que tener en cuenta la geología y sus respectivas implicaciones a lo largo de las estructuras influenciadas por las mismas.

También se hablara sobre prehomogenización en pilas de caliza de distintos tipos de calidad que permita optimizar los recursos de la cantera, así logrando mantener una calidad estándar de la caliza y obtener un rango de LSF que aprovechar mejor los recursos presentes en la cantera.

Además se encontrara la evaluación y optimización de la flota de transporte mejorando su rendimiento y manteniendo la eficiencia en los ciclos que se deben realizar para mantener una producción estable a lo largo de los turnos a trabajar.

Palabras Clave: Voladura, Saturación de cal, equipos de transporte, prehomogenización.



## INTODUCCION

En la industria del cemento se exige una explotación continua de minerales que permitan realizar el proceso en la elaboración del Clinker. El primer paso a seguir es la elaboración de una voladura de producción que sea eficiente produciendo una granulometría regular, además se busca que no produzca tantos finos a lo largo de todo el banco explotado, uno de los principales inconvenientes es que no siempre el terreno en el que se realiza una voladura está bien definido y su cara superior esta nivelada a lo largo del banco, estas eventualidades topográficas no son frecuentes, pero sí existen, exigiendo al ingeniero elaborar mallas de perforación que se adapten a los banco explotados; al intervenir estos tipos de bancos mediante voladuras podremos observar la presencia de bloque de materiales que no se fragmentaron adecuadamente, esto es debido a que la energía producida por el agente explosivo se dispersó a través de los planos de contactos presentes en una macizo, por fallas, discontinuidades, además puede haber proyección de material del macizo, desplazándose grandes distancia ocasionando daño a estructuras cercanas o perjudicar a las comunidades vecinas.

Otro aspecto a tratar en las plantas de cementos es la variabilidad del carbonato de calcio (saturación de cal) en un macizo rocoso por la heterogeneidad en su formación. Cuando se explota y comienza el proceso de llevar el mineral ubicado en la cantera, luego triturarlo y finalizar en el salón de materias primas. Esta variabilidad en la saturación de cal es un factor preocupante durante el proceso de la molienda-silos de homogenización- precalentador-enfriador.

En una planta de cemento lo que se busca es homogeneizar las materias primas antes de que comience el proceso de producción de cemento, esta homogenización normalmente se realiza con prehomogenizadoras que van dosificando el material regularmente en los molinos de crudo; en la planta Toluvejo se logra realizando pilas de materias primas antes de la molienda con el fin de equilibrar las calidades y producir un Clinker de alta calidad, un problema renuente en la planta es la variabilidad del título de la caliza triturada ya que esta representa el 40% de la materia prima ingresada en los crudos, esta vez se trabajara en realizar pilas de caliza para equilibrar el título y mezclar caliza de alta calidad como caliza de baja calidad. Al mismo tiempo en la planta actualmente se cuenta con una flota de equipos mineros que permiten mantener un flujo constante de materiales en la trituradora, pero estos equipos muchas veces se encuentran varados o en mantenimiento propiciando el alquiler de equipos externos que generaran gastos en la planta para poder suplir la producción requerida.

# 1 INFORME DE LA PRÁCTICA EMPRESARIAL.

## 1.1 GENERALIDADES

Las condiciones para el desarrollo de la práctica empresarial se acordaron con la empresa ARGOS S.A. En un contrato que se definió para el cargo de practicante de ingeniería en minas en el área de canteras y trituración.

Para el entendimiento de los procesos presentes en el área de canteras y trituración fue necesario un proceso de inducción donde el objetivo era despejar las dudas sobre las funciones a realizar en el cargo de practicante.

Una vez conocidos todos estos aspectos se inició el desarrollo de las labores donde el propósito principal de la práctica empresarial es mejorar la desviación estándar de la materia prima triturada, este es un factor de alerta a lo largo del ciclo de molienda (crudo), homogenización (harina), precalentamiento, horno, enfriador (Clinker) donde lo que se busca es mantener una regularidad en la calidad de la materia prima triturada.

Además mejorar la fragmentación de la caliza producida por las voladuras y reducir la producción de sobre tamaños y calcular el parque total de maquinaria necesaria para satisfacer la producción de materias primas en la planta Toluviejo considerando las actividades de extracción, cargue y transporte de la misma.

La finalidad de esta práctica integral es construir un profesional integro capaz de generar soluciones en un ambiente ingenieril además de culminar con este ciclo de vida estudiantil donde la UPTC dará un nuevo Ingeniero de Minas.

## 1.2 OBJETIVOS DE LA PRACTICA EMPRESARIA

1.2.1 Objetivo general. Optimizar los procesos actuales en la explotación de caliza, disminución de la variabilidad presente en el límite de saturación de calcio de la materia prima y cuantificación de la flota existente para la demanda requerida.

1.2.2 Objetivos específicos.

- Ejecutar un sistema nuevo de voladura que permita mejorar la fragmentación de la caliza volada y la disminución de sobre tamaños

- Ejecutar acciones que mejoren la variabilidad en la saturación de cal en la caliza triturada
- Cuantificar la flota correcta de acuerdo al área que se explota en la cantera.

### 1.3 DESARROLLO DE LA PRACTICA EMPREARIAL

1.3.1 Cargo asignado. De acuerdo al organigrama de la empresa el cargo está asignado es:

PRACTICANTE: CANTERAS Y TRITURACION

JEFE INMEDIATO:

Ingeniero en minas Pedro José Godín,

Ingeniero en minas Wellman Arguello

SITIO DE TRABAJO: cantera y trituración

HORARIOS: lunes a viernes de 7am a 5 pm

1.3.2 Funciones asignadas. Las funciones que desempeña el practicante están enfocadas en suplir las necesidades requeridas por la empresa en el área de canteras y trituración donde el practicante debe aprender a llevar día a día la producción generada en la trituradora LARÓN, paros y sus causas de la misma, producción de la maquinaria, horas trabajadas, paradas imprevistas, cuantificación de hodómetros, cantidad de material transportado, perforado y arrancado, además de estandarizar procesos dentro de la planta que le ayuda al practicante a entender mejor las funciones a desempeñadas.

En casos atípicos se le delega la función de supervisar el turno de producción del día por ausencia del supervisor de turno, el resto del tiempo el practicante se dedica a aprender todo lo necesario para el crecimiento personal y profesional que le aportan las prácticas empresariales.

Además el estudiante recibe inducciones de todo el proceso dándole fundamentos suficientes para que complemente su proyecto de grado, el proyecto de grado se ejecuta de acuerdo a la necesidad de la planta, para eso el estudiante debe tener muy claro las actividades que se realizan dentro del área de canteras y trituración, el estudiante debe entender que no solo es tener los recursos necesarios para la producción de Clinker si no la manera adecuada de explotarlos, arrancarlos, transportarlos, además de tener stop de material por cualquier eventualidad, otra de las funciones necesarias que el practicante debe tener claro es la utilización correcta

de la flota de maquinarias presentes en canteras para administrarlas adecuadamente, permitiendo un rendimiento esperado para cada máquina.

Además estar presente en las voladuras de producción donde supervisa y ejecuta eventualmente los eventos mencionados, además tiene la responsabilidad de elaborar informes detallados de cada evento que permite mejorar las futuras detonaciones que se realizaran durante su estancia.

El practicante asiste diariamente a la cantera, a la trituradora y a la oficina del supervisor donde se mantiene informado del estado en que se encuentra todo el proceso de cantera y trituración, además tendrá trabajo de oficina que le permite aumentar sus conocimientos orientados en el área administrativa- productiva de la empresa, llevando una secuencia lógica de que se realizó durante los turnos de cada día, como fue la productividad y que eventualidades acontecieron.

1.3.3 Capacitaciones. Las capacitaciones recibidas se pueden subdividir en dos partes:

Capacitaciones iniciales:

Consiste en la entrega de manuales con políticas y reglamento de la empresa que deben ser recibidos, leídos y entendidos antes de firmar el contrato:

- Salud ocupacional
- Reglamento interno de la empresa
- Gestión integral
- Soporte técnico
- Canteras y trituración
- Hornos y clinkerización

Capacitación de área: son capacitaciones específicas para desempeñar las funciones asignadas para el cargo dispuesto.

- Formación en procesos de producción de la trituradora LARÓN
- Diagnósticos de los paros y sus causas de la trituradora LARÓN
- Producción de la maquinaria, paros, eficiencia, uso
- Capacitación para el manejo de personal
- Supervisión de una cantera
- Uso adecuado de las materias primas de la empresa
- Manejo de explosivos
- Manejo de escáner UT600 y el escáner 200 para la detonación de voladuras

## 1.4 APORTES DE LA PRÁCTICA EMPRESARIAL

1.4.1 Aportes de la empresa a la formación profesional. Con su modelo empresarial ARGOS luz verde, la compañía cementera implanta en los trabajadores la idea de ser líderes en todo los aspectos de la vida, desde lo laboral, a lo familiar sin olvidar las relaciones interpersonales que se desarrollan en otros ambientes sociales, además con el lema “yo estoy abordo” todos se comprometen a dar lo mejor de sí para realizar las funciones asignadas, cada colaborador emprende sus actividades con el mayor respeto hacia los compañeros, a lo largo de la práctica cada profesional en el área de canteras, de planeación, profesionales de materia prima y geología siempre fueron prestos a transmitir los conocimientos necesarios para la formación de una idea clara de la producción de cemento y la importancia del orden en cada proceso.

Un aspecto importante de laborar en empresas bien estructuradas es la sensibilización del trabajador a ser un persona íntegra y respetuosa.

1.4.2 Aportes de la práctica a la empresa. Además de recibir conocimiento, el practicante ejecuta actividades esenciales para el correcto funcionamiento del área donde este laborando, en el caso de canteras y trituración, una de las funciones es velar por la producción turno a turno de las materias primas trituradas, además de siempre estar atento a las calidades, debe ser apoyo en distinta áreas como perforación y voladura prestando acompañamiento a las distintas firmas que llegan al área de cantera y trituración.

En el área de cantera y trituración, el aporte esencial es dar soluciones mediática y definitivas que den como resultado la optimización de voladuras, aprovechamiento óptimo de las materias primas y la re distribución de la flota de transporte existente para la mejor utilización de los equipos de la cantera.

## 2 INFORME TECNICO DE LA PRÁCTICA EMPRESARIAL

### 2.1 GENERALIDADES

2.1.1 Localización geográfica y vías de acceso. La planta ARGOS Tolviejo perteneciente a la compañía minera ARGOS S.A está localizada en el municipio de Tolviejo - Sucre, se encuentra actualmente en etapa de explotación, con un contrato de concesión de 987.3175 hectáreas suscrito el 30-06-92, inscrito en registro minero nacional con placa EABH-01 y expediente 3632. Este contrato de concesión tiene vigencia hasta octubre 6 del 2022 y los minerales asociados son calizas, arcillas y margas. El plan de manejo ambiental fue aprobado bajo la resolución 0033 del 18-03-00.

La región tiene como principales vías de acceso la carretera que de Sincelejo conduce a Tolú (40 Km) y la carretera que de Tolviejo conduce a Cartagena, pasando por San Onofre. La planta ARGOS S.A. esta distante de Tolviejo 3 Km, de Tolú 14 Km y de Sincelejo 27 Km. Las áreas urbanas más próximas a la planta corresponden a los municipios de Sincelejo, Tolviejo, Coloso, Chalan y Tolú.

Cuadro 1. Coordenadas concesión ARGOS S.A

Punto	Este	Norte
A	851878.31	1543324.87
B	849701.3	1543210.78
C	847465.74	1539312.53
D	846669.78	1539312.53
E	845050	1538000
F	842700	1538000
G	842700	1536300
H	845000	1536300
I	845000	1536950
J	846034.93	1536950
K	847992.25	1538586.04
L	849196.9	1538649.17

Fuente: PTO CONJUNTO CONTRATOS 3632 GH3 - 081 y 01370 Versión Final

Figura 1. Localización de la planta ARGOS Tolviejo



Fuente: <http://www.argos.co/colombia/somos/presencia>

El área total requerida para el proyecto minero es de 1756 ha + 4764 m<sup>2</sup>, la cual corresponde con el área otorgada para los títulos 3632, GH3-081 y 3632 y está ubicada en las planchas topográficas del Igac No. 44.

### 2.1.2 Rasgos fisiográficos.

2.1.2.1 Topografía. El relieve de la concesión está caracterizado por una cadena de colinas denominadas el Porvenir, Villanueva de las cuales se extrae actualmente la materia prima para la fabricación del cemento. Dichas colinas presentan una longitud de 7,5 kilómetros. Con una base y altura máxima de 500 y 150 metros respectivamente y cuyas crestas presentan formas puntiagudas y de pseudomesas propias de las calizas. La zona es plana en la mayoría de extensión.

2.1.2.2 Clima y vegetación Tolu Viejo. Desde el punto de vista temporal, el comportamiento de la precipitación señala dos épocas de estiaje y dos de invierno bien definidas, las primeras se presentan en los periodos de Mayo a Junio, mientras que las segundas se presentan de Septiembre a Octubre. El total anual precipitado de la zona está en el orden de 1400 mm, el 46% se registra en el primer periodo lluvioso, el 54% en el segundo periodo lluvioso, los meses restantes corresponden a los periodos secos del año.

El valor anual de la temperatura en la zona es de 30°C, con registros mayores de 37°C y menores de 28°C. Estos registros suceden a una altura de 80 msnm y tienden a desaparecer a medida que aumenta la altura, puesto que existe una relación inversa entre este elemento y el factor climático.

Las plantas más comunes de la región son roble, Guáimaro, Níspero, Mangle, Pijiño, Campano, Ceiba, Orejero entre otros.

2.1.2.3 Situación jurídica. La planta Toluviejo perteneciente al grupo empresarial ARGOS está localizada en el municipio de Toluviejo - Sucre, se encuentra actualmente en etapa de explotación, con un contrato de concesión de 987.3175 hectáreas suscrito el 30-06-92, inscrito en registro minero nacional con placa EABH-01. Los minerales asociados son calizas, arcillas y margas.

El plan de manejo ambiental fue aprobado bajo la resolución 0033 del 18-03-00.

### 2.1.3 Geología.

2.1.3.1 Geología regional. En el área de la concesión afloran únicamente rocas de origen sedimentario Atribuidas al cuaternario y terciario inferior. El relleno cuaternario se compone de una arcilla plástica, húmeda, amarillenta, rojiza y parduzca con alto contenido de álcalis, montmorillonita y sulfato

En orden de edad sigue la caliza (alto carbonato de calcio, bajo sulfato y álcalis) asignadas al Eoceno, son de color blanco cremoso y conforman las crestas y partes de las laderas de las colinas que presentan una dirección norte 50 grados este; las calizas con espesores entre 20 metros y 60 metros buzcan hacia el este y se presentan diaclasadas formando el flanco occidental de un sinclinal cuyo flanco oriental pasa por la población de Toluviejo. Las calizas reposan sobre un estrato arcilloso- calcáreo con espesor aproximado de 10- 20 metros, se trata de una marga de color amarillo canario caracterizada por bajos porcentajes de álcalis, sulfatos y montmorillonita.

