



FACULTAD DE POSGRADOS

PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN
DE MATERIAL PÉTREO EN LA MINA DE LA CONSTRUCTORA
CONVIALCAR S.A.

AUTOR

Cristian Iván Carrera Espín

AÑO

2019



FACULTAD DE POSGRADOS

PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN
DE MATERIAL PÉTREO EN LA MINA DE LA CONSTRUCTORA
CONVIALCAR S.A.

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos
establecidos para optar por el título de Magister en Dirección de
Operaciones y Seguridad Industrial.

Profesor Guía

MSc. Mauricio Hernán Rojas Dávalos

Autor

Cristian Iván Carrera Espín

Año
2019

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido el trabajo, “Propuesta para el mejoramiento del proceso de producción de material pétreo en la mina de la Constructora CONVIALCAR S.A.”, a través de reuniones periódicas con el estudiante Cristian Iván Carrera Espín, en el semestre 201910, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

Mauricio Hernán Rojas Dávalos
Magister en Ingeniería Industrial
CI: 1708880495

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

“Declaro haber revisado este trabajo, “Propuesta para el mejoramiento del proceso de producción de material pétreo en la mina de la Constructora CONVIALCAR S.A.”, de Cristian Iván Carrera Espín, en el semestre 201910, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

Galo Matías Robayo Gordón
Master of Science Industrial and Systems Engineering
CI: 1712324506

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

Cristian Iván Carrera Espín
CI: 0502985880

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por bendecirme en todos los momentos de mi vida, brindándome salud y sabiduría para cumplir con mis objetivos trazados en mi vida.

A mis padres, hermanos y en especial a mi abuelita Aida Ernestina Carrera que siempre ha estado presente apoyándome en todo momento.

A mi docente guía, por tenerme paciencia y a la vez motivarme a terminar lo más pronto mi trabajo de titulación.

A la empresa CONVIALCAR S.A. por ayudarme con toda la información, y permitirme realizar mi proyecto de titulación.

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a Dios por darme el don de la vida; además una familia linda y ejemplar.

A mi abuelita Aida Ernestina Carrera mujer valerosa y ejemplo de vida; que con su amor, comprensión y apoyo invaluable logré superar todos los obstáculos de mi vida.

A mis padres, familiares, amigos y compañeros, por su apoyo mutuo y todos los momentos compartidos.

RESUMEN

Los materiales pétreos han sido elementos fundamentales de la empresa CONVIALCAR S.A. ya que su objetivo principal es prestar servicios de construcción civil en general, siendo sus actividades principales obras viales, edificaciones, e infraestructuras, por lo que esta investigación propone una “Propuesta para el mejoramiento del proceso de producción de material pétreo en la mina de la constructora CONVIALCAR S.A.”

Este trabajo de investigación es mejorar en el proceso de producción de material pétreo mediante la metodología DMAIC en la constructora CONVIALCAR S.A. que ayudó a identificar las falencias al momento de producir el material requerido por el cliente. Para el desarrollo de esta investigación se utilizó información técnica y confiable emitida por la empresa.

Se evaluó el actual sistema de trabajo con el nuevo método mostrando un resultado positivo, así también dando a conocer las ventajas y desventajas de los dos métodos planteados, mediante la aplicación de esta propuesta se obtuvo los resultados requeridos; para la mejora y eficiencia a la hora de la producción y el clasificado de los materiales pétreos, tomando en consideración que cuando se aplicaba el método tradicional se tenía una producción de 220 m³ diarios, luego de la implementación del nuevo sistema se alcanzó 320 m³ siendo de mayor eficacia la propuesta para el proceso de producción de la empresa CONVIALCAR S.A; para el cumplimiento del material pétreo con calidad y tiempo conveniente para proveedores y la empresa.

Palabras clave: proceso, producción, material pétreo, mina, DMAIC, propuesta.

ABSTRACT

Construction aggregates have been fundamental for the company CONVIALCAR S.A, which main objective is to provide civil work construction services, mainly focused on road construction, infrastructure and groundwork. Therefore, the present investigation suggests “Proposal for the improvement of the production process of aggregates in the Quarry belonging to CONVIALCAR S.A”.

This investigation has used the DMAIC methodology, in order to identify the weaknesses in the production process of the company CONVIALCAR S.A”, focusing on the requirements established on the customer needs. An evaluation on the current operative processes of the company was performed, and thus performing the new methodology proposed has given positive results; therefore, this investigation has allowed us to acknowledge the flaws and attributes of both methodologies analyzed for the company.

The proposed methodology focuses on the efficiency on production and product classification of the aggregates obtained from the Quarry of the company, considering that under the current circumstances, the enterprise produces two hundred and twenty (220) cubic meters per day; after implementing the new proposal, three hundred and twenty (320) cubic meters per day were obtained. Considering both scenarios, it can clearly be determined that the new proposal far exceeds the production expectations for the company CONIVALCAR S.A., consequently improving quality and reducing waiting times for the vendors and the business in general.

Key Words: process, production, aggregates, quarry, DMAIC, proposal.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Planteamiento del problema	1
1.3. Formulación del problema	2
1.4. Objetivos	3
1.4.1. Objetivo general	3
1.4.2. Objetivos específicos	3
1.5. Hipótesis	3
1.6. Justificación	4
1.7. Aspectos metodológicos	4
2. DESARROLLO DEL PROYECTO	4
2.1. Generalidades	4
2.2. Clasificación de material pétreo por separaciones en zarandas	5
2.2.1. Separación de materiales pétreos gruesos (scalping)	5
2.2.2. Separación de pétreos finos	5
2.3. Clasificación por tamaños	6
2.4. Clasificación seca	7
2.5. Tamizaje	8
2.5.1. Tipos de zarandas	9
2.5.1.1. Por su movimiento	9
2.5.1.2. Por su posición	9
2.5.1.3. Por el número de cubiertas	10
2.5.2. Las zarandas de cubiertas múltiples	10
2.6. Ley de Minería	11
2.7. SIPOC	12
2.7.1. Criterios para la satisfacción (CTS)	12
2.7.2. Características del producto (CTYs)	13
2.8. Diagrama Ishikawa	13

2.9. Flujo neto efectivo.....	14
2.10. Período de recuperación de la inversión.....	15
2.11. Relación beneficio/costo (RBC)	15
2.12. Metodología DMAIC.....	16
2.12.1. Primera fase: Definir.....	18
2.12.2. Segunda fase: Medir	19
2.12.3. Tercera fase: Analizar	20
2.12.4. Fase cuatro: Mejorar	21
2.12.5. Fase cinco: Controlar	21
2.12.6. Proceso de mejora continua.....	23
2.12.7. Importancia de implementar la mejora continua.....	23
2.12.8. Control estadístico.....	24
2.12.9. Técnicas de mejoramiento	25
3. ANÁLISIS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE	
MATERIAL PETREO	25
3.1. Situación actual de la empresa	25
3.1.1 Aplicación del método DMAIC.....	28
3.1.1.1 Caso del negocio.....	28
3.1.1.2 Definición de oportunidad.....	28
3.1.1.3 Definición de la meta	28
3.1.1.4 Alcance del proyecto	28
3.1.1.5 Mapa de procesos.....	29
3.1.1.6 Diagrama del proceso de producción	30
3.1.1.7 Infraestructura	30
3.1.2 Matriz de priorización	31
3.1.2.1 Criterios:	31
3.1.2.2 Identificación de las Características Críticas	35
3.1.2.3. Índice de importancia	36
3.1.2.4. Grado de no conformidad.....	36
3.1.3 Definición de parámetros de desempeño	41
3.1.4 Diagrama SIPOC MACRO	41
3.2. Medir	42

3.2.1 Diagrama SIPOC detallado de cada proceso.....	42
3.2.2. Recolección de Datos de cantidad de material producido, en cuanto al envío de clasificación por Zaranda	43
3.3 Analizar	43
3.3.1 Análisis de la capacidad del proceso	43
3.3.2 Análisis del costo por cantidad de material producido por zaranda.....	43
3.4 Mejorar	57
3.5 Controlar	58
3.6 Diagrama de Causa-Efecto	58
4. RESOLUCIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA PARA SOLUCIONAR LA PROBLEMÁTICA PLANTEADA	59
4.1 Propuesta.....	59
4.2 Propuesta de indicadores para el control del proyecto.....	61
4.3. Ventajas y desventajas operativas entre el sistema actual y la propuesta	61
4.4. Resultados.....	63
4.5. Evaluación económica.....	64
4.6. Demanda e ingresos	64
4.7. Situación actual	65
4.8. Costos de producción antes de la propuesta.....	66
4.9. Indicador de recuperación	67
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	70
5.1 Conclusiones	70
5.2 Recomendaciones	71
REFERENCIAS	73
ANEXOS	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Separación de gruesos de la mezcla	5
Figura 2. Separación de finos de la mezcla.	6
Figura 3. Clasificación por tamaños	7
Figura 4. Eficiencia clasificación por tamaños.....	7
Figura 5. Tamizado de materiales pétreos.	8
Figura 6. Tamizado Mina Rockapelufo.....	9
Figura 7. Zaranda simple e inclinada Mina Mácalo	10
Figura 8. Zaranda múltiple	10
Figura 9. Estructura DMAIC	18
Figura 10. Materiales pétreos.....	26
Figura 11. Proceso clasificación de piedra.....	27
Figura 12. Proceso de clasificación de arena y ripio	27
Figura 13. Proceso clasificación de granzón y lastre	27
Figura 14. Mapa de proceso de producción de material pétreo.	29
Figura 15. Etapas de producción del material pétreo	30
Figura 16. Diagrama de árbol de CTS.....	35
Figura 17. Diagrama de árbol para los CTYs	38
Figura 18. Diagrama de árbol para los CTXs	40
Figura 19. Diagrama SIPOC MACRO del proceso.....	41
Figura 20. Ingreso mensual de materiales pétreos zarandeado por la empresa en volquetas de 8 m ³	47
Figura 21. Porcentaje del producto zarandeado por la empresa más comercializado en los 6 meses en volquetas de 8 m ³	48
Figura 22. Ingreso mensual de los materiales pétreos zarandeados por la empresa en volquetas de 12 m ³	50
Figura 23. Porcentaje del producto zarandeado por la empresa más comercializado en los 6 meses en volquetas de 12 m ³	51
Figura 24. Ingresos mensuales de los materiales pétreos zarandeados por el cliente en volquetas de 8 m ³	53
Figura 25. Porcentaje del producto zarandeado por el cliente más comercializado en los 6 meses en volquetas de 8 m ³	54