Subyaciendo a las margas y en discordancia angular se presenta, como basamento del depósito, una lutita o shale (arcilla) no calcárea, silíceas y con frecuentes intercalaciones de láminas de limolita, arenisca fina y óxidos de hierro que le confieren un tono pardo.

En el depósito mineral de la fábrica se tienen actualmente varios frentes de explotación, algunos abandonados y otros en producción, así:



Frente uno: Está ubicado a 2,5 kilómetros de trituración, en el cual se extrae el 90% de la caliza que se usa actualmente para el proceso de fabricación del cemento debido a sus excelentes calidades, en este frente también tenemos las Margas usadas para la formación de pilas y composición de la Premezcla Baja, se ha llamado dos zonas dentro de este frente para identificar las margas, 11B por su bajo contenido de sulfato y 11A por su alto contenido en sulfato. El inconveniente está en la cercanía con la planta, se debe tener mucho cuidado con las voladuras, para que las vibraciones no afecten las estructuras.

Frente dos: Está ubicado muy cerca al área de trituración en este se extrae la arcilla que es usada para la formación de pilas, con el fin de hacer parte en el cargue de la premezcla baja.

Caliza: Recientemente se dio apertura a este frente el cual se subdividió en dos niveles superior e inferior, se extrae caliza de buena calidad, la extracción en el momento no se concentra en este frente debido a la lejanía de la trituradora, pero se programa extracción del frente cada 2 meses.

Limolitas: Este material es remplazado por la arcilla en algunas circunstancias debido a su composición, es usado de acuerdo al planeamiento minero para la conformación de pilas la cual es una mezcla de Margas, arcilla y limolita en el remplazo de arcilla en algunos casos.

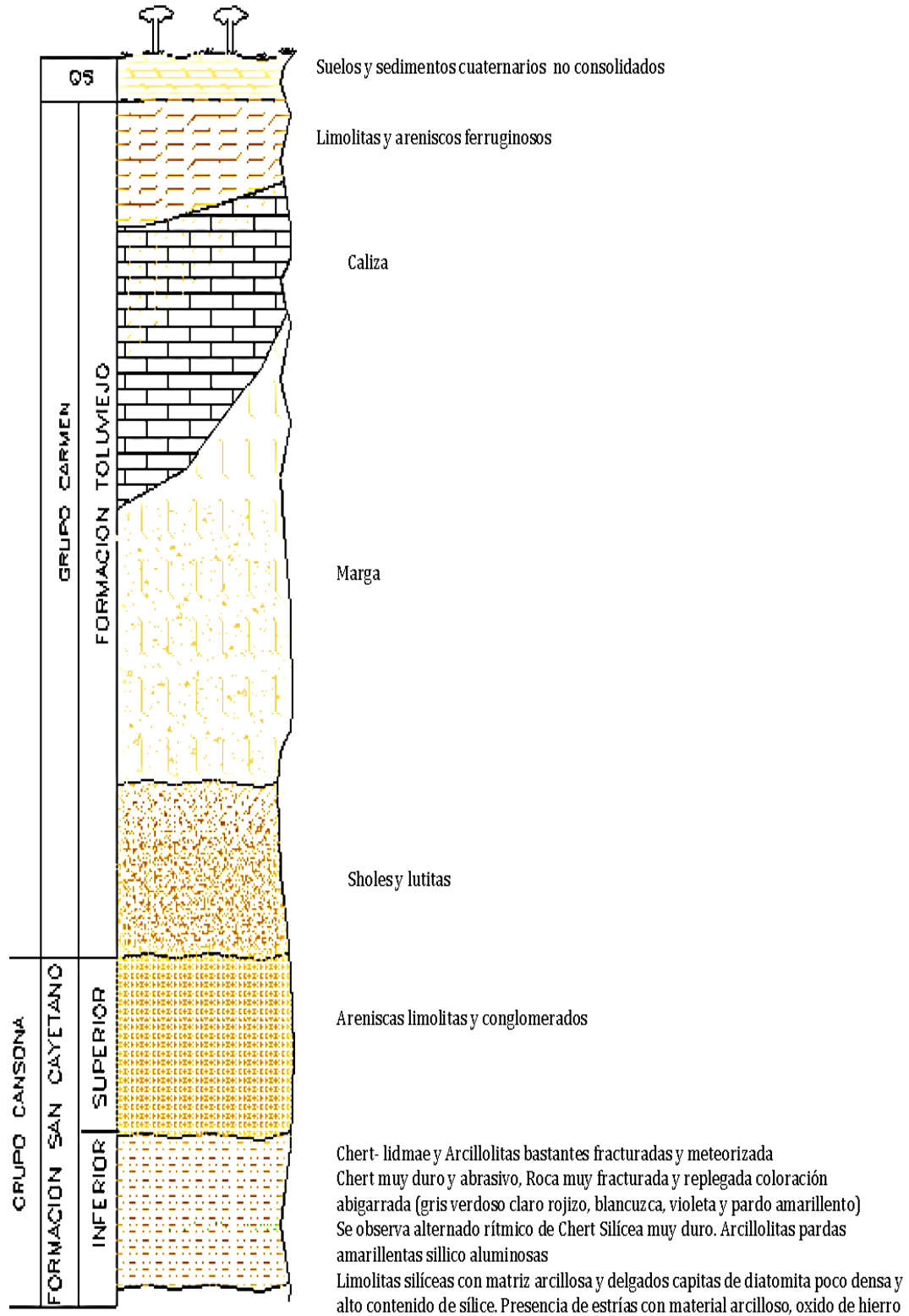
2.1.3.2 Geología Local. El yacimiento está conformado de techo a piso por una secuencia de limolitas, areniscas ferruginosas y calizas, que reposan discordantemente sobre un cuerpo de margas y estas a su vez reposan discordantemente sobre un cuerpo de lutitas o shales no calcáreos.

Todas estas rocas hacen parte de la formación Toluviejo y forman el flanco occidental del sinclinal de Toluviejo, cuyo eje corre paralelo a la carretera que de Toluviejo conduce a San Onofre. La dirección predominante de los cerros es N 45 E. A continuación se describen las diferentes unidades litológicas existentes en el yacimiento de base a Techo.

Cuerpo de Lutitas o Shales no calcáreos compuesto por una serie de capas de carácter areno-limo-arcilloso, color verdoso a gris oscuro en profundidad.

Cuerpo de margas y arcillas calcáreas se encuentra en contacto discordante con los shales inferiores y están constituidos por una serie de niveles de textura limo arenosa de regular dureza, el contenido de carbonato varía entre 20% y 70%.

Figura 2. Columna geológica generalizada del yacimiento planta Tolú viejo



Fuente: PTO conjunto contratos 3632 gh3 - 081 y 01370 versión final

Cuerpo de Calizas suprayaciendo en contacto transicional el cuerpo de margas y arcillas calcáreas se presentan las calizas cuyas características son color blancuzco a gris claro en profundidad, aspecto masivo, densas, duras y compactas, muy homogéneas con alto contenido de restos coralinos y fósiles animales, cemento calcáreo. La edad de las calizas es Eoceno, su dirección es N50E buzando entre 15 y 25 grados al SE en el cerro Villanueva y N45E buzando entre 70 y 80 grados al SE en los cerros Porvenir y Cal.

El espesor varía a lo largo de todo el yacimiento entre 10 y 80 metros y los títulos varían entre 96 % y 98% de carbonato.

Cuerpo a areniscas y Limolitas arenosas se encuentran encima de las calizas y tienen una coloración Café amarillenta en superficie y gris verdosa en profundidad. Su aspecto es masivo.

Encima de las areniscas ferrosas aparecen Limolitas arenosas cuya coloración es grisácea y parda amarillenta en superficie. Su aspecto es masivo, compacto y homogéneo.

## 2.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA MINA

Objetivos y características de la empresa. La planta Toluviejo perteneciente a Argos tiene como objetivo la fabricación y comercialización de cemento con fines industriales, siendo la empresa una de las más reconocidas en el país en cuanto a calidad en sus productos, la sociedad fue creada con capital de la región en 1964, con razón social Cales y Cementos de Toluviejo s.a. comenzó a laborar en la parte occidental y distante dos kilómetros del municipio de Toluviejo en el año de 1969. Posteriormente Cementos del Caribe s.a. adquirió sus intereses mayoritarios en el año de 1972, luego Cementos Argos s.a. adquiere la totalidad de la planta en el año 2006 y a la fecha hace parte del grupo empresarial Argos.

La planta está conectada por sus tres vías principales con las ciudades de Sincelejo, Montería y Cartagena a distancias de 35, 160 y 250 kilómetros respectivamente.

La población de la región se dedica especialmente a la pesca, cría de ganado, cultivo de plátano, maíz, ñame y yuca en pequeña escala, los centros turísticos de Tolú y Coveñas y la planta Toluviejo generan la mayor cantidad de empleo para los habitantes de la región en las labores propias de cada industria.

En el país producen cemento por vía seca algunas fábricas como, Río Claro, Paz del Río entre otras y por supuesto la planta Toluviejo, con capacidad instalada de

600.000 Ton/ año. Produce cemento portland de tipo I, aunque varias veces ha producido tipo II y tipo V; además posee un renglón de exportación como lo es el Clinker, embarcado en el puerto de Coveñas.

Actualmente se utiliza como combustible el carbón, el cual llega a la planta por vía terrestre desde la mina Carbones del Caribe s.a. ubicada en Puerto Libertador en el departamento de Córdoba distante 300 kilómetros aproximadamente de la fábrica y perteneciente al grupo empresarial Argos.

### 2.3 ESTADO ACTUAL DE LA EXPLOTACIÓN

En la mina se realizan tres procesos: Arranque, cargue y transporte a la planta de trituración en donde comienza el beneficio mineral de la roca. La perforación y voladura se realiza con los equipos y personal de la empresa, la caliza material a extraer debe contar con una granulometría exigida o adecuada con el fin de garantizar la eficiencia de la trituradora. La mina cuenta con 4 frentes de explotación activos de los cuales dos son para la extracción de caliza y otro para arcilla y limolita.

El depósito es explotado con el método de banqueo a cielo abierto por bancos descendentes. Los bancos tienen alturas de 10 m, estos se encuentran desde el nivel 80, hasta el nivel 135, estos números hacen referencia a la altura respecto al nivel del mar. El arranque de la roca se hace por medio de la técnica de perforación y voladura, la cual arroja pilas de material volado que son cargadas por una pala hidráulica o un cargador, alimentando a una batería de camiones que llevan el material hasta la pila de prehomogenización; finalmente el material va a la trituración primaria en donde se tritura y clasifica el material.

### 2.4 DESCRIPCIÓN DE LA MAQUINARIA ACTUAL

2.4.1 Equipos de cargue. Actualmente la empresa cuenta con los siguientes equipos para el cargue de material.

2.4.1.1 Pala O&K RH-30E. La pala O&K es una máquina de traslación lenta, no apta para desplazarse por sí sola en un largo trayecto. EL radio de giro de esta máquina es de 3,87m, tiene una fuerza de excavación y arranque de 400 KN, la capacidad del cucharón es de 4,6 m<sup>3</sup>, la velocidad de desplazamiento es de 3 m/s, el alcance al frente es de 9m y al piso de 3,5m

Figura 3. Pala O&K equipo de cargue



Fuente: Resultado de investigación

2.4.1.2 Cargador w600. Actualmente se cuenta con dos cargadores frontales marca Komatsu modelo WA 600 llamados desde la serie uno a la dos (WA 600 N°1 y WA 600 N° 10) es un equipo montado sobre ruedas, con 4 velocidades en avance y 1 en retroceso cuyo uso principal es el cargue y remoción de material suelto.

Figura 4. Equipo de cargue Komatsu 6600



Fuente: Resultado de investigación

Actualmente se cuenta con dos cargadores frontales marca Komatsu modelo WA 600 llamados desde la serie uno a la dos (WA 600 N°1 y WA 600 N° 10) es un equipo montado sobre ruedas, con 4 velocidades en avance y 1 en retroceso cuyo uso principal es el cargue y remoción de material suelto.

La operación del cargador debe ser conocido por su operador para evitar averías al equipo, así también se debe conocer las medidas de precaución para evitar accidentes. El equipo debe comenzar a cargar siempre desde el nivel más bajo de la superficie para facilitar la labor de cargue, además se debe trabajar en un área completamente limpia y despejada para preservar la vida útil del equipo. La capacidad del cucharón es de 6,1 m<sup>3</sup>.

2.4.2 Equipos de transporte. Actualmente la mina cuenta con los siguientes camiones para el transporte de la materia prima, para la trituradora y área de pilas.

Actualmente se disponen de 2 camiones desarrollados específicamente para aplicaciones de minería, canteras y construcción, el Camión 773F y 773G mantienen la producción requerida para la fabricación de cemento y Clinker. De una forma confiable, durable y segura.

2.4.2.1 CAT 773F y G. Estos valores aplican a 1.800 rpm cuando se prueban bajo las condiciones indicadas para la norma especificada.



Fuente: Resultado de investigación

Cuadro 2. Especificaciones de operación. Especificaciones de operación

Clase de carga útil nominal	54.4 T
Velocidad máxima con carga	67.4 Km/h
Capacidad máxima	35.6 m <sup>3</sup>
Capacidad máxima	54.4 T
Angulo de dirección	31°
Tiempo de levantamiento	9.5 segundos
Tiempo de bajada	12.5 segundos

Fuente: Resultado de la investigación

Clasificaciones basadas en condiciones de aire estándar SAE J1995, de 25° C (77° F) y 100 kPa (29,61 mm Hg).

Potencia basada en combustible de densidad API de 35 a 16° C (60° F) y un LHV de 42.780 kJ/kg (18.390 BTU/lb) cuando el motor se usa a 30° C (86° F).

Cumple con las normas de emisiones Tier 3 de la Agencia de Protección del Medio Ambiente de EE.UU. y Etapa IIIa de la Unión Europea.

Cuadro 3. Capacidad de los equipo de transporte

Capacidad	Doble declive	Factor de llenado
Arras	26.8 m <sup>3</sup>	35 yd <sup>3</sup>
Colmado (2:1) SAE	35.6 m <sup>3</sup>	46.5 yd <sup>3</sup>

Fuente: Resultado de la investigación

2.4.2.2 DRESSER 210M. Actualmente se disponen de 2 camiones Dresser 210M tienen un ancho de 4.44 m, un largo de 9.09 m y un radio de giro aproximadamente de 10 m. Esta propulsado por un motor Diesel y posee un sistema de frenos que se activa mediante la presión del freno de servicio o el pedal retardad.

Figura 6. Equipo de transporte Dresser 210M tienen



Fuente: Resultado de la investigación

Cuadro 4. Capacidad caja de los DRESSER

Capacidad caja	
Carga nominal	55 Ton (49.9 Tm)
Arras	31.1 yd3 (23.8 m3)
Colmada	44.0 yd3 (33.7 m3)

Fuente: Resultado de la investigación

2.4.3 Equipos de arranque. Este Bulldozer Komatsu cuenta con unos componentes que han sido pensados para trabajar en equipo y obtener así una mayor productividad, fiabilidad y polivalencia, es usado para cortar la marga, acondicionar el área de la voladura, cortar material de las calizas cuando queda el material duro, tiene un rendimiento de 250 Ton de corte por hora.

Figura 7. Equipos de arranque Bulldozer Komatsu 275



Fuente: Resultado de la investigación



2.4.4 Equipo de perforación. Perforador rotopercutivo de oruga no echo para trasladados a largas distancias, con martillo en cabeza, consta de seis varillas cada una de tres metros, este equipo realiza perforaciones de producción, realiza barrenos con profundidades que varían de 3 a 15 metros (1 a 5 varillas respectivamente). Los barrenos son los utilizados para el posterior cargue del explosivo para el arranque de la caliza mediante las voladuras.

Figura 8. Equipos de perforación ECM 690



Fuente: Resultado de la investigación

La sarta de perforación del equipo está compuesta por el martillo, y accesorios: varillas tipo T51, acoples y broca retráctil de 15 botones para perforar un diámetro de 4 pulgadas.

2.4.5 Otros equipos. La motoniveladora 120 G es una máquina montada sobre ruedas capaz de realizar cualquier trabajo de nivelación de terrenos incluyendo los terrenos escarpados.

Figura 9. Equipos de nivelación CAT 120G



Fuente: Resultado de la investigación

Esta máquina puede realizar trabajos de nivelación o conservación de vías, corte inclinado (peralte), crear canales de desagüe, los cuales pueden ser considerados como básicos y son los tratados en esta guía. La motoniveladora 120 G cuenta con una cuchilla ecualizable con una longitud de 3,66m y una altura de 0,61metros, la rueda de giro de la cuchilla es de 1.6m de diámetro y el radio de giro es de 6.7m. El motor tiene una potencia de 125 HP y su peso básico de operación es de 11.515 Kilogramos.

CAMION RIEGO TRL 410. Este equipo tiene como función el riego constante de las vías de acceso al yacimiento, plazas de cargue de cada nivel de explotación, área de trituración, área de pilas, con el fin de mitigar la emisión de polvo y material particulado al medio ambiente.

Figura 10. Equipo de riego



Fuente: Resultado de la investigación

### 3 CARACTERÍSTICAS GENERALES Y PARÁMETROS DE LA PERFORACIÓN Y VOLADURA

#### 3.1 METODOLOGÍA DE TRABAJO

Para el desarrollo de las actividades que dieron lugar a la identificación de las oportunidades de mejorar las voladuras en el contorno del cerro villa nueva, para lograr los objetivos planteados de mejorar la fragmentación de los bloques de caliza de gran tamaño.

La identificación de las estructuras geológicas y de la dirección que llevan los paquetes de caliza fue primordial en tomar la decisión más acertada para cambiar la dirección de perforación del perforador MC 690 se utilizó un formato de caracterización de macizos, además de investigación de documentos **FORMATO DE DISCONTINUIDADES Y DIACLASAS**, También la documentación de los efectos en las voladuras por el rumbo el buzamiento.

Figura 11. Dirección de perforación del perforador MC690



Fuente: Resultado de la investigación

Analizando el rumbo y buzamiento del depósito de caliza del cerro villa nueva la mejor opción para fragmentar el mineral eficientemente de techo a piso es perforar en contra al buzamiento, así el agente explosivo tendría una mayor efectividad del Anfo.

## 3.2 ANTECEDENTES GENERALES

3.2.1 Localización y antecedentes. La planta Toluviejo, pertenece a la compañía Cementos Argos S.A, se encuentra ubicada en el municipio de Toluviejo (Sucre), en el Km. 26 por la carretera que de Sincelejo conduce a Tolú.

3.2.2 Condiciones físicas del yacimiento. La formación Toluviejo está constituida de base a techo por un conglomerado, areniscas conglomeraticas, areniscas de grano fino, arcillolitas fosilíferas, lutitas grises verdosas con alto contenido fosilífero, margas arcillo-limo-arenosas con niveles fosilíferos y niveles concrecionarios hacia el contacto con la caliza, calizas masivas, medio blandas, densas y heterogéneas con alto contenido de restos coralinos y restos fósiles animales, areniscas ferruginosas y limolitas arenosas.

3.2.3 Método de explotación. El depósito es explotado con el método de banqueo a cielo abierto por bancos descendentes. Los bancos tienen longitudes que oscilan alrededor de los 10m de altura, estos se encuentran desde el nivel 80 hasta el nivel 135, estos números hacen referencia a la altura respecto el nivel del mar. El arranque de la roca se hace por medio de la técnica de perforación y voladura, la cual arroja pilas de material volado que son cargadas por una pala hidráulica o un cargador, alimentando a una batería de camiones que llevan el material hasta la pila de prehomogenización; finalmente el material va a la trituración primaria en donde se tritura y clasifica el material.

3.2.4 Diámetro de barrenos. Cuando el diámetro de los barrenos «D» es grande, los costes de perforación, cebado e iniciación serán altos, y en las operaciones de carga, retacado y conexión se invertirá mucho tiempo y mano de obra. Si «D» es muy pequeño, la única ventaja que se presenta es la mejor distribución del explosivo y por lo tanto un consumo específico menor.

Cuando los diámetros son grandes, y por consiguiente lo son los esquemas de perforación, la granulometría que se obtendrá en las voladuras podrá llegar a ser inaceptable si la familia de diaclasas y discontinuidades presentan un espaciamiento amplio y conforman bloques «in situ».

El diámetro de perforación idóneo para un trabajo dado depende de los siguientes factores:

- Características del macizo rocoso que se desea volar.
- Grado de fragmentación requerido.
- Altura de banco y configuración de las cargas.
- Economía del proceso de perforación y voladura
- Dimensiones del equipo de carga.

En la cantera de Toluvejo, Para el estudio a realizar se cuenta con un equipo de perforación que realiza toda la operación necesaria en la cantera que realiza el total de las perforaciones a un diámetro de perforación de 4”.

3.2.5 Sobre perforación. La sobreperforación es importante en los barrenos verticales para mantener la cota del nivel del piso. Si resulta corta normalmente reproducirán repiés, pero si es excesiva se produciría sobre excavación con incremento de vibraciones y de los costos de perforación. En la práctica, teniendo en cuenta la resistencia de la roca y el diámetro de taladro, se estima los siguientes rangos.

Cuadro 5. Tipo de sobreperforacion

Tipo de roca	Sobre perforación
Blanda a Media	De 10 a 11 $\varnothing$
Dura a muy dura	12 $\varnothing$

Fuente: Optimización voladura Orica.

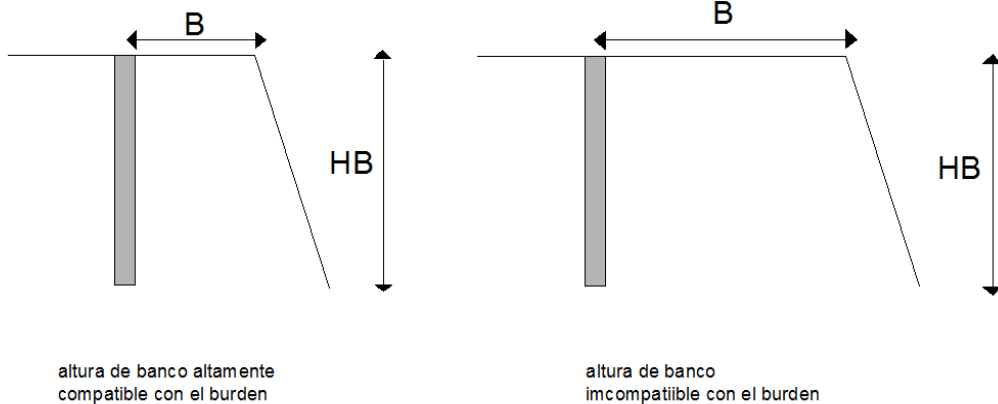
También es usual la relación: SP; donde B es el burden. Dadas las propiedades del macizo rocoso, y por considerarse como una roca blanda, la sobreperforación para la cantera Toluvejo oscila alrededor de 0,5 m. valor que en la actualidad cumple con la necesidad de mantener los niveles de piso.

$$SP = 0,3 \times B$$

3.2.6 Altura de banco. La altura es función del equipo de excavación y cargue, del diámetro de perforación, de la resistencia de la roca, de la estructura geológica y estabilidad del talud, de la mineralización y de aspectos de seguridad.

Por otro lado, se debe tener en cuenta que si la altura de banco es igual al burden (1:1) la fragmentación resultará gruesa, con sobre excavación y repiés en el piso, porque la cara libre no se podrá flexionar. Si la altura es el doble del burden (2:1) la fragmentación mejora y los repiés disminuyen. Si la altura de banco es tres o más veces mayor (3:1) la relación H/B permitirá la flexión, lográndose fragmentación menuda y eliminación de los otros efectos.

Figura 12. Altura de Banco (metros) B: Burden (metros)



Fuente: Resultado de la investigación

Actualmente, y siendo consecuentes con las recomendaciones técnicas a la hora de diseñar la altura de los bancos de explotación en la cantera por parte de la planeación minera, la altura de diseño de los bancos de explotación es de 10m.

3.2.7 Burden. En la práctica, el burden se considera igual al diámetro del barreno en pulgadas, pero expresado en metros. Así, para un diámetro de 4" el burden aproximado será de 4 m, conociéndose como burden práctico a la relación empírica:

$$\emptyset \text{ (en pulgadas)} = B \text{ (en m)}$$

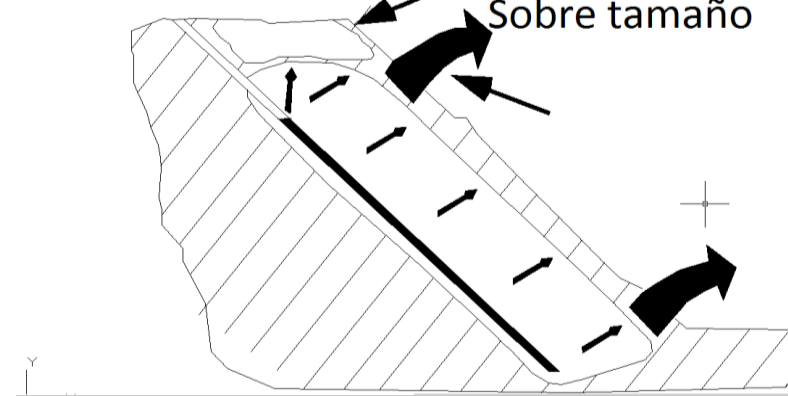
Tomando en cuenta la resistencia a compresión de las rocas en barrenos de mediano diámetro, el burden variará entre 35 y 40 veces el diámetro para roca blanda y entre 33 a 35 veces el diámetro para roca dura a muy dura.

Si el burden es excesivo, la explosión del barreno encontrará mucha resistencia para romper adecuadamente al cuerpo de la roca, los gases generados tenderán a soplarse y a craterizar la boca del barreno. Por el contrario, si es reducido, habrá exceso de energía, la misma que se traducirá en fuerte proyección de fragmentos de roca y vibraciones.

3.2.8 Inclinación de los barrenos. En canteras usualmente se usan pozos en ángulo porque entregan una mejor distribución del explosivo en el pozo, y es muy efectivo en:

- Superar difíciles condiciones en la pata Reducir el sobrequebre

Figura 13. Inclínación del banco

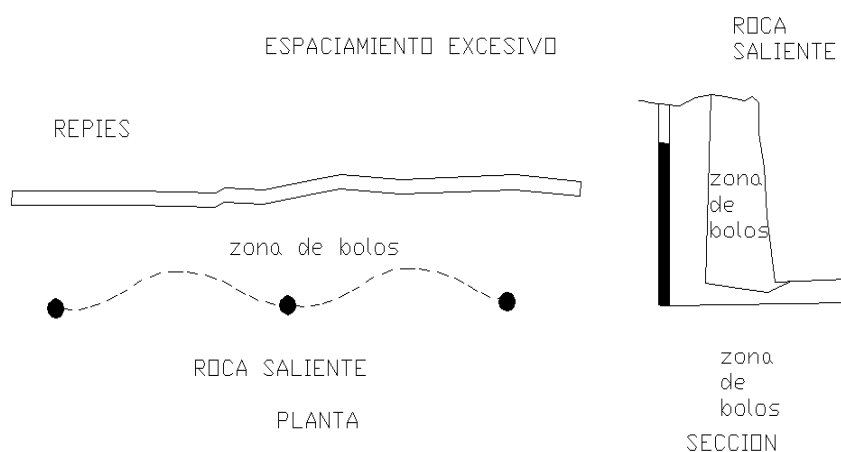


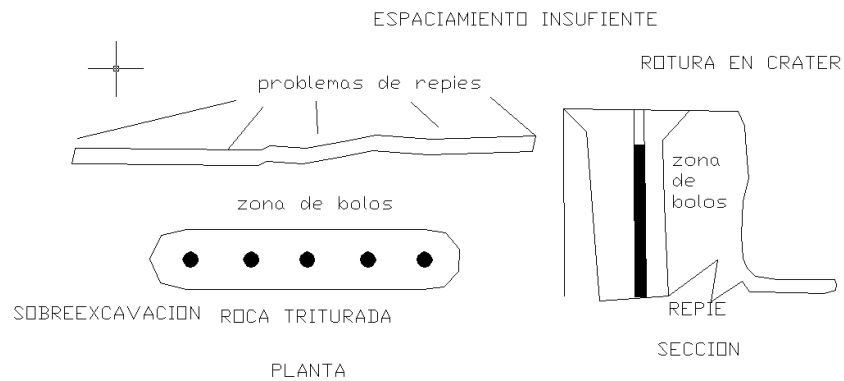
Fuente: Resultado de la investigación

En la cantera se maneja una inclinación de los barrenos de  $10^\circ$  para conservar la inclinación del talud provisional

3.2.9 Espaciamiento. El espaciamiento es el parámetro de diseño de mayor influencia sobre los resultados de la fragmentación de la roca del material volado. Al igual que el burden, para dimensiones de espaciamientos pequeños existe una alta probabilidad de eyección del retacado y partición entre barrenos (estimulando liberación de gases) ruido y golpe aéreo. Mientras que para dimensiones de espaciamientos grandes, esta propenso a una inadecuada fragmentación entre barrenos, dejando incluso pisos irregulares.