Figura 26. Ingresos mensuales de los materiales pétreos zarandeados por el cliente en volquetas de 12 m ³	56
Figura 27. Porcentaje del producto zarandeado por el cliente más comercializado en los 6 meses en volquetas de 12 m ³	57
Figura 28. Diagrama Causa-Efecto empresa CONVIALCAR S.A	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valorización	31
Tabla 2. Matriz de priorización para el criterio: Tener una mayor puntualidad en el despacho de producto terminado	32
Tabla 3. Valorización	32
Tabla 4. Matriz de priorización para el criterio: Tener un mejor tiempo de clasificación del material pétreo por zaranda	33
Tabla 5. Matriz de priorización para el criterio: Tener una menor cantidad de tiempos muertos estimados durante el proceso de producción.....	33
Tabla 6. Matriz de priorización para el criterio: Tener un material que cumpla con los estándares de calidad	34
Tabla 7. Matriz de priorización para el criterio: Tener menor desperdicio posible	34
Tabla 8. Matriz resumen.....	34
Tabla 9. Índice de importancia	36
Tabla 10. Índice de importancia	36
Tabla 11. Matriz de atributos	37
Tabla 12. Matriz de atributos priorizados	38
Tabla 13. Valoración	39
Tabla 14. Matriz de comparación entre los CTS y CTYs.....	39
Tabla 15. Matriz de comparación de CTXs y CTYs.....	40
Tabla 16. Recolección de datos por zaranda	43
Tabla 17. Precios del material pétreo zarandeado por el cliente.....	44
Tabla 18. Precios del material pétreo zarandeado por la empresa	45
Tabla 19. Ingresos de los materiales pétreos zarandeados por la empresa en volquetas de 8 m3.....	46
Tabla 20. Ingresos de los materiales pétreos zarandeados por la empresa en volquetas de 12 m3	49
Tabla 21. Ingresos de los materiales pétreos zarandeados por el cliente en volquetas de 8 m3.....	52
Tabla 22. Ingresos de los materiales pétreos zarandeados por el cliente en volquetas de 12 m3.....	55

Tabla 23. Indicadores de control	61
Tabla 24. Ventajas y desventajas operativas	62
Tabla 25. Comparación del sistema actual con el propuesto	63
Tabla 26. Ingreso material pétreo arena de enlucido	65
Tabla 27. Ingresos totales	66
Tabla 28. Costos de producción actual	66
Tabla 29. Costos de producción con la propuesta	67
Tabla 30. Relación costo- beneficio	67
Tabla 31. Periodo de recuperación	69

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

CONVIALCAR S.A. se constituyó en el año 2011, con su objeto principal de prestar servicios de construcción civil en general, siendo sus actividades principales obras viales, edificaciones, infraestructuras y venta de material pétreo.

Al pasar de los años CONVIALCAR S.A. cuenta con una cartera importante de clientes en el sector público y privado que garantizan el desempeño en varias áreas, cumpliendo con los plazos, costos y tiempos de entrega.

La empresa está convencida que un trabajo con honestidad, capacidad de identificar y satisfacer los aspectos más importantes para cada uno de los clientes genera un valor agregado para los mismos.

1.2. Planteamiento del problema

Parte fundamental de la problemática que enfrentan las empresas productoras a escala nacional, tiene que ver con la carencia de previsión presupuestal que contemple el mantenimiento adecuado del operativo y servicio, el análisis del almacenamiento de volúmenes adecuados en refacciones, lubricantes y combustibles que permita una disponibilidad aceptable de la maquinaria y equipos, sin duda tiene repercusiones desfavorables en la competitividad y en los correspondientes márgenes de utilidad.

Al llevar a cabo el diseño de una mina de extracción de material pétreo en sus fases de apertura, operativo y servicio es importante que se integren todas las medidas, estrategias y las políticas pertinentes del Estado.

Para obtener una autorización de instalación y operación de una mina de material pétreo, se requiere realizar un estudio de impacto previo, en función del cual se otorga o no el permiso.

Una vez abierta la cantera o mina es necesario cumplir con las regulaciones existentes que aseguren que la operación de la misma se haga en las mejores condiciones desde el punto de vista de la seguridad y salud de los trabajadores y del medio ambiente.

En Ecuador el problema principal en esta primera fase suele ser la inadecuación de los sistemas de autorización y control, que dan lugar a que se autoricen canteras sin estudios ambientales o con estudios insuficientes, que terminan instalándose en lugares inapropiados o riesgosos para la población local.

1.3. Formulación del problema

El proceso de producción de material pétreo no agrega valor a las operaciones, costos y mejoramiento de la productividad en la mina; dificultades que van desde la explotación, clasificación del material, horas de trabajo, logística, inventarios y entrega al cliente, los cuales ocasionan resultados negativos en tiempo estándar de operación, retrocesos, cantidad de material pétreo, pérdida de dinero, quejas de clientes al no ser evaluados, reducidos o controlados de manera oportuna.

La constructora no cuenta con una acertada obtención del material pétreo, debido a que su producción lo realiza de forma empírica, esto a su vez impide llevar un buen control de calidad, cronogramas y costos de producción. Es por esta razón que la presente investigación propone una propuesta para el mejoramiento del proceso de producción de material pétreo en la mina de la constructora CONVIALCAR S.A. identificando las falencias al momento de producir el material requerido por el cliente.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Proponer una mejora en el proceso de producción de material pétreo mediante la metodología DMAIC en la constructora CONVIALCAR S.A.

1.4.2. Objetivos específicos

- Comparar el sistema actual de producción de material con la metodología propuesta.
- Evaluar ventajas y desventajas operativas entre el sistema actual con la metodología propuesta.
- Elaborar un análisis costo/beneficio con el fin de implantar una propuesta de mejora viable en los procesos de producción de material pétreo.
- Identificar y priorizar el uso de los diferentes recursos en la mina de la Constructora CONVIALCAR S.A.
- Analizar que las actividades realizadas desde que un cliente contrata los servicios hasta la entrega del material pétreo, cumplan con los requerimientos del cliente.

1.5. Hipótesis

Es posible implementar un proceso de mejoramiento de producción de material pétreo, que genere una mejor explotación, clasificación de material, logística, inventarios, así como también menos tiempo de trabajo y entrega al cliente, reduciendo los costos de CONVIALCAR S.A.

1.6. Justificación

Por medio de una propuesta de mejoramiento de producción de material pétreo se aprovechará al máximo el material disponible en la mina, para lo cual se plantea la utilización de maquinaria y equipos de explotación, de acuerdo a los criterios normativos establecidos por las autoridades correspondientes y garantizando la seguridad.

1.7. Aspectos metodológicos

El presente proyecto se enfatiza en un método deductivo para reducir la variación de procesos productivos, con la finalidad de integrarlos y generar efectos dentro de la producción de material pétreo en CONVIALCAR S.A.

La información que se manejará será de forma directa, la misma que se desarrollará mediante la aplicación de la metodología DMAIC.

2. DESARROLLO DEL PROYECTO

2.1. Generalidades

Para un tamizado fino al realizar una clasificación por tamaños y densidades, es mejor la utilización de zarandas con mallas electrosoldadas y tubos de seis pulgadas en la base de los lados de la malla electrosoldadas. Con esta metodología en relación a las hidrocuciones tenemos separaciones más efectivas de los distintos materiales pétreos que va a ofrecer la empresa.

Al tener en la constructora varias zarandas para la tamización de los diferentes materiales pétreos. Esto se lo va a reemplazar por medio de la utilización de mallas de diferentes medidas y combinadas para obtener una eficiencia al producir el material requerido por el cliente (Metallurgist, 2012).

2.2. Clasificación de material pétreo por separaciones en zarandas

Cuando se clasifica por zarandas, estas cuentan con mallas electrosoldadas de distintas dimensiones en sus aperturas. Por ello podemos obtener arena, ripio, granzón, piedra, lastre y otros materiales pétreos de acuerdo al stock que necesita la empresa y lo que se va a ofrecer al cliente (Herbert & Urbina, 2006, p. 15).

2.2.1. Separación de materiales pétreos gruesos (scalping)

La separación en este tipo de zarandas es muy efectiva para una clasificación de granzón grueso, lastre grueso, ripio y piedra. Porque se produce solo un 5% de sobredimensión (Crespo, 2013, p. 21).