Figura 14. Impacto en la granulometría por distintos tipos de espaciamiento





Fuente: Resultado de la investigación

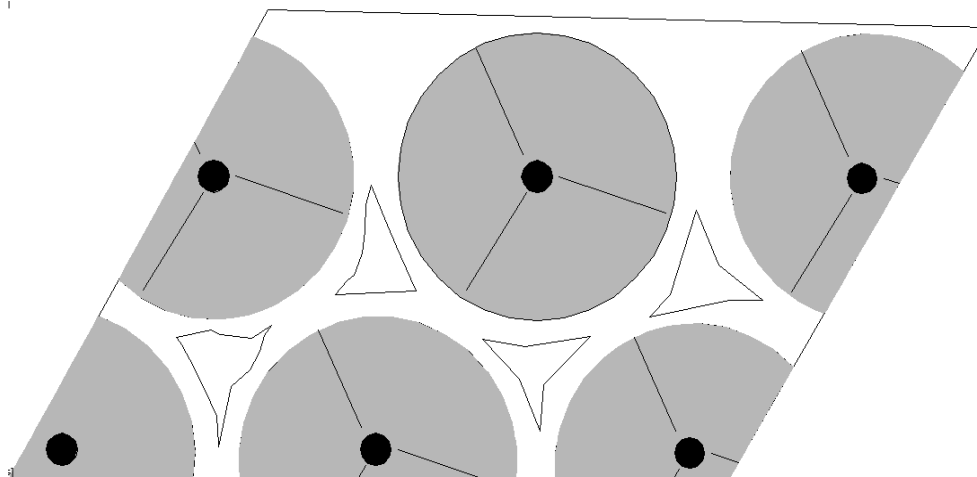
En la práctica, normalmente esta longitud está dada por la relación:

$$S = 1,3 B \text{ a } 1,5 B$$

S: Espaciamiento (metros)  
B: Burden (metros)

3.2.10 Esquemas de perforación. El esquema de perforación diseñado para las voladuras en la cantera, es el esquema "tres bolillos". Usualmente, los esquemas utilizados son cuadrados o rectangulares, debido a la facilidad de replanteo de los puntos de emboquille. No obstante, los esquemas más efectivos son los denominados "al tresbolillo" y entre ellos el mejor es el que forma triángulos equiláteros, ya que es el que proporciona la mejor distribución de la energía del explosivo en la roca y permite obtener una mayor flexibilidad en el diseño de la secuencia de encendido y dirección de salida de la voladura.

Figura 15. Impacto del multiplicador alrededor de los barrenos



Fuente: Optimización voladura Orica.



Este esquema produce la mejor fragmentación, con un espaciamiento que vale “S = 1,15 B” para barrenos verticales y “S = 1,15 B”.

3.2.11 Cebado. El cebado en fondo produce una mejor utilización de "la energía del explosivo, resultando un incremento de la fragmentación y desplazamiento de la roca con una disminución de las proyecciones. Esto es debido a que la detonación progresa hacia el retacado, mientras que los gases de explosión son confinados enteramente dentro del macizo rocoso, hasta que el material de retacado es expulsado y permite su escape.

El cebo usado en la cantera consta de un detonador electrónico Unitronic y un Booster de 337,5 g como se muestra en la ilustración.

Figura 16. Detonador y pentoflex



Fuente: Base de datos ARGOS S.A

3.2.12 Carga de columna. La selección del explosivo para la operación en canteras en Colombia, está limitada por la disponibilidad de explosivos en el mercado. No obstante, la elección de un explosivo para una determinada operación debe realizarse de acuerdo a las propiedades de las rocas que se desean fragmentar.

Esta selección del explosivo, obedece en gran medida a la velocidad de detonación del explosivo capaz de superar la velocidad de propagación de las ondas en el macizo rocoso produciendo la fragmentación de la roca. Esta relación se conoce como la “relación de impedancia” dada por la expresión:

$$VOD/V_p: 1.3$$

VOD: velocidad de detonación  
V<sub>p</sub>: Velocidad de onda P

De igual importancia son los otros criterios como el precio, la densidad, la resistencia al agua. El agente explosivo usado en las voladuras de la cantera Toluviejo, es el ANFO (AN-Combustible).

Cuadro 6. Referencias del ANFO

PROPIEDADES TÉCNICAS DEL ANFO						
RESISTENCIA AL AGUA	VELOCIDAD DE DETONACIÓN	DENSIDAD	POTENCIA ABSOLUTA EN VOLUMEN	POTENCIA ABSOLUTA EN PESO	POTENCIA RELATIVA VOLUMEN	DIÁMETRO CRITICO
ninguna	3.500 + o - 200ms	0.85+ o - 0.05 g/cm	757 cal/cm <sup>3</sup>	800 cal/g	1	50 mm

Fuente: Cátalo de INDUMIL

3.2.13 Retacado. El retacado o taco tiene la misión de confinar y retener los gases producidos en la explosión para permitir que se desarrolle por completo el proceso de fragmentación de la roca. Si el retacado es insuficiente se producirá un escape prematuro de los gases a la atmósfera, generándose problemas de onda aérea y riesgo de proyecciones. Por el contrario, con un retacado excesivo se obtendrá gran cantidad de bloques procedentes de la parte alta del banco, poco esponjamiento de la pila de material y un nivel de vibración elevado.

En la determinación del retacado, se deben tener en cuenta:

- El tipo y tamaño del material utilizado.
- La longitud de la columna de retacado.

El retacado más eficaz se alcanza para tamaños de partícula entre (“1/17 D” y 1/25 D). En la práctica, las longitudes óptimas de retacado aumentan conforme disminuyen la competencia y calidad de la roca, variando entre, 20 D y 60 D.



3.3.3 Implementación de prueba. La implementación de mejoras en un evento de voladura serán un objetivo esencial en las explotación de minerales para el uso industrial, al mejorar los eventos podremos tener beneficios que repercutirán positivamente en los costos generados por todos los agentes de voladuras y accesorios además de minimizar los riesgos al momento de cargar y desplazar el mineral volado a otro punto estratégico, en el caso de nuestra actividad minera es disminuir los grandes bloque generados por las voladuras en ciertos sectores de los bancos explotados.

La voladura se realizó el día 15 de abril del 2014, con un clima despejado, acompañado simultáneamente por dos eventos más en el mismo banco.

Dentro de las características del banco de caliza encontramos que estratos están apretados.

Figura 17. Estratos de caliza N120

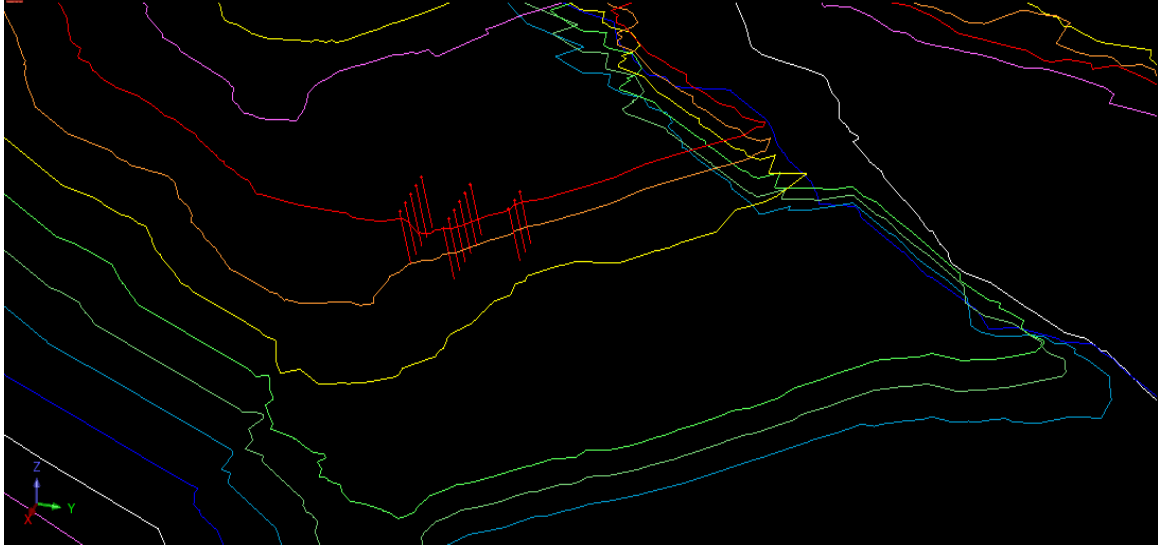


Fuente: Datos de la investigación

Esta es una ventaja, proporciona mejor transmisión de las ondas de tensión con mejor fragmentación y control del disparo.

Si llevamos las perforaciones en dirección al rumbo hay mayor fragmentación con aceptable rotura hacia atrás (back break), esto es una buena condición para voladuras, además si la perforaciones y voladuras van en contra al buzamiento, habrá menor rotura hacia atrás debido a que los estratos buzan dentro del banco, pero se debe perforar barrenos satélites para eliminar repie y realizar perforaciones inclinadas.

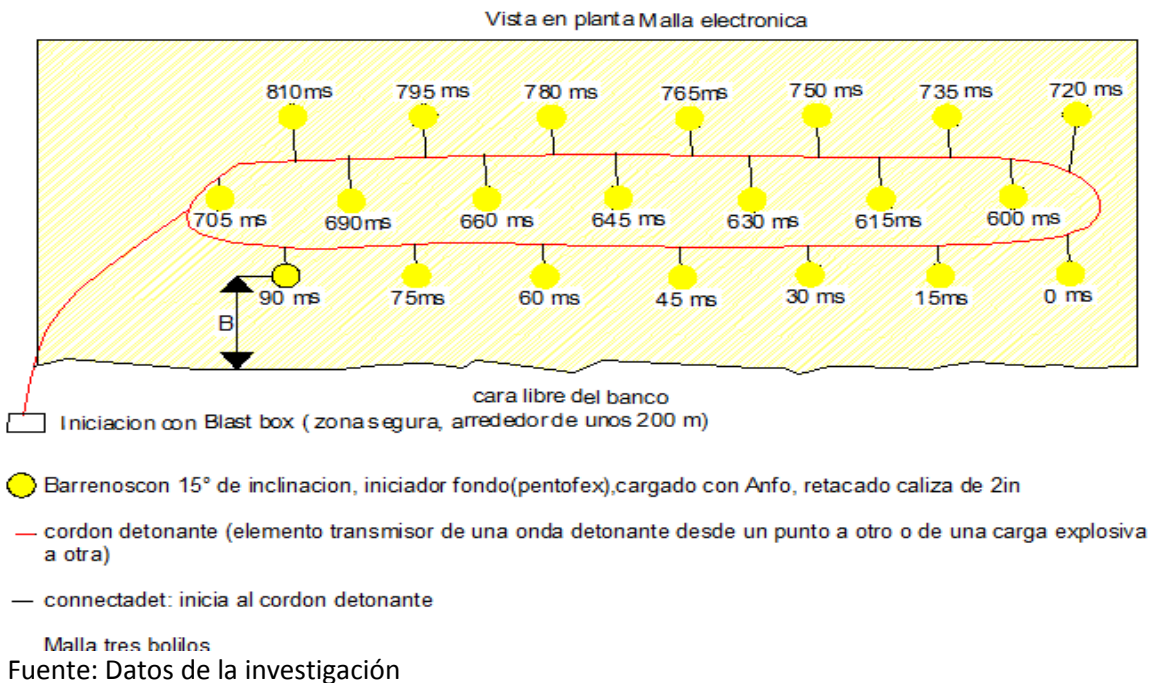
Figura 18. Dirección barrenos surpac, cerro villa nueva N120



Fuente: Datos de la investigación

El perforador 690 realiza perforaciones en el banco de caliza con una dirección N15E, llevando la dirección del rumbo NE presente en el cerro villa nueva, La prueba está fundamenta en cambiar la dirección de perforación dispuesta para las zonas externas del cerro villa nueva, donde presenta muchas diaclasas o hacia la parte más externa del cerro donde la caliza presenta más cavernas.

Figura 19. Malla detonación electrónica



### 3.3.4 Diseño geométrico de la voladura prueba.

Cuadro 8. Diseño geométrico y Cargues de barreno

Altura del banco	7.5m
Inclinación	15°a favor del rumbo(en dirección NE perpendicular a los estratos)
Diámetro del barreno	4 in
Burden	4
Espaciamiento	5.7
Retacado	1.8 m
Número de barrenos	42
Longitud de los barrenos(b), metros(m)	4b de 3m, 12b de 6m, 6b de 10m, 20b de 11.3m.
Longitud de carga de los barrenos LC: altura barreno - retacado	1.2, 4.2, 8.2, 9.5
Factor de carga lineal	7.3 kg/m
Tiempo entre barrenos	15ms
Tiempo entre filas (milisegundos(ms))	F1;F2;F3:600
Volumen de roca volada ( m3)	6489.6
Producción ( Ton)	15186 ton con un porcentaje de recuperación del 90%
Consumo específico ( kg/ Ton)	0.15

Fuente: Base de datos ARGOS y fuentes de investigación

El total de barrenos utilizados en el banco para la prueba fue de 42 barrenos, Otra características que implementamos fue de llevar las perforaciones en contra al buzamiento mejorando la rotura hacia atrás.

Cuadro 9. Coordenadas barrenos vol. N120

Barreno	Este	Norte	Cota	Alt: barreno	C. PATA
A1	847386.101	1538935.71	124.503	10.718	114.285
A2	847391.587	1538934.52	124.55	10.765	114.285
A3	847397.15	1538933.39	124.674	10.889	114.285
A4	847402.613	1538932.13	124.546	10.761	114.285
A5	847408.376	1538931.15	124.819	11.034	114.285
A6	847413.792	1538929.95	124.767	10.982	114.285
A7	847419.462	1538928.97	124.902	11.117	114.285
A8	847423.959	1538927.88	124.877	11.092	114.285
B1	847393.569	1538930.16	124.561	10.776	114.285
B2	847399.058	1538928.95	124.576	10.791	114.285
B3	847404.598	1538927.91	124.585	10.8	114.285
B4	847410.331	1538926.61	124.751	10.966	114.285
B5	847415.762	1538925.39	125.032	11.247	114.285
B6	847421.48	1538924.27	124.673	10.888	114.285
B7	847391.376	1538926.39	124.603	10.818	114.285
C1	847395.835	1538925.74	124.541	10.756	114.285
C2	847401.285	1538924.65	124.518	10.733	114.285
C3	847406.989	1538923.44	124.659	10.874	114.285
C4	847412.566	1538922.11	124.79	11.005	114.285
C5	847417.963	1538921.2	124.746	10.961	114.285
C6	847326.921	1538988.21	124.585	10.8	114.285
A1	847330.926	1538984.27	124.748	10.963	114.285
A2	847335.157	1538980.42	124.712	10.927	114.285
A3	847339.261	1538976.56	124.698	10.913	114.285
A4	847343.407	1538972.55	124.43	10.645	114.285
A5	847347.45	1538968.66	124.174	10.389	114.285
A6	847351.654	1538964.47	124.334	10.549	114.285
A7	847355.677	1538960.83	124.368	10.583	114.285
A8	847359.855	1538956.82	124.589	10.804	114.285
A9	847363.94	1538952.85	124.548	10.763	114.285
A10	847368.065	1538948.92	124.53	10.745	114.285
A11	847371.952	1538944.73	124.402	10.617	114.285
A12	847376.314	1538940.97	124.433	10.648	114.285
A13	847380.473	1538937.62	124.395	10.61	114.285
A14	847384.21	1538933.35	124.49	10.705	114.285
A15	847387.943	1538931.34	124.614	10.829	114.285
AX1	847354.784	1538963.69	124.436	10.651	114.285
AX2	847358.568	1538959.61	124.37	10.585	114.285
AX3	847362.646	1538955.61	124.64	10.855	114.285
AX4	847367.254	1538952.46	124.597	10.812	114.285

Fuente: Planeación y topografía

### 3.3.5 Sondeo de la cara libre: irregularidades nivel 120 Cara libre

Figura 20. Fragmentación de la roca post voladura



Fuente: Datos de la investigación

**Fragmentación:** La voladura se comportó normalmente dado como resultado una granimetría uniforme a lo largo del frente, en el sector izquierdo del banco volado se presentó sobretamaño, aunque se esperaban estos resultado la finalidad de la prueba era mitigarlo, el objetivo para la siguiente prueba es realizar un orden lógico de la malla tres bolillos a lo largo del banco a explotar.

**Proyecciones:** hubo proyección de un fragmento de materia debido a que la zona donde se detono ese barreno estaba muy agrietada, La cantidad de roca en la zona de carga está dentro de los límites normales.

Parte superior del banco.

Figura 21. Fragmentación de la roca post voladura zona de sobretamaño



Fuente: Datos de la investigación



El pateo o back breack se comportó idealmente proporcionando un corte definido para la siguiente cara libre del siguiente evento de voladura

Figura 22. Liberación de piso y techo de la voladura



Fuente: Datos de la investigación

El corte observado es la cara libre nueva para la siguiente voladura, se observa que está bien definida de techo a piso y disponible para que inicien las perforaciones nuevas.

### 3.4 Resumen de características finales de la voladura

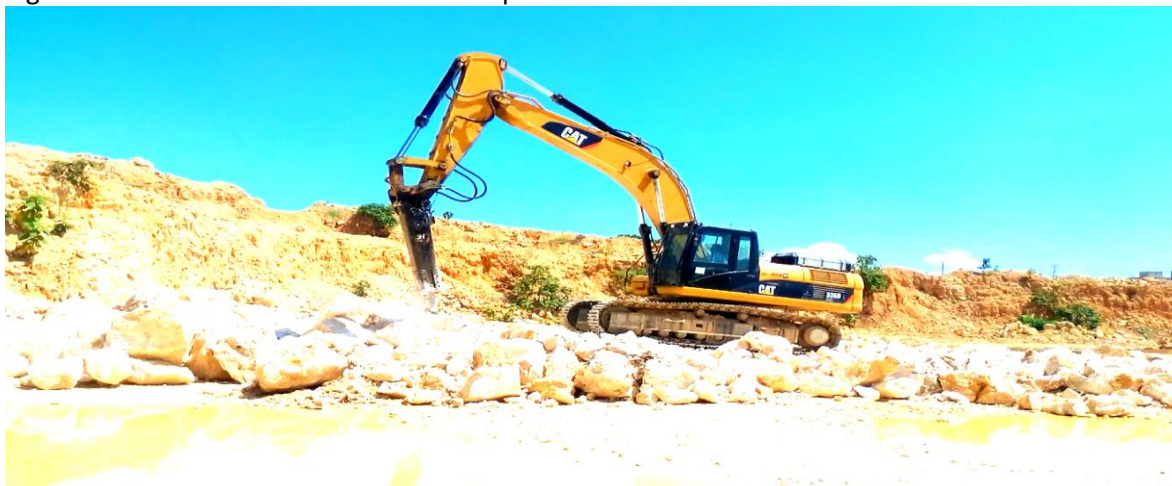
La voladura realizada en el frente uno cerro villa nueva apporto una solución práctica para las dificultades generadas por la geología presente del banco de caliza donde hay presencias de cavernas y diaclasas en todo el banco no alterando el tamaño del grano necesario para la trituración ni aumentando los costos respecto a la voladura.

Dentro de un marco amplio de soluciones ingenieriles que daremos a lo largo de una explotación minera siempre hay que tener en cuenta la documentación de la características existentes en el terreno a intervenir, al proporcionar soluciones aplicable a mejorar todo proceso minero hay que estar seguro de lo que vamos a realizar y las repercusiones que tendrán nuestro procesos, para ampliar aún más lo meticulosos que hay que ser al momento de generar evento de voladura a continuación podrán observar los costos que se generan al producirse sobre tamaños, en las cantera de ARGOS S.A para acabar con el stop de sobre tamaños generados por los evento de voladura utilizan matillos picadores que entran en

disponibilidad operativa cada 3 años, trabajando en la empresa alrededor de 3 a 4 meses.

Cada periodo que oscila de tres años, llega a la cantera un retro excavadora con martillo picador, que permanece en la planta, estos gastos mostrados a continuación demuestra los sobrecostos que se realizan para acabar con los bolos (sobre tamaños) aumenta los costos de cada voladura echa en tres años anteriores.

Figura 23. Retro excavadora con martillo picador



Fuente: Datos de la investigación

Los costos generados por el martillo picador en la cantera de ARGOS S.A tolu viejo fue desde el mes de marzo hasta el mes de junio \$ 27, 816,619.60, \$ 31, 179,302.00, \$ 21, 155,103.20, \$ 22, 346,940.00 respectivamente, el saldo final de \$ 102, 497,965.

Si tomamos estos costos en perspectiva nos damos cuenta de los costos que exceden a los costos evaluados antes de generar una voladura además si lo logramos disminuir los gastos realizados por efectos de la voladura proponiendo modelos para voladura que se adapten a los equipos presenten en el área de perforación y a la geología del terreno tendremos modelos que disminuyan los gastos para la empresa.

Cuadro 10. Cantidad polvorín 2014

Cantidad actual en polvorín 2014	cantidad	costo
Cordón detonante 3gr	3,888	1,545,875
Detonador nonel connectadet 4.8m 65ms	80	546,400

Detonador nonel handidet 9.1m 50/1400ms	50	481,152
Detonador orica unitronic 15m 600ms	1,197	72,302,391
Anfo	50,850	201,768,932
Flminante común °8	660	383,035
Mecha d/segur	246	131,451
Pentofex 337.5gr	1,072	16,194,623
Cable disparo 2x22awg orica p/detonador	2,000	1,044,000
Cable orica wire duplex p/ut 600	1,200	584,400

Fuente: Resultado de la investigación

Cuadro 11. Costos mantenimiento de equipos de perforación

Costos de mantenimientos de equipos	
\$ 9,084,493.00	266 galones anuales

Fuente: Resultado de la investigación

Cuadro 12. Costos personal colaboradores distribución de Anfo en el banco a explotar.

Costo por personal de cargue y descargue de sacos	
\$ 2,945.00	por sacos

Fuente: Resultado de la investigación

Alrededor de unos \$304.969.697 de pesos se presupuestan par el gasto de las voladuras para el año, si le sumamos los costos de la utilización del martillo perforador para la reducción de los sobre tamaños aumentaría el costos de producción de caliza en \$ 102, 497,965, al final el costo total será de 406, 567,662

Esto equivale a exceder los costos unos 33.7 %, difiriéndolo a los años en que se ausenta el retro excavadora con martillo picador que son unos tres años la cotización de la voladuras anuales aumentaría un 11.2% al presupuesto evaluado para producir los m3 anuales necesarios de caliza para la producción de caliza en la planta cementos Argos Toluviejo.

## 4 PARÁMETROS PARA MEJORAR LA VARIABILIDAD EN LA CALIDAD DE LA CALIZA TRITURADA

### 4.1 PRUEBA CALIZA

Dentro de una explotación de banco de caliza el mineral caliza presenta distintas tipo de calidad a lo largo de todo su yacimiento esto se debe a las características geológicas y de ambiente que estuvieron dentro de su conformación, además de los contactos presentes de arcillas que reducen la calidad de la caliza, se sabe que las calidades de la caliza esta desde calizas de alto porcentajes que están compuestas con un porcentaje de 96 a 100 % en  $\text{CaCO}_3$ .

Esta prueba se realizó por que cerro Villanueva presenta calizas con alto contenido de  $\text{CaCO}_3$  (96-10%) en el flanco izquierdo hacia el lado Toluvejo, además hay de caliza margosas (90-96 %) de contenido de  $\text{CaCO}_3$  y al el otro extremo presenta un porcentaje menos de  $\text{CaCO}_3$  en los banco inferiores el % de  $\text{CaCO}_3$  disminuye de igual manera.

Figura 24. Frente 1 cerro villa nueva



Fuente: Resultado de la investigación

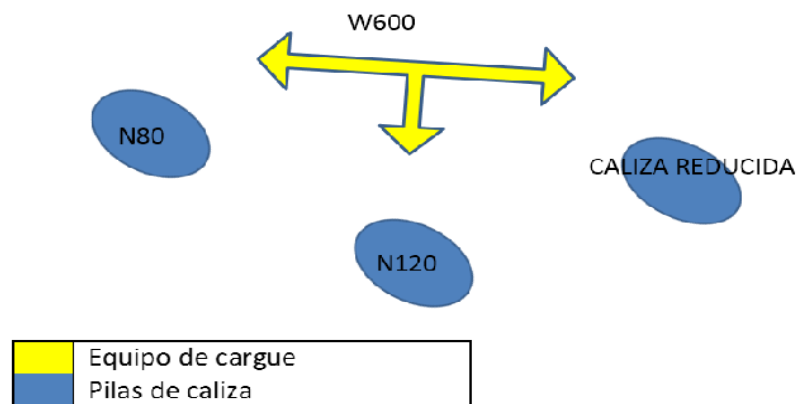
### 4.2 CALIZA

4.2.1 Ubicación y capacidad para conformación de pilas de caliza. El sector en donde se procedió a realizar la prueba está ubicado dentro de la planta Toluvejo en el frente 1 cerro Villanueva, en el nivel 80. La caliza se obtuvo en los diferentes niveles del mismo frente, en donde utilizaron caliza volada del nivel 80 lado fábrica, nivel 120 de caliza reducida del nivel 80 producto de sobre tamaño en las voladuras de los niveles 80 y 90 lado Toluvejo.

La granulometría varió en el área de cargue de acuerdo a la zona donde se extrajo la caliza, las calizas del nivel 80 y del nivel 120 fueron obtenidas por voladura con un tamaño de roca volada menor a 80 cm de diámetro. El tamaño de la caliza fracturada es mayor en proporción dado a que es reducida por el martillo picador CAT 336D.

#### 4.3 PRUEBA #1

Figura 25. Distribución de los diferentes tipos de caliza



Fuente: Resultado de la investigación

#### 4.4 CONFORMACIÓN DE PILAS DE CALIZA

En el procedimiento de conformación de pilas de caliza transportan 1000 ton de caliza del N120, N80 y caliza reducida al nivel 80 donde está ubicada el área de prueba de prueba de pila de caliza , el mineral transportado aporta distintas calidades al LSF de la caliza proporcionado un uso racional de los recursos de cantera.

4.4.1 Metodología de cague utilizado en la prueba de pila de caliza. Por cada cucharón de material cargado de caliza, el equipo descargara el mineral en el equipo de transporte, de inmediato el cargador se trasladara a la segunda pila de caliza y realizará el mismo procedimiento, cuando termine de descargar el cucharón de mineral de la tercera pila en el equipo de transporte, el equipo de W600 volverá a cargar un cucharón de la misma pila. Hay que destacar que el cuarto cucharón cargado se ira rotando selectivamente hasta que se consuma totalmente las pilas de caliza.

Cuadro 13. Metodología de cargue para los equipos de transporte

CARGUE	TRANSPORTE	TIPO CALIZA	CUCHARONES	# VIAJES
W600	CAT F	N80	1	1
		N20	1	
		REDUCIDA	2	
	CAT F	N80	1	2
		N20	2	
		REDUCIDA	1	
	CAT F	N80	2	3
		N20	1	
		REDUCIDA	1	

Fuente: Resultado de la investigación

4.4.2 Metodología de transporte utilizado en la prueba de pila de caliza. Por cada cucharón de material cargado de caliza, el equipo de transporte se trasladara a la siguiente pila de caliza dando espacio suficiente para que el equipo de cargue realice su proceso, una vez cargado el equipo de transporte se trasladara a la segunda pila de caliza y realizará el mismo procedimiento, cuando finalice el cargue del mineral de la tercera pila de caliza en el equipo de transporte, el equipo de W600 volverá a cargar un cucharón de la misma pila y lo descargara en el equipo, cuando finalice el cargue, el operador del equipo de transporte se desplazara hasta la trituradora LARÓN, una vez descargue el material en la tolva de la trituradora LARÓN, volverá hasta la zona de pila de caliza completando el ciclo de transporte de caliza.

4.4.3 Calidad esperada de la prueba de las pilas de caliza. Las calidades de las materias primas se realizan para llevar una continuidad en las calidades de los minerales explotados, para el caso de la caliza el muestreo del mineral se va recolectando a medida que se van realizando las perforaciones a lo largo del banco a detonar cuando finaliza la recolección es llevada al laboratorio donde realizan procedimiento de reducción, secado y análisis químicos respectivo que arroja la calidad de la caliza evaluada, para la prueba utilizaron tres tipos de caliza una caliza reducida que do un el LSF de 1323, una caliza del N120 que dio un LSF de 1432 y caliza del N80 que dio un LSF de 642, donde se espera que de un promedio después de una homogenización y posterior trituración de 1000 en el LSF con una DESVEST de 428.62.