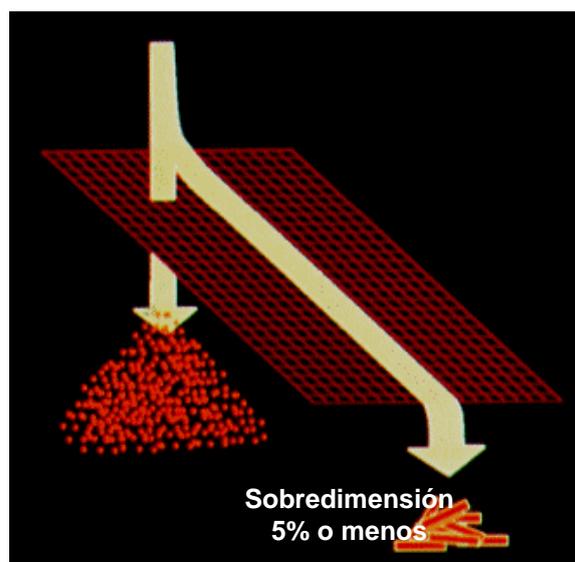


Figura 1. Separación de gruesos de la mezcla

2.2.2. Separación de pétreos finos

Es efectiva para la clasificación de arena de enlucido, granzón fino y lastre fino. Es el 10% del material más fino que se obtiene de la separación de los materiales gruesos.

Para obtener la arena de enlucido el material pétreo debe pasar por una serie de zarandas, hasta alcanzar la granulometría especificada en normas INEN (ANEXO I); y, requerida por el cliente para sus distintos trabajos de construcción (Crespo, 2013, p. 21).

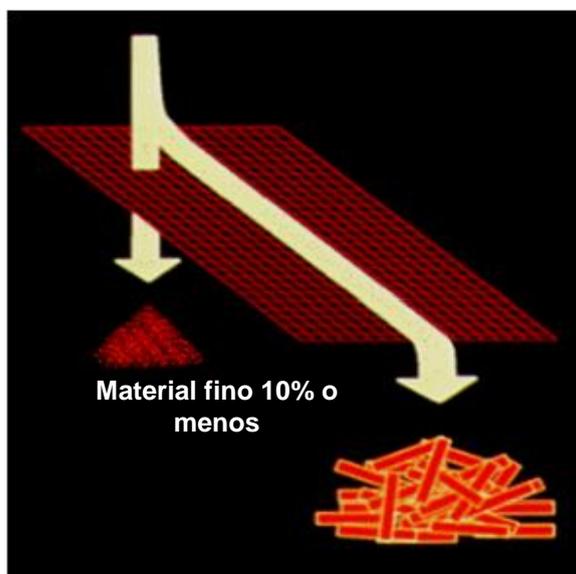


Figura 2. Separación de finos de la mezcla.

2.3. Clasificación por tamaños

Cuando se realiza una clasificación de materiales pétreos por tamaños, la combinación de varias zarandas con distintas aperturas en sus mallas nos ayuda a obtener de forma más efectiva el producto; evitándonos considerablemente la logística y pérdidas de tiempo en la constructora (Crespo, 2013, p. 22).

Se refiere que, al encontrarse materiales de diversos tipos y pesos el proceso de selección decae, ya que al ser una sola zaranda no se logra una clasificación del material requerido por el cliente; y, se necesita pasar nuevamente por otra zaranda hasta obtener el producto que solicita el cliente, lo cual conlleva tiempo en el proceso de selección. La rentabilidad de la empresa decae un 10% al momento de hacer una clasificación de materiales pétreos con zarandas separadas (Crespo, 2013, p. 24).

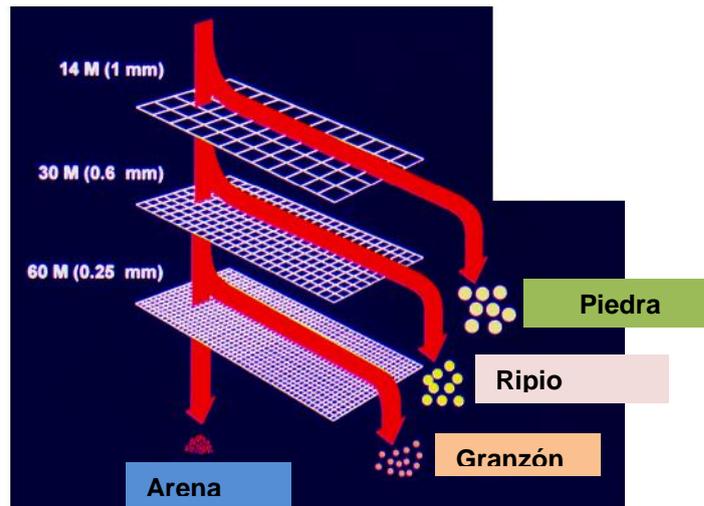


Figura 3. Clasificación por tamaños

Tomado de: (Gupta & Denis, 2016, p. 54)

2.4. Clasificación seca

Al realizar una clasificación seca del material pétreo existe una mayor facilidad de producción; esto evita que se realice los reprocesos de material aumentando la eficiencia beneficiosa en la cantera (Herbert & Urbina, 2006, p. 17).

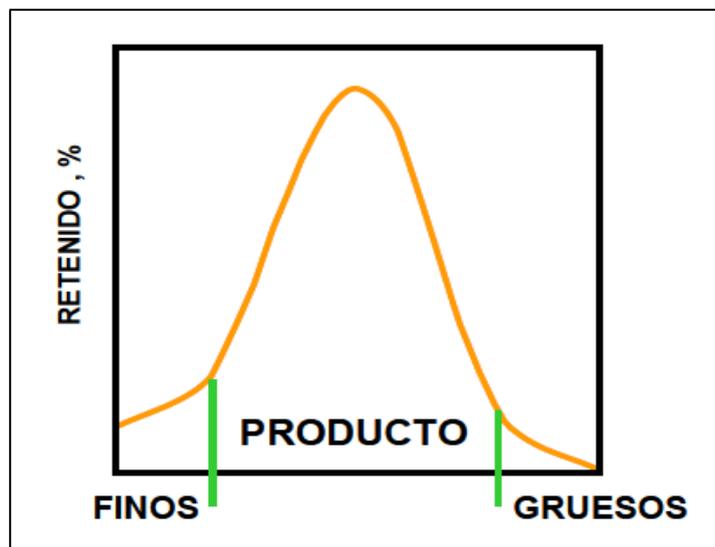


Figura 4. Eficiencia clasificación por tamaños

2.5. Tamizaje

En las canteras al momento de realizar una clasificación de partículas por tamices, se define el espacio de cada una de las mallas electrosoldadas; es decir el cedazo que delimita el tipo de material a producirse como arena, granzón, ripio, piedra y lastre (Crespo, 2013, p. 32).

Este proceso se puede realizar en superficies planas o curvas, definidas por el tamaño del producto que se va a producir en la empresa. Sin dejar de lado que para su aprovechamiento al máximo se debe realizar mantenimientos preventivos y correctivos; así como también una limpieza planificada del tamiz (Crespo, 2013, p. 33).

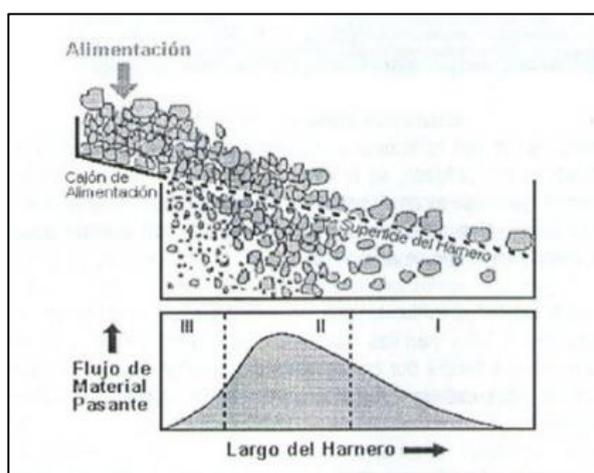


Figura 5. Tamizado de materiales pétreos.
Tomado de: (procesaminerales, 2012)

El tamizaje del material depende de la inclinación de la superficie o al movimiento a la que está sometida las zarandas; que hará que fluya las partículas y concurra una categorización superior: materiales pétreos grandes piedra queden en la parte superior; pasan al segundo tamiz ripio y arena, en el cual se queda el ripio; y, finalmente pasando solo arena el último tamiz (Herbert & Urbina, 2006, p. 18).



Figura 6. Tamizado Mina Rockapelufo
Tomado de: (Barragan, 2007, p. 52)

2.5.1. Tipos de zarandas

2.5.1.1. Por su movimiento

- a) **Estacionarias:** Son zarandas sin movimiento mallas, parrillas, etc.
- b) **Vibratorias:** Estas tiene movimiento ondulatorio circular o rectilíneo por medio de excéntricas o alta frecuencia de acuerdo al equipo.

2.5.1.2. Por su posición

- a) **Inclinadas:** Son las más usadas, alta capacidad de clasificación; aplicación en canteras de materiales pétreos y minerales.
- b) **Horizontales:** Alta eficiencia y precisión de separación, mantenimiento prolongado del material pétreo.

Movimiento vibratorio rectilíneo, cuando la limitación en la cantera es la altura en la producción (Herbert & Urbina, 2006, p. 19).

2.5.1.3. Por el número de cubiertas

- a) **Simple:** Consta de Una sola zaranda para clasificación de material pétreo ya sea arena, piedra, ripio, granzón, etc.
- b) **Múltiples:** Son varias zarandas instaladas que clasifican materiales pétreos de distintas dimensiones al mismo tiempo.



Figura 7. Zaranda simple e inclinada Mina Mácalo

2.5.2. Las zarandas de cubiertas múltiples

La producción de diferentes tipos de material pétreo por zarandas múltiple mediante la variación de granulometría, ayuda a la obtención del material deseado por el cliente. Por lo general se combinan para obtener tres materiales más requeridos por el cliente: arena, ripio y granzón. Es una forma muy eficiente de obtener el producto final de mayor comercialización y rentabilidad para la constructora (Herbert & Urbina, 2006, pág. 19).

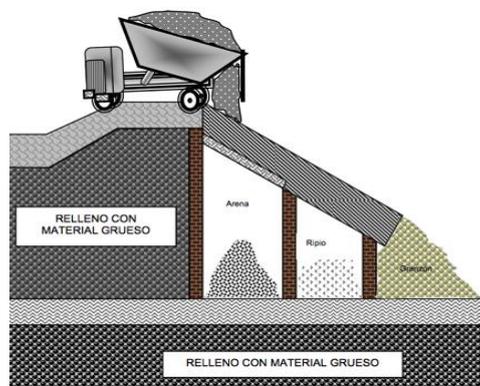


Figura 8. Zaranda múltiple

Tomado de: (Barragan, 2007, p. 51)

El objetivo de zarandas combinadas es conseguir una mayor área de tamizado; esto se logra al colocar en la parte superior una malla con mayor espacio entre ejes de la zaranda donde se obtiene la piedra; en segundo lugar, se coloca una malla de tamizado intermedia entre grueso y fino donde se consigue el ripio; y, finalmente el último tamiz fino que se obtiene la arena. Ahorrando de forma considerable el tiempo al momento de producir el material pétreo (Herrera, 2007, p. 4).

La diferencia entre un tamiz fuerte y un delicado es simple; debido a que la zaranda superior recibe el primer golpe al zarandear y retener la piedra, este es la llamada zaranda fuerte que consta de varilla corrugada de 32 mm de espesor a una distancia de 10 cm cada varilla en forma horizontal y vertical. La segunda malla donde se consigue el ripio es construida de varilla de 28 mm de espesor a una distancia de 10 cm cruzadas en forma horizontal y vertical; además cuenta con un tamiz de aberturas cuadradas de 3/8 es decir 10 mm que se encuentra soldada en la parte inferior de la estructura de la segunda zaranda. Finalmente, la zaranda llamada delicada y última del proceso para obtener la arena es de malla electrosoldada 10x10x14mm de espesor, acompañada de un tamiz con aberturas cuadradas de 4.4 mm (Herrera, 2007, p. 5).

2.6. Ley de Minería

Art. 138.- Pequeña minería. – Al realizarse una explotación de forma directa, no sobrepasando las especificaciones ajustadas por el Ministerio de Medio Ambiente y permisos dados por los Gobiernos Autónomos Descentralizados de cada ciudad. La Ley expuesta por la Minería del Ecuador solo permite 800 m³ de minería en aluviales, 500 t³ al día cuando se realiza a cielo abierto (Vergara F. O., 2014, p. 65).

Los trabajos de minería pueden realizar el dueño, representante legal, persona facultada y operadores legales que tengan toda la documentación respectiva para la explotación de los diferentes materiales minerales y no minerales.

Nota: Por Ley No. 0, publicada en Registro Oficial Suplemento 37 de 16 de Julio del 2013 (Vergara F, 2014, p. 66).

2.7. SIPOC

El SIPOC es un diagrama de flujo a alto nivel; y, a su vez es el primer paso para la elaboración de un diagrama de flujo detallado (flujograma de proceso). Permite visualizar los pasos secuenciales de un proceso, definiendo claramente sus entradas, salidas, proveedores y clientes. Recoge detalles importantes sobre el inicio y el final del proceso. Además, es una herramienta de gran utilidad para identificar el proceso a investigar en la primera etapa de la metodología DMAIC (Kaizen, 2015).

El Diagrama SIPOC, por sus siglas en inglés supplier, inputs, process, outputs, customers, es la representación gráfica de un proceso de gestión; esta herramienta permite visualizar el proceso de manera sencilla identificando a las partes implicadas en el mismo (Coello, 2018):

- Proveedor (supplier): Persona que aporta recursos al proceso.
- Recursos (inputs): Todo lo que se requiere para llevar a cabo el proceso. Se considera recursos a la información, materiales e incluso, personas.
- Proceso (process): Conjunto de actividades que transforman las entradas en salidas, dándoles un valor añadido.
- Cliente (customer): La persona que recibe el resultado del proceso. El objetivo es obtener la satisfacción de este cliente (Coello, 2018).

2.7.1. Criterios para la satisfacción (CTS)

Los criterios para la satisfacción (Critical to Satisfaction). Las personas en general; y, algunos que inician o tienen su empresa piensan que la parte primordial para el crecimiento del negocio es el cliente; sin embargo, están mal

fundamentados; porque el éxito de la empresa es basarse a que tipos de clientes va a ser ofrecido el producto o servicio. En Seis Sigma, la identificación de la voz del cliente (VOC) (Voice of Customer). Es decir, cuando se compila datos de clientes es un proceso clave para convertir en elementos medibles para satisfacer la necesidad existente en el mercado (Debra, 2013).

Existen muchas herramientas para comprobar si la satisfacción de un producto o servicio es positiva o negativa; que, por medio de recopilación de datos mediante encuestas, quejas de clientes, reclamos, devoluciones de clientes, comentarios, entrevistas personales, entre otros. Una vez realizado esto se procede a seleccionar la información útil que nos conllevará analizar las tendencias de percepción del cliente y la satisfacción a lo largo del tiempo (Debra, 2013).

2.7.2. Características del producto (CTYs)

Los criterios para la satisfacción del cliente (Customer to Satisfaction); nos permite establecer prioridades en productos o servicios que la empresa quiere distinguirse con respecto a la competencia; y, adquirir un nivel superior de satisfacción al cliente (Quispe, 2012).

Los productos son tangibles es decir se puede apreciar, tocar y comprobar como es en forma, color, peso, densidad, textura y tamaño. Los servicios, garantías, marcas comerciales, beneficios y otros son productos intangibles porque no poseen materialidad; hay que tomar en cuenta que este bien intangible depende de la acogida del producto que tenga en el mercado (Reales, 2010).

2.8. Diagrama Ishikawa

Diagrama causa-efecto o diagrama de espina de pescado; es una herramienta de gestión de la calidad que sirve para identificar las causas que lleva a tener

un problema en el servicio o bien, mediante una representación gráfica de fácil comprensión visual ayuda a orientar la empresa a encontrar los trabajos defectuosos; y, en el cual poner énfasis para decisiones efectivas para una mayor productividad futura de la empresa (GEO, 2014).

Un Diagrama de Ishikawa primero coloca el problema, o efecto que provoca pérdidas de clientes o complicaciones que tiene la empresa; las causas potenciales provocadas por el comportamiento del hombre, máquinas, entorno, materiales, métodos, medidas y otros; las cuales son alimentadas por subcausas que nos llevan al problema que se ha provocado en ese momento en la empresa.

Tomando en cuenta cada uno de los aspectos se puede realizar correcciones efectivas lo más pronto posible en la empresa, priorizando las medidas con porcentajes de acciones relevantes. Para un análisis completo se debe completar con un diagrama de Pareto que ayuda a organizar las prioridades que tiene la empresa en ese momento (GEO, 2014).

2.9. Flujo neto efectivo

Esencial para tomar una decisión en la empresa; representa los ingresos y egresos en efectivo en un determinado período. Es fácil determinar el estado en que se encuentra una empresa; ya que si el flujo de efectivo es positivo la empresa tiene una rentabilidad e ingresos apropiados y su incremento en el patrimonio cada vez será mayor. Al contrario, si tenemos un flujo de efectivo negativo cuando este tiene egresos superiores a los ingresos lo que provoca una pérdida de rentabilidad y patrimonio de la organización (Castillo, 2016).

Es de suma relevancia tener una revisión constante del estado de cuenta de la empresa y ajustarse al estado financiero actual de la organización. Hay que tomar en cuenta que es recomendable poseer un flujo efectivo de 20% de los ingresos netos al mes para poder ahorrar, crear un fondo de emergencia e incluso para inversiones futuras que realizara la empresa (Lara, 2018).

2.10. Período de recuperación de la inversión

Método que permite evaluar los proyectos que se va a invertir a futuro. Considerado como un indicador para medir la liquidez y anticipar los riesgos relativos de un proyecto a corto plazo (Váquiro, 2010).

Al conformar una sociedad o un proyecto de industria por seguridad se debe realizar un plan de negocio, basándose en una recuperación de inversión o payback en el menor tiempo posible. Tomando en cuenta que para emprender el negocio se debe hacer una inversión inicial; y, esto es lo que se requiere recuperar lo más pronto posible (Váquiro, 2010).

Según (Molina, 2017) este indicador nos ayuda a deducir en cuanto tiempo se recupera la totalidad de la inversión o payback, el cual será revelado en días, meses y años. Nos servirá para definir si nuestro proyecto dará resultado a corto o largo plazo. Para calcular el PRI se emplea la siguiente fórmula:

$$\mathbf{PRI} = \frac{I_0}{\frac{\sum \text{FNE}}{\# \text{Años}}} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Dónde:

I_0 = inversión inicial del proyecto

$\sum \text{FNE}$ = flujo neto efectivo del proyecto

Años = Años de recuperación de la inversión.