El LSF es denominado el límite de saturación de cal que contiene la caliza, dicho de otro modo es la concentración de calcita que contiene, el LSF es calculado de la siguiente forma:

$$\text{LSF} = 100\text{CaO}/(2.8\text{SiO}_2)(1.18\text{AL}_2\text{O}_3)(0.65\text{Fe}_2\text{O}_3)$$

El rango de LSF utilizado en la planta es de:

Cuadro 14. Saturación de caliza para trituración

Caliza	
LSF	861
	1335
	628

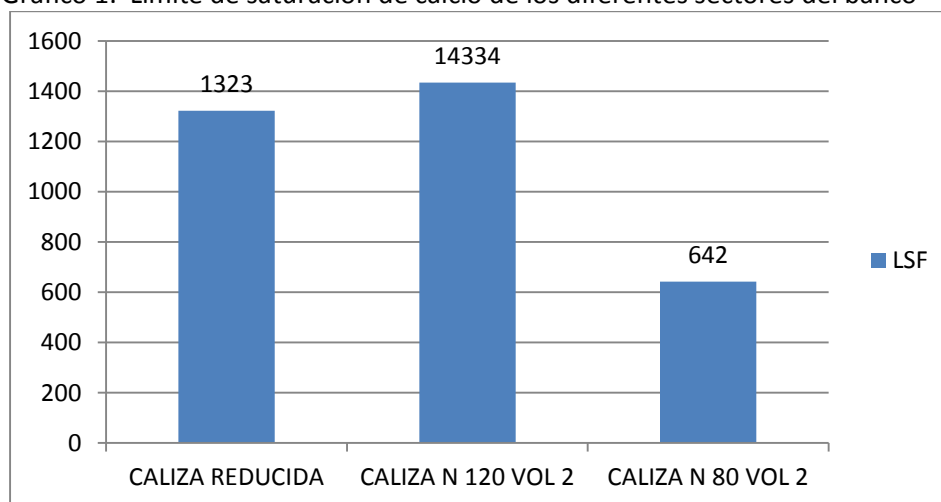
Fuente: Base de datos ARGOS

Cuadro 15. Ensayo calidad de caliza establecida para los resultados posteriores

Nº	Material	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	Álcalis	LSF	M.S	M.A
1	CALIZA REDUCIDA	1.18	0.50	0.26	53.79	0.31	0.02	0.03	0.04	0.04	1323	1.55	1.91
2	CALIZA N 120 VOL 2	1.07	0.48	0.30	53.88	0.29	0.02	0.03	0.06	0.04	1434	1.37	1.60
3	CALIZA N 80 VOL 2	2.44	0.75	0.77	52.77	0.23	0.02	0.05	0.10	0.05	642	1.61	0.97
	CALIDAD ESPERADA	1.56	0.58	0.44	53.48	0.28	0.02	0.04	0.07	0.04	1133	1.53	1.30
	DESVEST	0.76	0.15	0.28	0.62	0.04	0.00	0.01	0.03	0.01	428.62	0.12	0.48

Fuente: Base de datos ARGOS

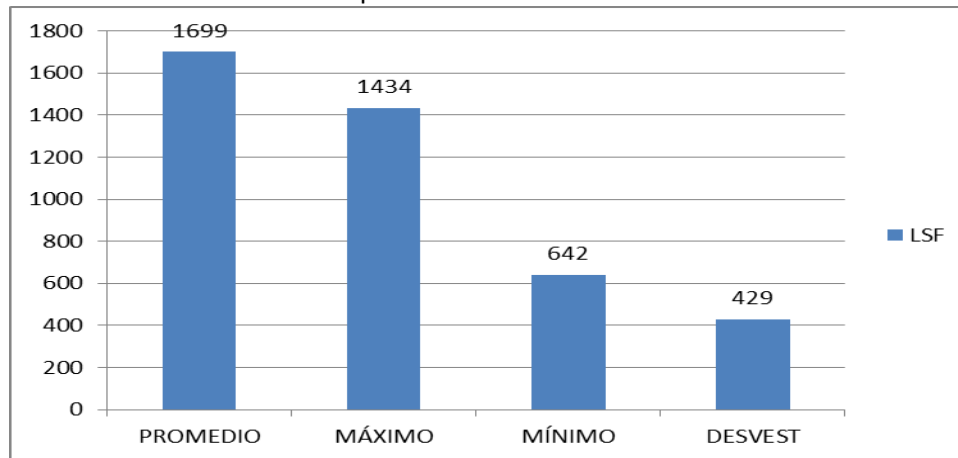
Grafico 1. Límite de saturación de calcio de los diferentes sectores del banco



Fuente: resultados de la investigación

4.4.4 Desviación estándar esperada en la prueba de pilas de caliza. Para esta prueba se prevé que la desviación estándar de la caliza de un valor de 429, dando como finalidad una respuesta positiva de la homogenización de diferentes tipos de caliza para conseguir un DESVEST regular que permita llevar a la trituración siempre calidades similares al salón de materias primas permitiéndole así a los molino tener calidad regular que no afecte la dosificación de los aditivos para conseguir un Clinker estándar.

Grafico 2. Desvest de la caliza pre establecida en los diferentes niveles del banco



Fuente: Resultados de la investigación

Las perforaciones de la caliza de los diferentes bancos de caliza, la desviación estándar de la LSF debe dar 429.

#### 4.5 ANTECEDENTE ANÁLISIS QUÍMICO

4.5.1 Análisis químico de la caliza 2013. La relación de los datos tomados mes a mes muestra claramente la deficiencia en llevar una calidad regular de la caliza puesta en el salón de materias primas, donde observamos que ninguna DESVEST del LSF mes a mes lleva una con claridad las calidades con el mes anterior o con el mes posterior a la calidad de la caliza.

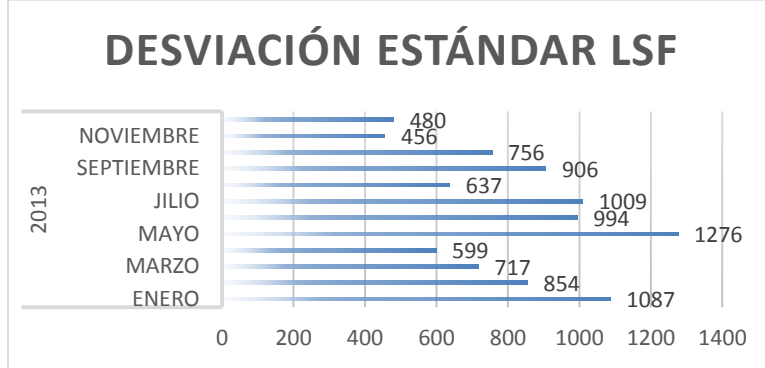


Cuadro 16. Análisis químico caliza 2013

MES		SiO2	AL2O3	Fe2O3	CaO	MgO	Na2O	K2O	SO3	M.S.	M.A	ALK	LSF
ENERO	PROMEDIO	1.09	0.44	0.30	54.84	0.34	0.04	0.02	0.02	1.38	1.60	0.06	1964
	DESVEST	0.76	0.21	0.18	0.93	0.07	0.02	0.01	0.01	0.30	0.43	0.02	1087
	MAX	4.17	1.34	1.06	56.52	0.55	0.13	0.07	0.08	2.06	2.50	0.14	7134
	MIN	0.19	0.17	0.08	52.49	0.25	0.02	0.01	0.01	0.76	0.81	0.03	376
FEBRERO	PROMEDIO	1.31	0.55	0.46	54.22	0.33	0.05	0.02	0.04	1.23	1.30	0.06	1481
	DESVEST	0.73	0.20	0.21	0.77	0.04	0.01	0.02	0.08	0.25	0.39	0.02	854
	MAX	4.11	1.18	1.24	55.31	0.40	0.06	0.12	0.42	1.88	2.75	0.13	5405
	MIN	0.25	0.18	0.14	51.40	0.22	0.04	0.01	0.01	0.74	0.84	0.04	375
MARZO	PROMEDIO	1.22	0.53	0.34	55.11	0.35	0.03	0.02	0.03	1.36	1.65	0.04	1603
	DESVEST	0.65	0.19	0.16	0.96	0.06	0.02	0.01	0.02	0.27	0.51	0.02	717
	MAX	3.36	0.94	0.89	57.26	0.53	0.09	0.05	0.09	2.11	3.27	0.10	3940
	MIN	0.34	0.27	0.11	51.59	0.20	0.01	0.01	0.01	0.68	0.94	0.01	492
ABRIL	PROMEDIO	1.22	0.53	0.37	54.50	0.31	0.06	0.02	0.02	1.33	1.53	0.06	1485
	DESVEST	0.54	0.17	0.14	0.86	0.05	0.02	0.01	0.02	0.21	0.46	0.02	599
	MAX	2.86	0.93	0.73	56.38	0.51	0.12	0.04	0.14	1.80	2.33	0.13	3497
	MIN	0.43	0.24	0.15	52.67	0.19	0.02	0.01	0.01	0.86	0.84	0.04	555
MAYO	PROMEDIO	1.15	0.45	0.38	54.74	0.36	0.03	0.02	0.02	1.29	1.23	0.05	1890
	DESVEST	0.70	0.21	0.14	0.84	0.06	0.02	0.02	0.01	0.33	0.47	0.02	1276
	MAX	3.11	0.89	0.73	55.97	0.53	0.06	0.08	0.05	2.11	2.61	0.10	7331
	MIN	0.17	0.15	0.13	52.21	0.27	0.01	0.01	0.01	0.53	0.62	0.02	523
JUNIO	PROMEDIO	1.54	0.49	0.34	53.96	0.33	0.02	0.04	0.05	1.77	1.55	0.05	1412
	DESVEST	0.73	0.17	0.14	0.56	0.04	0.01	0.01	0.02	0.40	0.34	0.01	994
	MAX	2.94	0.80	0.61	54.97	0.41	0.05	0.07	0.12	2.38	2.13	0.07	5002
	MIN	0.27	0.22	0.11	52.44	0.26	0.01	0.02	0.01	0.79	1.00	0.03	558
JULIO	PROMEDIO	2.05	0.71	0.40	53.60	0.35	0.02	0.05	0.07	1.76	1.84	0.05	1143
	DESVEST	1.03	0.28	0.16	0.68	0.03	0.00	0.02	0.06	0.40	0.26	0.01	1009
	MAX	4.07	1.19	0.72	54.95	0.43	0.03	0.09	0.35	2.33	2.32	0.08	4237
	MIN	0.32	0.24	0.12	52.20	0.29	0.02	0.02	0.03	0.82	1.30	0.03	401
AGOSTO	PROMEDIO	1.96	0.59	0.42	53.55	0.37	0.02	0.05	0.06	1.85	1.49	0.05	1081
	DESVEST	0.98	0.21	0.16	0.60	0.06	0.00	0.02	0.02	0.37	0.33	0.01	637
	MAX	4.55	1.20	0.75	55.54	0.53	0.03	0.09	0.12	2.67	2.35	0.08	3170
	MIN	0.46	0.26	0.15	52.28	0.26	0.02	0.02	0.03	1.00	0.82	0.03	359
SEPTIEMBRE	PROMEDIO	1.82	0.52	0.37	53.70	0.38	0.02	0.05	0.06	1.92	1.50	0.05	1296
	DESVEST	0.96	0.21	0.17	0.65	0.07	0.00	0.02	0.02	0.42	0.42	0.01	906
	MAX	4.02	1.16	0.74	54.76	0.53	0.03	0.09	0.10	2.66	3.15	0.08	3938
	MIN	0.37	0.21	0.15	52.41	0.27	0.02	0.02	0.03	1.00	0.77	0.03	408
OCTUBRE	PROMEDIO	2.02	0.66	0.38	53.59	0.36	0.02	0.13	0.07	1.88	1.82	0.11	1097
	DESVEST	1.16	0.33	0.20	0.65	0.04	0.00	0.66	0.13	0.36	0.32	0.43	756
	MAX	5.67	1.64	1.02	54.71	0.44	0.03	5.00	1.06	2.69	2.80	3.31	4951
	MIN	0.27	0.22	0.12	51.67	0.27	0.02	0.02	0.02	0.79	1.31	0.03	282
NOVIEMBRE	PROMEDIO	2.02	0.65	0.38	53.62	0.35	0.02	0.05	0.05	1.92	1.75	0.05	958
	DESVEST	0.81	0.20	0.12	0.65	0.04	0.00	0.01	0.01	0.32	0.24	0.01	456
	MAX	3.80	1.25	0.60	55.10	0.46	0.03	0.07	0.08	2.74	2.35	0.07	2428
	MIN	0.62	0.30	0.16	51.60	0.28	0.02	0.02	0.03	1.24	1.27	0.03	433
DICIEMBRE	PROMEDIO	2.28	0.70	0.43	53.33	0.34	0.02	0.05	0.06	1.96	1.73	0.06	900
	DESVEST	1.10	0.27	0.21	0.69	0.03	0.00	0.02	0.05	0.35	0.46	0.01	480
	MAX	5.27	1.47	1.24	54.50	0.42	0.03	0.09	0.32	2.91	3.60	0.09	2263
	MIN	0.67	0.30	0.18	51.53	0.27	0.02	0.03	0.03	1.26	1.08	0.04	301

Fuente: Base de datos ARGOS S.A

Grafico 3. Desviación estándar de la caliza 2013



Fuente: resultados de la investigación

#### 4.6 PRECEDENTE ANÁLISIS QUÍMICO DE LA CALIZA

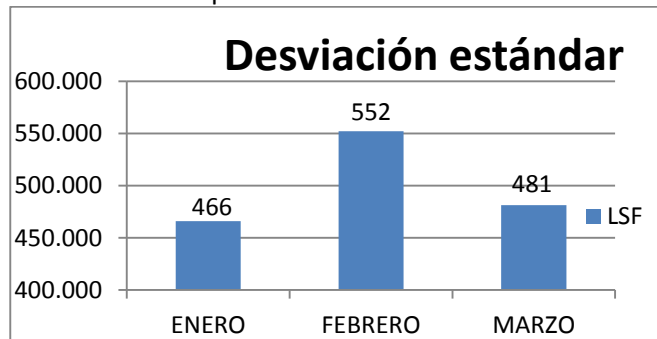
4.6.1 Análisis químico de la caliza 2014 mes a mes. Comenzando el nuevo año y teniendo presente que el valor mínimo de la DESVEST del 2013 fue de 456 todavía este año no ha dado un valor inferior al dicho anteriormente, la finalidad de esta prueba es disminuir esta variabilidad y posteriormente llevarla a rango más inferiores, además de que la calidad sea regular durante toda la trituración de todo el año.