2.11. Relación beneficio/costo (RBC)

La relación beneficio-costo es la ganancia que tendrá la empresa por cada dólar en costos. Es factible el emprendimiento de la empresa cuando $B/C > 1$, esto indica que los beneficios superan los costos. Cuando $B/C = 1$ la empresa no tendrá ganancia porque los costos y beneficios son los mismo; además,

perderá el tiempo en realizar un nuevo proyecto. Si $B/C < 1$ expresa que la empresa perderá la rentabilidad y puede llevar a la quiebra, debido a que los costos son mayores a los beneficios que recibirá la empresa (Váquiro, 2010).

Se utiliza para ver los ingresos proyectados en años e identificar como estará la empresa en un futuro, partiendo de los ingresos netos y los egresos actuales que generan salida de efectivo en un determinado tiempo del proyecto; la cual se estableció con un estado de flujo neto de efectivo. La relación beneficio / costo, es un indicador que calcula el grado de desarrollo y bienestar que un proyecto puede crear en los mercados (Váquiro, 2010).

La relación Beneficio-Costo (B/C) equipara de forma directa los beneficios y los costos. Para calcular la relación (B/C), en la parte del numerador se colocará todos los ingresos brutos actuales de la empresa; y, en el denominador todos los costos totales que realizó a la fecha el proyecto.

El valor de la Relación Beneficio/Costo, depende de cómo vaya el predominio del proyecto; en el cual existirá una variación dependiendo de la tasa de actualización (ingresos), si estos son mayores tendremos un índice positivo de ganancia para lo que la empresa desea en un futuro.

La fórmula que se utiliza es (Ucañán, 2015):

$$\mathbf{RBC} = \frac{\text{Total ingresos brutos del proyecto}}{\text{Total costos totales del proyecto}} \quad (\text{Ecuación 2})$$

2.12. Metodología DMAIC

La metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar); fue creada por Bill Smith de Motorola en 1984, el objetivo fundamental es mejorar siempre

para solucionar los problemas existentes en los procesos desde que ingresa el requerimiento del producto hasta la entrega del mismo (Cícero Comunicación, 2017).

La metodología Seis Sigma, es la mejora continua de un proceso existente, en donde se requiere evitar tiempos muertos, desperdicio de material, reprocesos, logística inadecuada y pérdida de recursos. DMAIC es un acrónimo que está conformado de cinco fases interrelacionadas entre sí, al inicio de todo proyecto se define los objetivos y mide el alcance en el proceso que se va a realizar el estudio; así como también hay que analizar y determinar las causas que provocaron la pérdida de rentabilidad en la empresa; y, el futuro proceso de control que se llevara a cabo para mejorar el rendimiento en la fase seleccionada (Legaria & Mesita, 2010).

Lo ideal es eliminar errores en los procesos para generar mejores resultados para la empresa.

- Definir los objetivos del proyecto, para proveedores, clientes y la empresa.
- Medir el proceso que se va a mejorar, determinando los resultados actuales en el que se encuentra la misma.
- Analizar y determinar las causas que provocan los defectos en el proceso.
- Mejorar el proceso seleccionado para eliminar los defectos que provocan pérdidas económicas y rentabilidad para la empresa
- Control del rendimiento para el mejoramiento continuo de los futuros procesos que se cambiaran (Legaria & Mesita, 2010).

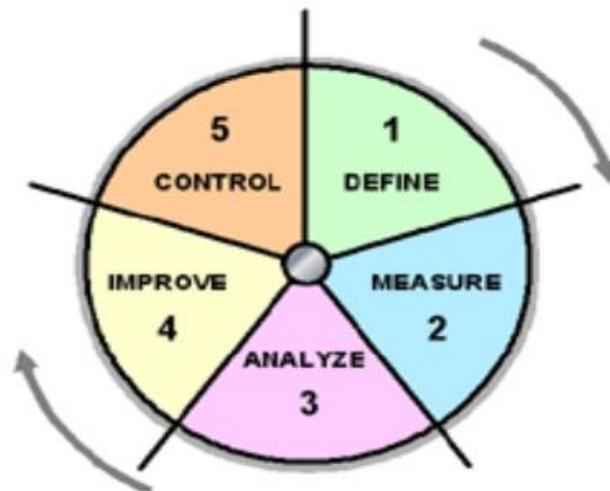


Figura 9. Estructura DMAIC
Tomado de: (orielinc, 2017)

Entre las características de la metodología DMAIC se encuentran las siguientes:

- a) Se concentra en problemas reales, relacionados directamente con el resultado final.
- b) Produce resultados en un intervalo de tiempo de 4 a 6 meses.
- c) Utiliza herramientas y técnicas múltiples, incluidos métodos estadísticos rigurosos cuando sea necesario.
- d) Mantiene mejoras a largo plazo.
- e) Disemina las mejoras en toda la organización.
- f) Actúa como un agente de cambio (Pérez & García, 2014).

2.12.1. Primera fase: Definir

Se define los objetivos que se propone la empresa, partiendo de la situación indicada que se realizará el análisis; determinado esto, es el punto inicial para proceder con la mejora que se realizará en el proyecto; tomando en cuenta que las personas que participen en el estudio y aplicación del método DMAIC deben ser multidisciplinarios para entender el entorno de todo el proceso en la organización (Pellejero, 2015).

Se establece también como objetivo fundamental la satisfacción del cliente, esto quiere decir identificar oportunidades de mercado, necesidades del cliente, adecuaciones del producto desde entrada, proceso y salida. (Legaria & Mesita, 2010).

Primero hay que establecer el alcance del proyecto; además, estimar mejoras económicas que sean realistas a los resultados que se espera obtener con el estudio. La persona que se encuentre a cargo del proceso debe ser multifuncional y actuar como un director de recursos económicos y equipo de trabajo; conjuntamente los miembros del equipo que realizaran el estudio deben poner el máximo de su esfuerzo, capacidad e interés en el proyecto para cumplir con el objetivo planteado por la organización (Legaria & Mesita, 2010).

Hay un sinnúmero de criterios que nos aporta para identificar las oportunidades de mejora en los procesos; esto se realiza a partir de los mapas de procesos para la obtención del producto. Así, el equipo de trabajo debe considerar los siguientes elementos:

- Reducir el tiempo de ciclo que conlleva a una reducción del costo.
- Eliminar diferencias entre los procesos y lo que desea el cliente.
- Eliminar las operaciones que no aportan valor añadido al producto requerido por el cliente como inspecciones y reprocesos (Legaria & Mesita, 2010).

2.12.2. Segunda fase: Medir

Según (Pellegero, 2015) en esta fase se puede valorar en una organización los sistemas de medición; a través de estudios de repetitividad, reproductibilidad, linealidad, exactitud y estabilidad. Describiendo los bienes y servicios que se realizara en etapas de entrada, procesos y salida.

Según (Legaria & Mesita, 2010) esta fase es fundamental para la recolección de datos verificando la situación actual de la organización, al momento de cuantificar se tendrá una idea precisa de cómo está la organización; y, poner el punto de partida para la mejora o implementación de un proceso o proyecto; además debe cumplir con las siguientes características:

- Definir indicadores que valorarán la organización; y, así lograr el éxito del proyecto en el que se aplicará la metodología Seis Sigma; así como cumplir con los requerimientos críticos del cliente.
- Establecer y definir un plan de recolección de datos.
- Tener el punto de partida claro en el proyecto para aplicar la metodología y gestionar la mejorara a futuro.

2.12.3. Tercera fase: Analizar

Después de analizar los datos recolectados en la fase anterior, se utiliza con el fin de localizar las causas raíz de cada uno de los problemas que se presenta en la organización; contamos con varias herramientas como son:

- Diagrama causa – efecto o Diagrama de Ishikawa
- Diagramas de árbol
- Estratificación de datos
- Gráficas de frecuencia estratificada
- Regresión y correlación
- Pruebas de hipótesis.
- Diagramas de dispersión (Legaria & Mesita, 2010).

Hay que tomar en cuenta que en muchas ocasiones se equivocan al analizar el problema de la organización, debido a que piensan que todas las causas raíz son el problema fundamental; es por eso que se aplica un ciclo de generaciones, hipótesis y suposiciones para llegar al verdadero problema que existe en la organización, este ciclo puede componerse de 4 etapas:

1. Se debe analizar los datos/proceso en la empresa.
2. Desarrollar una o varias hipótesis causales.
3. Aceptar o rechazar las hipótesis propuestas para el estudio.
4. Confirmar, analizar y seleccionar las causas vitales del problema que se va a mejorar en un futuro (Pérez & García, 2014).

2.12.4. Fase cuatro: Mejorar

Se optimiza los procesos que se requiere en la organización, por medio de la información que analizamos en la anterior fase; así se validará para realizar la mejora. (Pellegero, 2015).

Para la mayoría de las organizaciones esta fase puede ser la más difícil; sin embargo, las causa analizadas en la tercera fase nos pueden ayudar para aplicar nuevas soluciones innovadoras para la mejora del proceso (Pérez & García, 2014).

Existen diferentes métodos para identificar, enfatizar, priorizar y seleccionar las acciones de mejora que se realizara en la empresa. Hay que tomar en cuenta que para llegar al perfeccionamiento del proceso se puede efectuar de diferentes maneras como son correctivas, evolutivas, preventivas; eliminando la causa fundamental del problema en la organización (Legaria & Mesita, 2010).

2.12.5. Fase cinco: Controlar

El propósito de esta fase es establecer las mejoras que se realizó se mantendrán en el nuevo rumbo de la empresa, para evitar que esto sea una solución temporal de la misma; se debe monitorear y controlar por medio de documentación. (Pellegero, 2015).

El objetivo es mantener procesos estables, esto significa que las variables tomadas en cuenta para la mejora no cambien, y, se mantengan constaste en

el tiempo de prueba. Cuando se produce un cambio negativo en la tendencia de las variables se debe tomar precaución y realizar los cambios lo más pronto posible para no generar pérdidas en la organización, es decir cuándo se realiza actividades irrelevantes que no crean valor agregado para nuestros clientes (Legaria & Mesita, 2010).

En la fase de control de una organización se consideran algunos elementos como son: disciplina, estandarización, documentación y monitoreo o medición permanente. A continuación, se detallará cada uno de los elementos:

- **Disciplina:** El control se llevará todo el tiempo en la organización, hay que tomar en cuenta que el producto que se ofrece debe cumplir con todas las especificaciones técnicas y normas que rige la autoridad. Así como también la capacidad al realizar cada una de las personas que constituyen la organización. Tomando en cuenta que el control se llevara a cabo todo el tiempo de forma permanente en cada uno de los procesos, normas, personas, materiales, productos, logística, etc.
- **Estandarización:** Al utilizarse un lenguaje preciso y de fácil comprensión para toda la organización, permite un cambio en irregularidades lo más pronto posible, aprobando que hasta se implemente un sistema de monitoreo automatizado. Al poner en práctica la estandarización se generará un mejor desempeño de toda la estructura.
- **Documentación:** Primero se debe tener una organización adecuada, ubicación y espacio específico de los documentos obtenidos durante el proceso de mejora en la organización. Cada cierto período de tiempo se debe realizar revisiones y actualizaciones de los documentos recolectados en todo el proceso de mejora. Los documentos pueden ser tomados por bases de datos, actas, contratos, facturas, planes de negocio, quejas, informes, cartas, memorándums, entre otros.

- **Monitoreo:** Es la medición permanente que se realiza en la organización, para verificar los cambios de comportamiento en los procesos que se está aplicando la mejora; por medio de eso se evita desviaciones o pérdidas de rentabilidad en la empresa aplicando medidas correctivas eficaces en el proceso (Legaria & Mesita, 2010).

2.12.6. Proceso de mejora continua

Es crear un cambio de actitud en las personas que constituyen la organización, para mejorar en tres puntos fundamentales que son procesos, producto y cliente. Generando una estabilidad a largo plazo en la organización; evitando la decaída de la misma (Riquelme, 2018).

Cuando una empresa se está desarrollando de forma positiva, ya no es suficiente solo con la mejora continua aplicando acciones correctivas y preventivas en los procesos, productos y clientes. Las empresas necesitan implementar otras herramientas para superar lo realizado anteriormente y estar a la vanguardia con otras empresas, algunas herramientas utilizadas son:

- Crear un Sistemas de gestión de la calidad
- Implementar Normas ISO
- Estudio de satisfacción de los clientes (Riquelme, 2018).

2.12.7. Importancia de implementar la mejora continua

- Permite que la empresa tenga más fortalezas y oportunidades de mercado; además, disminuye de forma considerable las debilidades que puede provocar escasez productiva y pérdida de rentabilidad en la organización.
- La organización estará a la vanguardia y poseerá un nivel competitivo muy elevado en el mercado.
- Al tener análisis de cada uno de los procesos en la organización facilita la corrección de errores, inconvenientes, reprocesos y otras situaciones que afecten a la productividad.

- Crecer en el mercado, satisfacer la necesidad del cliente, adaptarse al medio, calidad, aumentar ventas, ser líderes de mercadeo; es lo que se conseguirá al tener una mejora continua en los procesos de la organización.
- Orienta la organización hacia la excelencia en su producción.
- Crea cambios positivos y recursos al ser una herramienta muy eficaz.
- Trata de eliminar las fallas en la organización, ahorrando dinero y esfuerzos que significaran ganancias en un futuro (Riquelme, 2018).

2.12.8. Control estadístico

Para mantener la estabilidad de un producto en la organización evitando variabilidad del proceso; se utiliza herramientas estadísticas con condiciones específicas, para identificar las causas especiales que provocan la variación en los procesos de la organización (Merli, 2012).

En una organización se puede aplicar control estadístico en cualquier proceso desde entrada, proceso y salida de un producto o servicio. Algunas herramientas utilizadas son:

- Histograma de frecuencias en procesos
- Hoja de verificación de todo el proceso en la organización
- Gráfica de Pareto de productos y variaciones en el ciclo del producto
- Diagrama de causa – efecto o Diagrama Ishikawa
- Diagrama de concentración de efectos de mayor afectación en la empresa
- Diagrama de dispersión que indicara los puntos variables en entrada, proceso y salida del producto
- Cartas de control, etc.

Donde se verificará de manera permanente el funcionamiento de la organización, eliminando variaciones por mano de obra, maquinaria, materiales, metodología, procesos y otros. Esta herramienta de control

estadístico tiene como finalidad un mejoramiento continuo y la productividad eficaz de la organización (Merli, 2012).

2.12.9. Técnicas de mejoramiento

La técnica principal depende de la recolección efectiva de información; así como también la aplicación de mejoras continuas en los procesos, aumentando la productividad y rentabilidad de la organización (Limusa, 2010).

Para el mejoramiento de la producción de material pétreo en la mina de la constructora se utilizará el método DMAIC (Gómez, 2014).

3. ANÁLISIS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MATERIAL PETREO

3.1. Situación actual de la empresa

El trabajo se realizó en la mina de la empresa CONVIALCAR S.A., ubicada en la parroquia de Mulaló, provincia de Cotopaxi.

Se identifica los procesos utilizados hasta obtener el material pétreo para almacenar y el requerido por los clientes; iniciamos con la explotación, extracción, transporte, zarandeo, clasificación, almacenamiento y entrega del material pétreo.

Al tener zarandas simples se debe realizar numerosos trabajos de logística y existe excesivos tiempos muertos al trasladarse de zaranda a zaranda para obtener el material pétreo solicitado. Por esto se realiza una propuesta para trabajar en la mejora del proceso de clasificación de material pétreo por zarandas múltiples y combinadas.

Su principal fuente de ingresos es la comercialización de material pétreo (figura 10) mediante la extracción y clasificación de los siguientes productos:

- Arena de enlucido
- Granzón fino
- Granzón grueso
- Ripio
- Piedra de empedrado
- Piedra coco
- Lastre fino
- Lastre grueso.

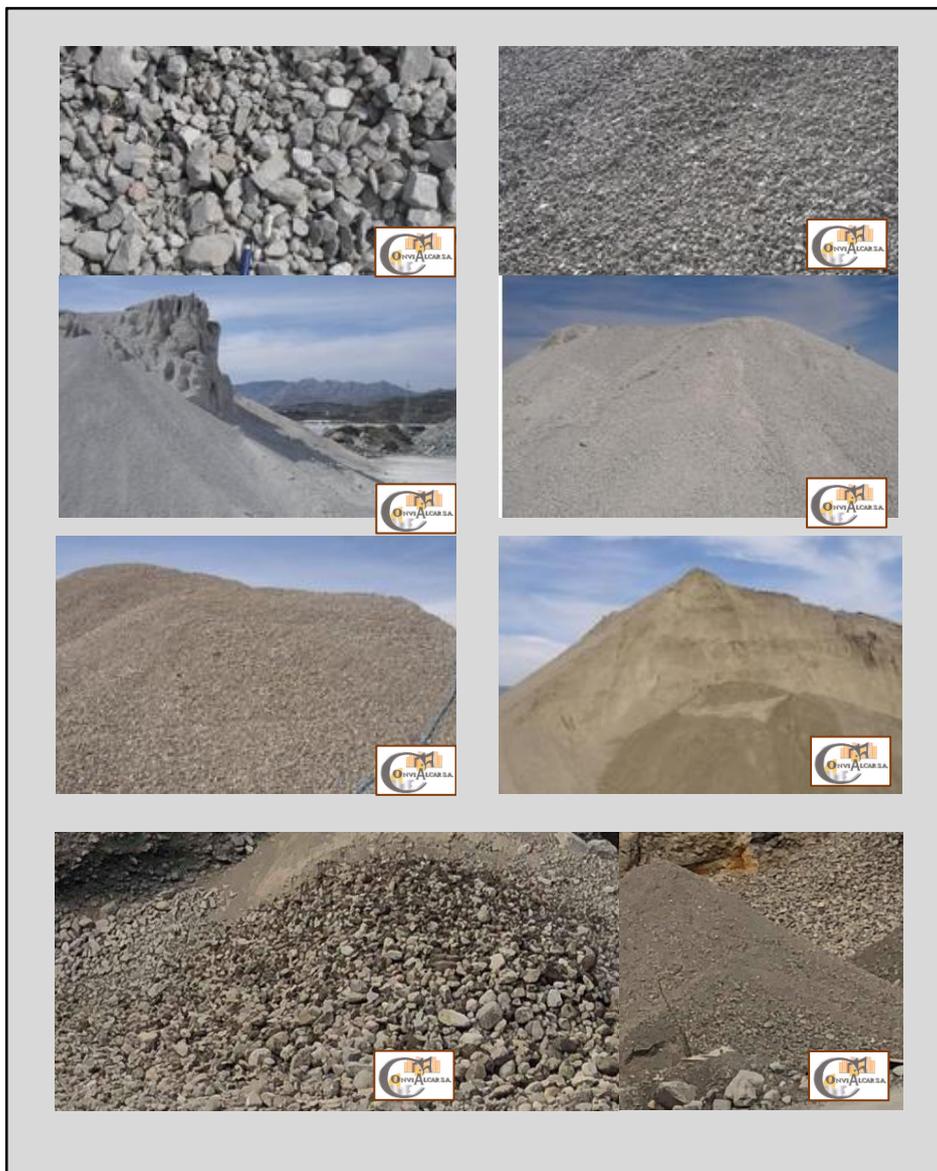


Figura 10. Materiales pétreos

La mina de la empresa CONVIALCAR S.A., en el proceso de extracción, clasificación y producción de diferentes materiales genera excesivos reprocesos al momento de conseguir el producto final (figura 11, 12 y 13).