Cuadro 17. LSF primer trimestre 2014

MES	SI202	LSF
ENERO	1787	466
FEBRERO	1058	552
MARZO	0.627	481

Fuente: Base de datos ARGOS S.A

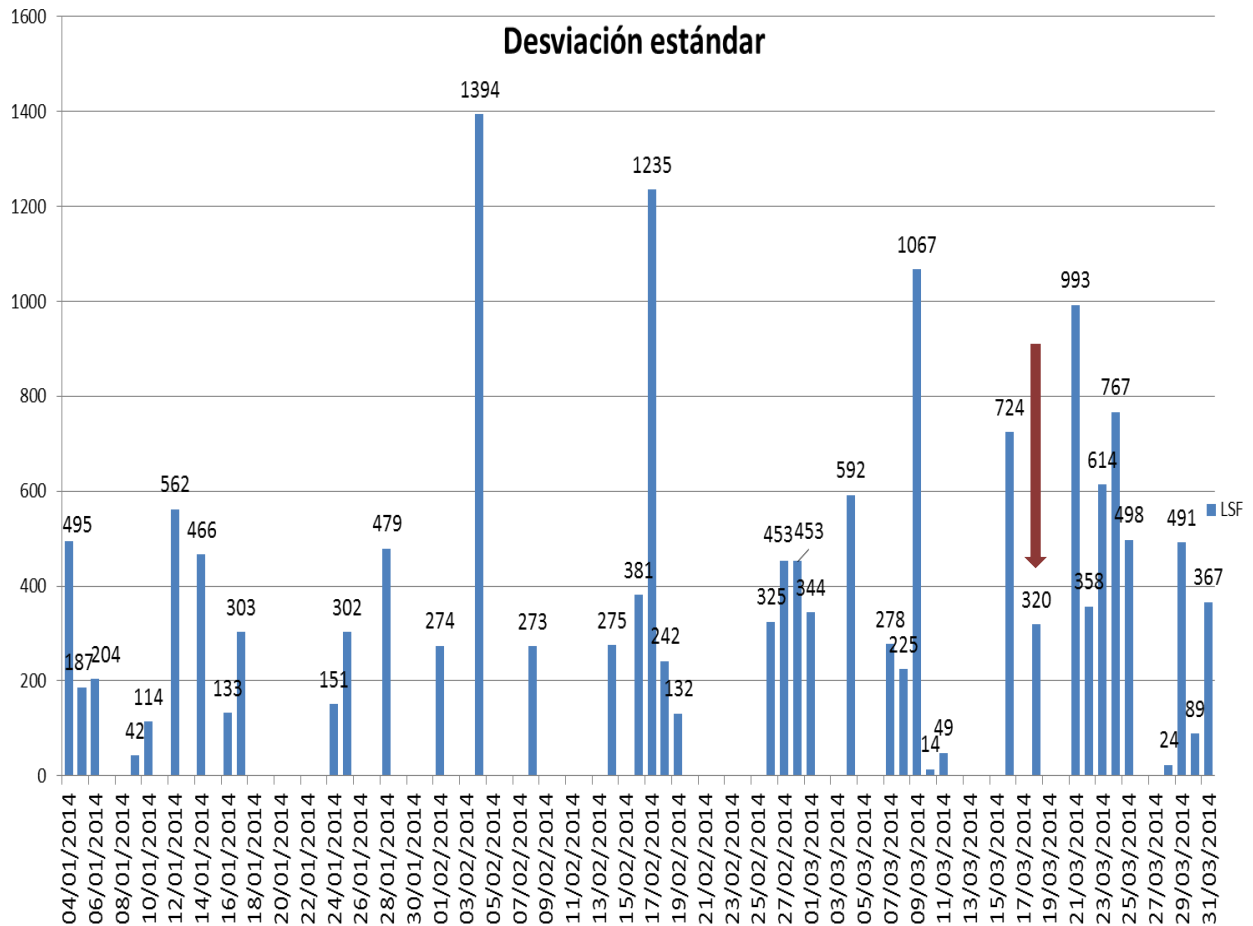
Grafico 4. Caliza primer trimestre del 2014



Fuente: Resultados de investigación

4.6.2 Análisis químico diario de la caliza 2014. A lo largo de este año hasta días posterior a la prueba de caliza se llevó un control diario de las desviación estándar de la caliza triturada para observa.

Grafico 5. Desviación estándar caliza 2014



Fuente: Resultados de la investigación

Todos estos indicadores nos muestran claramente lo fluctuante de la calidad de la caliza triturada en cada turno que tritura el mineral.

4.6.3 Análisis químico de la prueba de caliza el 18-marzo-2014. La prueba de las pilas de caliza del día 18 de marzo dio como resultado una desviación estándar de 320, acogiéndose al propositito de disminuir el mínimo LSF del 2013.

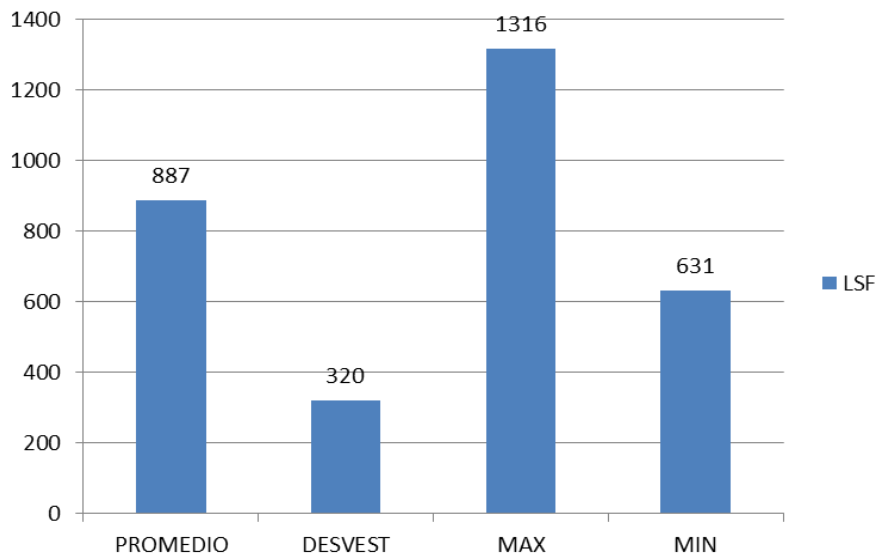
Este ensayo corrobora el propósito de utilizar distintas calidades de caliza de la cantera y obtener parámetros óptimos en la trituración de caliza puesta en el salón de materias primas.

Cuadro 18. Análisis químico caliza 18 marzo 2014

Fecha	SiO2	Al2O3	Fe2O3	CaO	MgO	Na2O	K2O	SO3	M.S.	M.A	ALK	LSF
18/03/2014	2.6	0.7	0.5	53.6	0.4	0.0	0.1	0.1	2.2	1.5	0.1	631
18/03/2014	1.7	0.6	0.4	54.2	0.4	0.0	0.1	0.1	1.8	1.5	0.1	946
18/03/2014	2.6	0.7	0.3	54.2	0.4	0.0	0.0	0.0	2.4	2.2	0.0	656
18/03/2014	1.2	0.4	0.2	53.9	0.3	0.0	0.0	0.0	1.8	1.8	0.0	1316
PROMEDIO	2.0	0.6	0.4	53.9	0.4	0.0	0.0	0.1	2.1	1.8	0.1	887
DESVEST	0.7	0.1	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.4	0.0	320
MAX	2.6	0.7	0.5	54.2	0.4	0.0	0.1	0.1	2.4	2.2	0.1	1316
MIN	1.2	0.4	0.2	53.6	0.3	0.0	0.0	0.0	1.8	1.5	0.0	631

Fuente: Base de datos ARGOS S.A

Grafico 6. Lsf prueba pilas de caliza



Fuente: Resultados de la investigación

#### 4.7 DESVIACIÓN ESTÁNDAR 2013-2014

Los datos argumentados durante el periodo del 2013 al 2014 muestran lo fluctuante de la calidades trituradas del mineral caliza esto se debe principalmente a que los yacimiento de caliza no se encuentra de forma homogénea sino más bien heterogénea, esto es algo normal en todos los yacimiento sedimentarios, a todos los procesos geológicos y ambientales que acompañan la formación de tales yacimientos, sabiendo los factores ambientales y geológicos naturales se debe

realizar actividades de pre homogenización para obtener una calidad ideal , así optimizando todo los recursos de una cantera. Para llevar a cabo estas actividades debe haber disponibilidad de todos los equipos que hacen arte del proceso de arranque, cargue y transporte del mineral caliza.

Grafico 7. Desviación estándar de la caliza 2013- 2014



Fuente: Resultados de la investigación

#### 4.8 CONCLUSIONES

Este estudio arroja que si se quiere un valor del LSF con desviación estándar bajo, se tiene que transportar y triturar caliza sectorizada previamente, hasta culminar el proceso en el salón de materias primas. El consumo de la materia prima se verá optimizado, utilizando recursos de excelente calidad como de baja calidad. Habrá una pre homogenización de caliza en el cargue de la caliza alta como caliza baja. Otro aspecto a evaluar es el re manejo realizado a la caliza; ya que ha sido transportado desde el frente explotado hasta la zona de pila de caliza. A medida que se consume la pila los tiempos de cargue tienden a aumentar dando como resultado un ciclo de transporte más largo.

## 5 ESTADO DE LA FLOTA DE MAQUINARIA EN LA PLANTA ARGOS TOLUVIEJO

### 5.1 MAQUINARIA ACTUAL DE LA EMPRESA

La maquinaria es uno de los principales activos que posee una industria cementera esta permite desarrollar todos los frentes de explotación proporcionando las condiciones óptimas para la explotación, extracción y transporte de las materias primas necesarias. La maquinaria en buenas condiciones operativas ofrece al trabajador un bienestar laboral mejorando su salud dándole condiciones dignas de trabajo, el mantenimiento de los equipos mineros de la cantera es una labor que tiene que ser preventiva ofreciéndole mejorar la vida útil del equipo; y así mitigar fallas mecánicas que no deben generarse ante de las horas pre establecidas, el mantenimiento a los equipo minero se realizan de acuerdo al fabricante comenzando desde las 250 para mantenimiento del motor las 500 (motor+ filtro de agua)1000 (motor + servo transmisión “mandos finales(delanteros)”), 4000horas(motor + servo transmisión “mandos finales(traseros)”) y de 15000 a 20000 horas (el over haul(reparación general, motor, servo, mando final ,sistema hidráulico)) cada fabricante tiene sus especificaciones y recomendaciones para mantener las condiciones del equipo procurando que todos los componentes del equipo duren el tiempo para el cual fueron elaborados, además que el desgaste de las partes de los equipos mineros son por el uso que le den, por las condiciones del terreno donde estén trabajando o por defectos de fábrica.

En la plata Argos Toluviéjo en el área de canteras existen actualmente activos como: 4 camiones, 2 cargadores, 2 buldócer, 1 pala hidráulica, 1 motoniveladora, 1 perforador, además que eventualmente hay equipos rotacionales que van de planta en planta, como la retro con martillo hidráulico que ayuda a reducir los sobre tamaños (bolos) que se generan por las voladuras de caliza.

### 5.2 TIEMPO PROGRAMADO

En las canteras de minerales industriales los turnos se programan de acuerdo a la demanda de materiales necesarios en el salón de materias primas, en esta planta se requiere una producción diaria de 4000 mil ton/día, para ellos se laboran dos turnos de 8 horas, en los cuales se trabajan 5 horas efectivas dentro de cada turno.

El tiempo programado es el tiempo donde la maquinaria trabajara las horas programadas, para las máquinas de Argos está dada por el número de turnos en

los cuales se van a trabajar diariamente 2 turnos de 8 horas y se trabajaran 6 días a la semana.

Cuadro 19. Tiempo programado maquinaria amarilla anualmente

HORAS PROGRAMADAS							
MAQUINAS	CANTIDAD EQUIPOS	TURNOS	HORAS/TURNO	DÍAS A LA SEMANA	HORAS SEMANAL	HORA S MES	HORAS AÑO
CAMIONES	4	2	8	6	384	1536	18432
CARGADORES	2	2	8	6	192	768	9216
BULDÓCERES	2	2	8	6	192	768	9216
PALA	1	2	8	6	96	384	4608
PERFORADOR	1	1	8	6	48	192	2304

Fuente: Resultado de la investigación

$$T_{\text{prog}} = (\text{días trabajado al año}) (\text{horas/turnos})$$

$$T_{\text{prog}} = (365 \text{ días/año}) (16 \text{ horas/año})$$

$$T_{\text{prog}} = 5840 \text{ horas}$$

Hay que tener presente que en las operaciones mineras existe tiempos de interferencia que son ocasionados por agentes externos como la lluvia, falta de energía, accidentes, ausentismo. El tiempo de interferencia es:

Cuadro 20. Tiempo con inferencia horas año

TI	Horas/año
Clima	106
Falta de energía	34
Accidentes	0
Ausentismo	179
Total	319

Fuente: Resultados de la investigación

$$T_{\text{p. Interferencia}} = T_{\text{total programado}} - T_{\text{interferencia}}$$

$$T_{\text{p. Interferencia}} = 5840 - 319$$

$$T_{\text{p. Interferencia}} = 5521 \text{ horas/año}$$

### 5.3 TIEMPO EN MANTENIMIENTO Y TIEMPO DISPONIBLE

La disponibilidad de los equipos es el tiempo total programado menos el tiempo de mantenimiento, dará el tiempo disponible (tiempo para operar o utilizar los equipos).

$$\begin{aligned} T_d &= T_t - T_m \\ T_t &= 16h \\ T_m &= T_{mpl} + T_{mfa} \end{aligned}$$

Cuadro 21. Tiempo mantenimiento maquinaria amarilla

Tmpl horas/año		Tmfa horas/año	
Aceites	85	Mecánicas	450
Filtros	161	Eléctricas	241
Sumatoria	246	Sumatoria	691

Fuente: Resultado de la investigación

$$\begin{aligned} T_m &= 937 \text{ horas/ año} \\ T_d &= 4584 \text{ horas/ año} \end{aligned}$$

### 5.4 DISPONIBILIDAD

Corresponde al tiempo que los equipos se encuentran en condiciones mecánicas para operar

$$\begin{aligned} D &= ((T_t/T_m)/T_t)*100\% \\ D &= (T_d/T_m)*100\% \\ D &= (4584 \text{ horas/ año} / 937 \text{ horas/ año})*100\% \\ D &= 83.03 \% \end{aligned}$$

### 5.5 TIEMPOS DISPONIBLES OPERATIVOS

Corresponde al tiempo en que los equipos o maquinas no están realizando su función, debido básicamente a dos causas:

Demoras operativas planificadas ( $T_{do}$  planificadas); corresponde a los tiempos, por cambio de operador, refrigerio o descansos de turno; carga de combustible etc y por las Demoras operativas por interferencia ( $T_{do}$  interferencia), corresponde a los



tiempos, por bloqueos, impedimentos para realizar las funciones para la que fueron diseñadas.