Figura 11. Proceso clasificación de piedra



Figura 12. Proceso de clasificación de arena y ripio



Figura 13. Proceso clasificación de granzón y lastre

Se producen pérdidas económicas en la mina, por este motivo se realiza la investigación para identificar los factores que provocan estos reprocesos del

producto. Para esto se utilizará una técnica de mejoramiento de la calidad como es el DMAIC.

3.1.1 Aplicación del método DMAIC

En esta fase se busca tener una visión clara de la oportunidad de mejora encaminada a la satisfacción del cliente, en base a esto se obtiene un tema de mejora suficientemente específico, el cual se tomará para definir la solución final.

3.1.1.1 Caso del negocio

La mina de material pétreo realiza excesivos reprocesos de clasificación para obtener el material pétreo solicitado, ya que al trasladarse de zaranda a zaranda se genera una mayor logística, escases del material, excesivo tiempo al zarandear y pérdidas económicas.

3.1.1.2 Definición de oportunidad

Mejorar el proceso de producción de material pétreo reduciendo logística, inventarios, tiempo de trabajo y costos de producción.

3.1.1.3 Definición de la meta

Disminuir los reprocesos de clasificación de material pétreo por medio de combinación de zarandas.

3.1.1.4 Alcance del proyecto

El proyecto de investigación se considera desde el proceso de extracción hasta la entrega del material requerido por el cliente.

3.1.1.5 Mapa de procesos

Procesos claves

Producción de material pétreo

- Extracción
- Clasificación

Distribución de material pétreo

- Transporte
- Equipo caminero

Procesos de Apoyo

- Control de calidad
- Mantenimientos

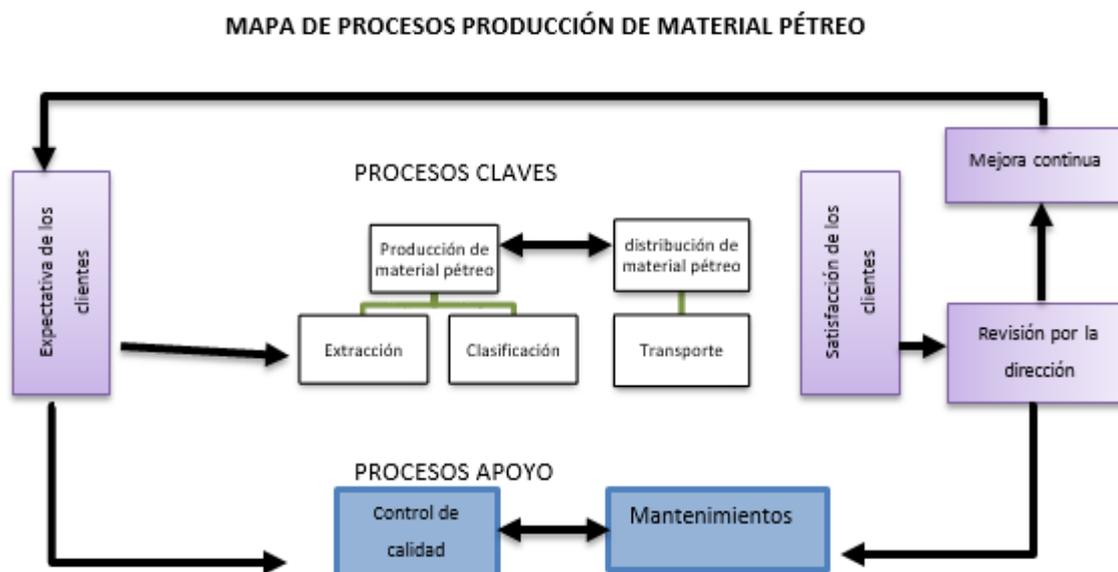


Figura 14. Mapa de proceso de producción de material pétreo.

3.1.1.6 Diagrama del proceso de producción

En el siguiente diagrama se establece las etapas del proceso de producción de material Pétreo.

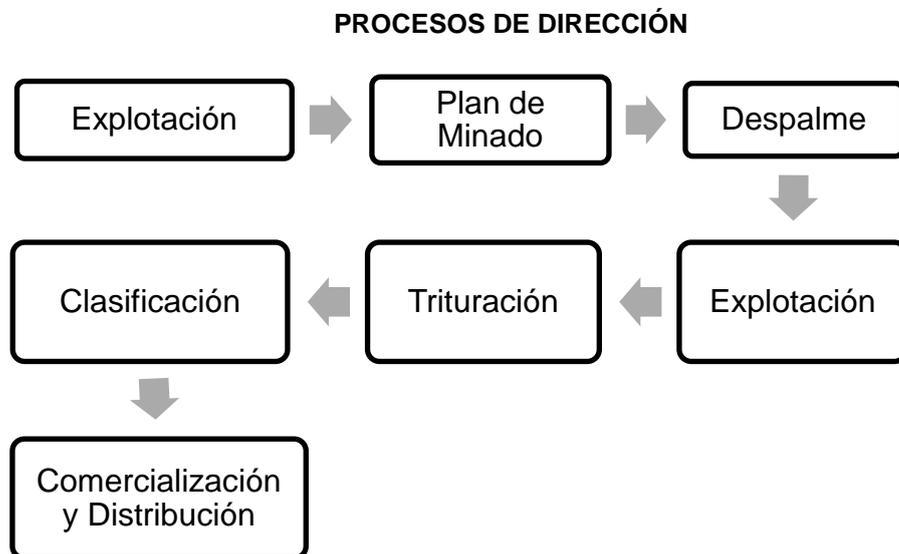


Figura 15. Etapas de producción del material pétreo

3.1.1.7 Infraestructura

La constructora en la mina consta en sus instalaciones con los siguientes componentes:

- Zarandas (8)
- Cargadora frontal (1)
- Excavadora de oruga (1)
- Cisterna de agua
- Retroexcavadora (1)
- Volquetas (3)
- Área de circulación
- Área de mantenimiento
- Área de bodega de material pétreo
- Área de clasificación de material
- Oficinas y campamento

El proyecto de investigación se considera desde el proceso de extracción hasta la entrega del material

3.1.2 Matriz de priorización

Mediante el uso de la matriz de priorización se busca tener en claro el proceso productivo donde tendrá más impacto el proyecto de mejora, en la cual para el desarrollo de esta matriz se definen los criterios que podrían tener alto impacto en la satisfacción del cliente.

3.1.2.1 Criterios:

En resumen, los criterios más importantes de los agregados pétreos son las siguientes:

- A.** Tener un mejor tiempo de clasificación del material pétreo por zaranda
- B.** Tener una menor cantidad de tiempos muertos estimados durante el proceso de producción
- C.** Tener un material que cumpla con los estándares de calidad
- D.** Tener menor desperdicio posible

Una vez ejecutados los criterios mencionados anteriormente se pasa a ser comparados entre sí, la cual esto se realiza con una matriz en la que se le asigna valores respecto a la importancia de cada uno de los criterios, y la valoración es la siguiente (tabla 1):

Tabla 1.
Valorización

Importancia	Valor
Muy Alta	9
Alta	7
Media	5
Regular	3
Baja	1

En la tabla 2 se presenta la matriz de priorización obtenida de cada uno de los criterios y su valoración, consiguiendo un mayor porcentaje en el criterio A con un 40,38 %, por otro lado, el que tuvo un menor porcentaje fue el criterio D con un 17,31%, es decir el proceso productivo que mayor impacto de mejora adquirió en el proyecto como se indica fue el criterio A.

Tabla 2.

Matriz de priorización para el criterio: Tener una mayor puntualidad en el despacho de producto terminado

		A	B	C	D	Total	Porcentaje
A	Tener un mejor tiempo de clasificación del material pétreo por zaranda		9	7	5	21	40,38%
B	Tener una menor cantidad de tiempos muertos estimados durante el proceso de producción	3		5	3	11	21,15%
C	Tener un material que cumpla con los estándares de calidad	3	3		5	11	21,15%
D	Tener menor desperdicio posible	7	1	1		9	17,31%
						52	100,00%

Una vez valorado los criterios de la tabla 2, se desarrolla el análisis de las alternativas presentadas por el investigador, las cuales son analizadas a cada uno de los criterios en base a las alternativas planteadas:

- A.** Planeación y distribución de la producción
- B.** Gestión del material pétreo
- C.** Proceso de zarandeado
- D.** Gestión del talento Humano. La cual se indica a continuación:

Tabla 3.

Valorización

Importancia	Valor
Muy Alta	9
Alta	7
Media	5
Regular	3
Baja	1

Al desarrollar el análisis por cada criterio de agregados pétreos se obtuvo lo siguiente:

Para el criterio A; tener un mejor tiempo de clasificación del material pétreo por zaranda. En la tabla 4 de matriz de priorización se muestra con un mayor porcentaje la variable proceso de zarandeado con el 38,00% presentando mayor impacto el criterio C.

Tabla 4.