Cuadro 22. Tiempo disponible operativo maquinaria amarilla

Demoras operativas	DESCRIPCIÓN	MINUTOS	HORAS	HORAS/AÑO
Demoras operativas planificadas	cambios de turno	60	1	245
	cambio de operador	30	0.5	
	refrigerios	60	1	194
	descansos	10	0.16666667	
Demoras operativas de interferencia	ubicación del trabajo	60	1	104
	impedimento al trasladarse	0	0	
	demoras operativas	220	3.66666667	543

Fuente: Resultado de la investigación

$$T_o = T_d - T_{do}$$

$$T_o = 4584 \text{ horas/año} - 543 \text{ horas/año}$$

$$T_o = 4041 \text{ horas/año}$$

## 5.6 UTILIZACIÓN

Corresponde a la fracción porcentual del tiempo disponible en donde el equipo se encuentra en producción pura.

$$U = (T_o/T_d) * 100\%$$

$$U = (4041 \text{ horas/año} / 4584 \text{ horas/año}) * 100\%$$

$$U = 88:15 \%$$

## 5.7 RENDIMIENTO

El rendimiento es la relación entre el tiempo operativo y el tiempo total programado con interferencias. Es un indicador de la utilización real de la maquinaria, frente a la programada.

$$R = (T_o/T_t) * 100$$
$$R = (4041 \text{ horas/año} / 5521 \text{ horas/año}) * 100\%$$
$$R = 73.19\%$$

## 5.8 CALCULO TOTAL DE LA FLOTA

Uno de los problemas principales por parte de operaciones, es determinar la cantidad justa de equipos (llamado parque de la flota) para satisfacer una demanda determinada.

Aquí se relaciona los trabajos de arranque, carga y transporte; con el objetivo de poder precisar más, algunos conceptos relacionados con la actividad, pero el procedimiento sirve en general para todas las maquinas cíclicas, con las consideraciones del caso a tratar.

Las maquinas mineras, están diseñadas para, empujar, levantar o transportar una determinada capacidad, de mineral; la que denominare (Q)

$$Q = \text{capacidad de la maquina}$$

La capacidad de la máquina, puede ser o no completamente utilizada y en ocasiones puede ser exigida a trabajar con capacidades mayores para la que fue diseñada, entonces podemos llamar a la relación, entre la cantidad real transportada y la capacidad de la maquina; factor de llenado ( $\alpha$ ):

$$\alpha = q_r/q$$
$$q_r = \text{cantidad real transportada}$$
$$Q = \text{capacidad de la maquina}$$

Los camiones Caterpillar y dresser tiene una capacidad de 55 ton y la cantidad real transportada es de 46 ton esto se relaza con el fin de que la actividades de transporte de material no se vallan derramando material por las vías

$$\alpha = 46 \text{ ton} / 55 \text{ ton}$$
$$\alpha = 0.84$$

## 5.9 CICLO DE LA MAQUINARIA

Todas las maquinas son cíclicas, esto quiere decir, que realizan su trabajo para lo que fueron diseñados en un cierto tiempo. El ciclo que se contabilizo es para el frente 1 y respectivamente para cada uno de sus niveles, cabe resaltar que para que un recorrido se tome como un ciclo este debe ser cerrado y debe tener un origen y un fin, y ser tomado siempre en el mismo punto de referencia, para que los datos no sean intermitentes y erráticos.

Cuadro 23. Ciclo de transporte de caliza y PMB frente 1

CICLOS DE TRANSPORTE	N80	12	MIN
	N90	12.5	MIN
	N100	13.5	MIN
	N110	14.5	MIN
	N120	15.5	MIN
	N130	16.5	MIN
	PMB	20.5	MIN

Fuente: Resultados de la investigación

$$C = 60 \text{ MIN} / 20.5 \text{ MIN}$$

$$C = 2.92$$

$$C = 3$$

5.9.1 Ciclos teóricos. Si relacionamos, el tiempo total que disponemos en horas, con la cantidad de ciclos que puede realizar la maquina en una hora, obtenemos el número de ciclos teóricos (Nct).

$$Nct = Tt * C$$

$$Nct = 5521 \text{ horas/año} * 3$$

$$Nct = 16563 \text{ viajes/año}$$

5.9.2 Ciclos reales. Si relacionamos, el tiempo de operación que disponemos (en horas), con la cantidad de ciclos que puede realizar la maquina en una hora, obtenemos el número de ciclos teóricos, que se realizan.

$$Ncr = U * D * Nct$$

$$Ncr = 88:15 * 83.03 * 16563 \text{ viajes/año}$$

$$Ncr = 12123 \text{ viajes/año}$$

## 5.10 DEMANDA POR CADENA DE ABASTECIMIENTO

Cuadro 24. Producción media de caliza triturada

400	ton/hora
10	horas efectiva
4000	toneladas/ turno
24000	ton/ semana
96000	ton/ mes
1152000	ton/ anual

Fuente: Resultados de la investigación

En la plata argos la demanda de materia está regulada por la necesidad de producción que tenga los molinos, para satisfacer la necesidad en el día se deben triturar 4000 toneladas de materias primas sea de caliza o premezcla baja

Para suplir la producción de crudo en la planta debe triturar 1152000 ton/anual de materias primas en la planta de cemento Argos toluviejo. La demanda de producción (Q) se relaciona con el parque total de la maquinaria, el factor de carga de las máquinas de transporte, con la capacidad de la máquina de transporte y con el número de ciclos reales que realizan los camiones en el frente de explotación.

Para calcular el parque total de equipos de transporte se realiza la siguiente ecuación:

$$Q = PT * (\alpha * q * Ncr)$$

$$PT = Q / (\alpha * q * Ncr)$$

$$PT = 1152000 / (0.84 * 55 * 12123)$$

$$PT = 2.065 \text{ camiones}$$

$$PT = 2 \text{ camiones}$$

De acuerdo a las condiciones operacionales que se presentan en esta cantera dada por la disponibilidad, rendimiento, capacidad de cargue, ciclos recorridos desde el frente de cargue hasta la trituradoras, tiempo efectivo de producción de la trituradora, la cantidad de equipos necesarios para transportar la materia prima necesaria es de dos equipos de transporte.

#### 5.11 SITUACIÓN ACTUAL DEL PARQUE

El siguiente análisis va vinculado de acuerdo al cálculo del parque total para el frente 1, que nos dio como resultado la utilización eficiente de dos equipos de transporte para esta área de explotación de la mina y nos permitirá saber cómo se comportaran los equipos en la cantera, además nos permitirá tomar decisiones acertadas para la continuidad de la producción de la mina sea la correcta.

En un parque total de equipos, en operación, se puede observar; que algunos equipos mineros o maquinas se encuentran en plena producción, algunas en mantenimiento y otras están detenidas o sufren demoras operacionales. Esta situación se lo puede expresar como:

5.11.1 Parte del parque en operaciones. Es la cantidad de equipo que encuentran disponible para transportar el material.

$$\begin{aligned} P_o &= (T_o/T_t) * P_t \\ P_o &= (4041 \text{ horas/año} / 5521 \text{ horas/año}) * 2.1 \text{ camiones} \\ P_o &= 1.5 \text{ camiones} \end{aligned}$$

5.11.2 Parte del parque en mantenimiento. Es la cantidad de equipos que se encuentran en mantenimiento.

$$\begin{aligned} P_m &= (T_m/T_t) * P_t \\ P_m &= (937 \text{ horas/año} / 5521 \text{ horas/año}) * 2.1 \text{ camiones} \\ P_m &= 0.35 \text{ camiones} \end{aligned}$$

5.11.3 Parte del parque en demoras operacionales. Es la cantidad de equipos que se encuentran en demoras operacionales.

$$\begin{aligned} Pdo &= (Tdo/Tt)*Pt \\ Pdo &= (543 \text{ horas/año} / 5521 \text{ horas/año}) * 2.1 \text{ camiones} \\ Pdo &= 0.2 \text{ camiones} \end{aligned}$$

La situación actual del parque son resultados de la evaluación continua del parque en operación, en mantenimiento y de demoras operativas que se dan de acuerdo al uso de los equipos y nos permite saber qué cantidad de equipo van estar en disponibles en mantenimiento o detenidos durante el turno por causas de ciclos no continuos en la operación de la maquinaria.

## 5.12 CONCLUSIONES

De acuerdo al cálculo de la flota necesaria para le frente 1 nos da que en la cantera de la planta Argos tolú viejo necesitamos 2 equipos de los cuales 1.51 se encuentran operacional y 0.2 estará en la demoras operativas que están relacionadas con los cambios de turno, cambio de operador, alimentación personal, movilización del personal a las áreas de trabajo y equipos en mantenimiento con 0.35 de la maquinaria, con lo cual analizamos que necesitamos 0.49 de un equipo adicional en la cantera.

Todos estos datos revaluados y verificados da como conclusión que el parque mínimo de maquinaria de transporte para cumplir con la producción necesaria de materias primas es de tres equipos de transporte. Estos datos nos indica que la flota existe en la cantera para el frente 1 tiene un excedente de un equipo, esto nos permite utilizar y maximizar la productividad de la cantera en cuanto al acarreo de otros materiales, este equipo de transporte podrá realizar actividades alternas a la de trituración de materias primas, como labores de transporte de material para conformación de pilas o de orden y aseo.

## 6 CONCLUSIONES

La voladura realizada en el frente uno cerro villa nueva apporto una solución práctica para las dificultades generadas por la geología presente del banco de caliza donde hay presencias de cavernas y diaclasas en todo el banco no alterando el tamaño del grano necesario para la trituración ni aumentando los costos respecto a la voladura.

Dentro de un marco amplio de soluciones ingenieriles que daremos a lo largo de una explotación minera siempre hay que tener en cuenta la documentación de la características existentes en el terreno a intervenir, al proporcionar soluciones aplicable a mejorar todo proceso minero hay que estar seguro de lo que vamos a realizar y las repercusiones que tendrán nuestro procesos, para ampliar aún más lo meticulosos que hay que ser al momento de generar evento de voladura.

Este estudio arroja que si se quiere un valor del LSF con desviación estándar bajo, se tiene que transportar y triturar caliza sectorizada previamente, hasta culminar el proceso en el salón de materias primas.

El consumo de la materia prima se verá optimizado, utilizando recursos de excelente calidad como de baja calidad.

Habrà una pre homogenización de caliza en el cargue de la caliza alta como caliza baja.

Otro aspecto a evaluar es el re manejo realizado a la caliza; ya que ha sido transportado desde el frente explotado hasta la zona de pila de caliza.

A medida que se consume la pila los tiempos de cargue tienden a aumentar dando como resultado un ciclo de transporte más largo.

La flota de equipos de transporte para el frente 1, este sobre evaluado y con el estudio en la disponibilidad de los equipos dio como resultado que con dos equipos es suficiente para cumplir con los requerimientos de producción para que se mantenga un stop suficiente.

## 7 RECOMENDACIONES

Evaluar continuamente los criterios al momento de realizar las voladuras partiendo desde la geología e implementar herramientas como software relacionados a la voladura para dar una mayor eficiencia a las voladuras.

Ejecutar una prueba similar a la descrita anteriormente y depositarla aparte en el salón y coordinar con los directores de materias primas, la confección del crudo y harina para hacerle seguimiento, sobre los resultados de la pila de caliza. Esta se debe consumir solo en coordinación con Julio.

Hacer una segunda prueba donde se trituren 3 o más calidades; se haga una pila y pasarla nuevamente para ver cuál es la posible desviación a obtener.

Hacer una prueba con la PMB del salón donde se introduzca un tractor al salón a bajarle el “copete” a la pila sin que se compacte el material. La razón es que las grúas no recuperan adecuadamente, sin que se dañen los cables.

Idear nuevas formas de pila para hacerla similar a como se hace una pila de MEZCLA.

Para el frente 1 solo utilizar dos equipos de transporte para el transporte de materias primas.

Conservar en buen estado las vías para seguridad de la maquinaria, la implementación de los sistemas que garantizan seguridad, mitigación de los impactos ambientales y accidentes.

Analizar la opción de un apilador para las materias primas.



## BIBLIOGRAFÍA

VILLERO CRISTIAN, Diseño del esquema de perforación y voladura para mejorar la fragmentación de la caliza en el “frente uno” de explotación en argos planta Tolcemento, CRISTIAN VILLERO, 2009.

QUIROGA PEINADO CARLOS ANDRÉS, Estudio técnico y económico para las mejoras en el ciclo de transporte y almacenamiento de material en la mina de argos planta toluviejo sucre.

Base de datos e la Planta Tolu Viejo S.A.

Índices e Indicadores de las operaciones mineras, “normas asarco actualizadas”.

Manual Práctico de Voladura, EXSA.

Universidad de Cajamarca del Perú según la eficiencia de las voladuras de acuerdo a la geológica del yacimiento.

## ANEXOS

### Anexo A. CD “OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS MINEROS REALIZADOS EN EL ÁREA DE CANTERA EN LA PLANTA CEMENTERA DEL GRUPO ARGOS TOLUVIEJO”

#### ➤ ANEXOS

- CAPACIDAD EQUIPOS Y CICLOS
- Consumo de explosivos 2014
- Guía del Explosivista INDUMIL 2009
- INDUMIL Catalogo 2011
- Plano PM\_ Villanueva 2014.dwg
- Copia de Análisis seis sigma.xlsx
- Copia de mtto Diesel 2013.xlsx
- INDICE E INDICADORES respecto a la trituradora.xlsx
- tabla de explosivos, detonación.xlsx

#### ➤ TEXTOS

- OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESO MINEROS REALIZADOS EN EL ÁREA DE CANTERA EN LA PLANTA CEMENTERA DEL GRUPO ARGOS, TOLUVIEJO.pdf
- OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESO MINEROS REALIZADOS EN EL ÁREA DE CANTERA EN LA PLANTA CEMENTERA DEL GRUPO ARGOS, TOLUVIEJO.docx

#### ➤ VARIOS

- OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS MINEROS REALIZADOS EN EL ÁREA DE CANTERA EN LA PLANTA CEMENTERA DEL GRUPO ARGOS, TOLUVIEJO.pptx