Matriz de priorización para el criterio: Tener un mejor tiempo de clasificación del material pétreo por zaranda

	Descripción	A	B	C	D	Total	Porcentaje
A	Planeación y distribución de la producción		3	5	3	11	22,00%
B	Gestión del material pétreo	3		1	5	9	18,00%
C	Proceso de zarandeado	9	5		5	19	38,00%
D	Gestión del talento Humano	3	5	3		11	22,00%
						50	100,00%

Para el criterio B: tener una menor cantidad de tiempos muertos estimados durante el proceso de producción. En la tabla 5 de matriz de priorización se muestra con un mayor porcentaje la variable proceso de zarandeado con el 36,11% presentando mayor impacto el criterio C.

Tabla 5.

Matriz de priorización para el criterio: Tener una menor cantidad de tiempos muertos estimados durante el proceso de producción.

	Descripción	A	B	C	D	Total	Porcentaje
A	Planeación y distribución de la producción		5	3	3	11	30,56%
B	Gestión del material pétreo	3		3	1	7	19,44%
C	Proceso de zarandeado	5	3		5	13	36,11%
D	Gestión del talento Humano	1	3	1		5	13,89%
						36	100,00%

Para el criterio C: Tener un material que cumpla con los estándares de calidad. En la tabla 6 de matriz de priorización se muestra con un mayor porcentaje la variable gestión del material pétreo con el 33,33% presentando mayor impacto el criterio C.

Tabla 6.

Matriz de priorización para el criterio: Tener un material que cumpla con los estándares de calidad

	Descripción	A	B	C	D	Total	Porcentaje
A	Planeación y distribución de la producción		2	1	3	6	15,38%
B	Gestión del material pétreo	3		5	5	13	33,33%
C	Proceso de zarandeado	1	3		5	9	23,08%
D	Gestión del talento Humano	3	5	3		11	28,21%
						39	100,00%

Para el criterio D: Tener menor desperdicio posible. En la tabla 7 de matriz de priorización se muestra con un mayor porcentaje la variable proceso de zarandeado con el 32,50%, presentando mayor impacto el criterio C.

Tabla 7.

Matriz de priorización para el criterio: Tener menor desperdicio posible

	Descripción	A	B	C	D	Total	Porcentaje
A	Planeación y distribución de la producción		1	3	3	7	17,50%
B	Gestión del material pétreo	5		1	5	11	27,50%
C	Proceso de zarandeado	3	5		5	13	32,50%
D	Gestión del talento Humano	1	5	3		9	22,50%
						40	100,00%

Al analizar cada uno de los criterios, se desarrolla la matriz resumen de las alternativas con la cual el trabajo se enfoca en la mejora.

Tabla 8.

Matriz resumen

	A. Tener un mejor tiempo de clasificación del material pétreo por zaranda	B. Tener una menor cantidad de tiempos muertos estimados durante el proceso de producción	C. Tener un material que cumpla con los estándares de calidad	D. Tener menor desperdicio posible	Porcentaje
Importancia	40,00%	21,00%	21,00%	17,00%	
Planeación y distribución de la producción	22,00%	31,00%	15,00%	18,00%	21,00%
Gestión del material pétreo	18,00%	19,00%	33,00%	28,00%	25,00%
Proceso de zarandeado	38,00%	36,00%	23,00%	33,00%	32,00%
Gestión del talento Humano	22,00%	14,00%	28,00%	23,00%	22,00%
					100,00%

En base a la matriz de la tabla 8, se determina que la mejor alternativa es el proceso de zarandeado, en cuanto a la implementación de una sola zaranda múltiple combinada que clasifique 3 productos pétreos con mayor demanda en la mina como son arena de enlucido, granzón fino y piedra.

Una vez identificado el proceso que será aplicada la metodología DMAIC, se identifica las características críticas.

3.1.2.2 Identificación de las Características Críticas

En este apartado se identifica las características que la organización y la clientela considera que son críticas, en la cual se denominan CTS (Critical to Satisfaction).

A continuación, en la figura 16, se establece el diagrama de árbol de CTS.

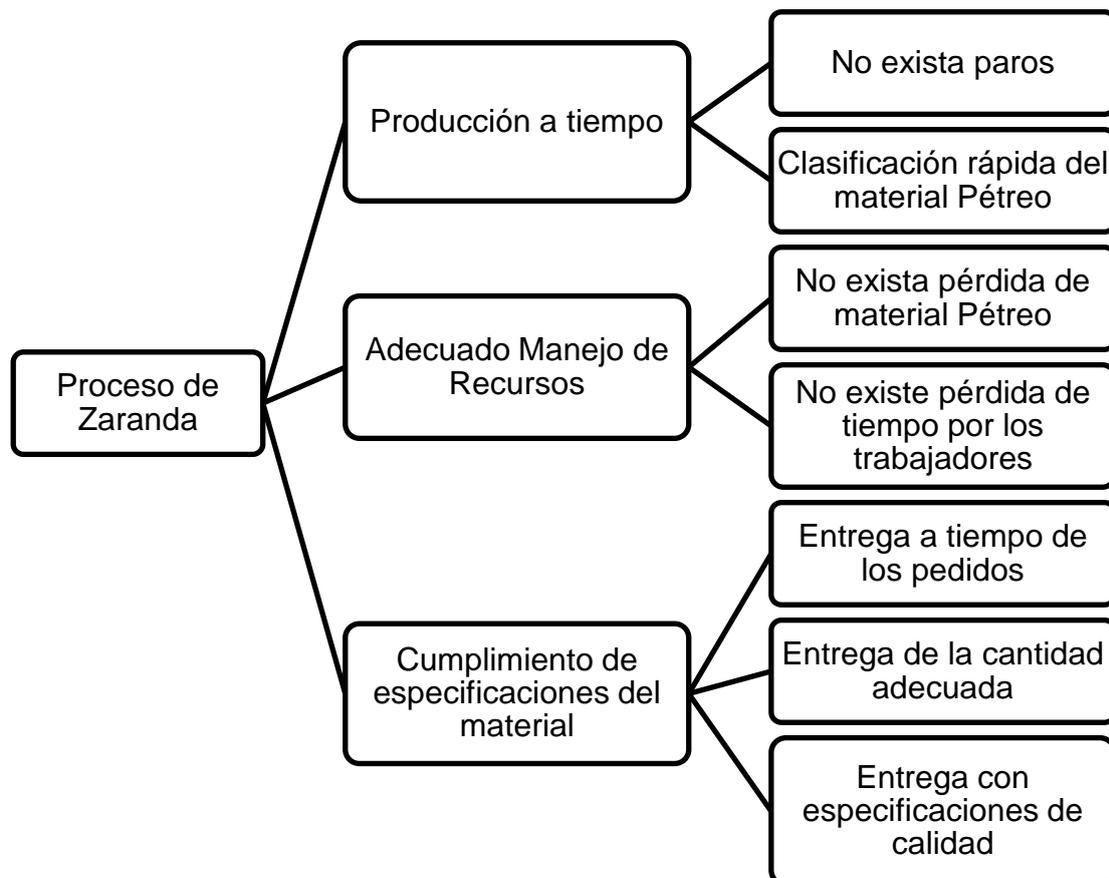


Figura 16. Diagrama de árbol de CTS

Una vez identificadas las características que deben ser analizadas y priorizadas, en referencia al índice de importancia para el cliente (IIC) y el grado de no conformidad (GNC), que dan como resultado la prioridad, se utiliza la escala de valoración siguiente:

3.1.2.3. Índice de importancia

Se establece una escala de evaluación para cada uno de los criterios que fue comparado para establecer un peso de importancia relativa. La escala que se consideró en la tabla 9 fue la siguiente:

Tabla 9.
Índice de importancia

Importancia	Valor
Muy importante	9
Importante	7
Medianamente importante	5
Poco importante	3
Muy poco importante	1

3.1.2.4. Grado de no conformidad

Asimismo, se establece una escala de evaluación para cada uno de los criterios, con los valores que se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 10.
Índice de importancia

Importancia	Valor
Muy alto	9
Alto	7
Medio	5
Bajo	3
Muy bajo	1

El resultado que se obtuvo del índice de importancia y el grado de no conformidad dan como prioridad mayor la clasificación óptima del material pétreo (tabla 11).

Tabla 11.
Matriz de atributos

Descripción	IIC	GNC	Prioridad
No existan paros	5	7	35
Clasificación óptima del material pétreo	9	9	81
No exista pérdidas del material pétreo	5	7	35
No exista pérdida de tiempo por los trabajadores	5	3	15
Entrega a tiempo de pedidos	9	3	27
Entrega de cantidad adecuada	5	7	35
Entrega con especificaciones de calidad	7	7	49

Partiendo del análisis realizado, se determinó que las CTS claves son las siguientes:

- Clasificación correcta del material pétreo, ya que existe pérdidas económicas, por reprocesamiento del material en zarandas.
- Entrega de especificaciones de calidad

Al ser un producto para la construcción se debe realizar en base a las especificaciones de la normativa:

- Arena y similares la NTE INEN 873 Segunda Revisión 2017-02 (ANEXO I).
- Piedra la NTE INEN 2 017:94 (ANEXO II)

En base a las CTS claves se realiza la matriz de atributos priorizados la cual se establece en la siguiente tabla:

Tabla 12.
Matriz de atributos priorizados

		1	2	Total	Porcentaje
1	Clasificación óptima del material pétreo		7	7	58,00%
2	Entrega de especificaciones de calidad	5		5	42,00%

Los valores obtenidos serán utilizados para la comparación de CTS con los CTYs, para esta matriz se utiliza la matriz de priorización de criterios.

Una vez determinados los valores del CTS claves; se pasará a definir las características del producto conocidas como CTYs, en la cual se describen mediante un diagrama de árbol (figura 17).

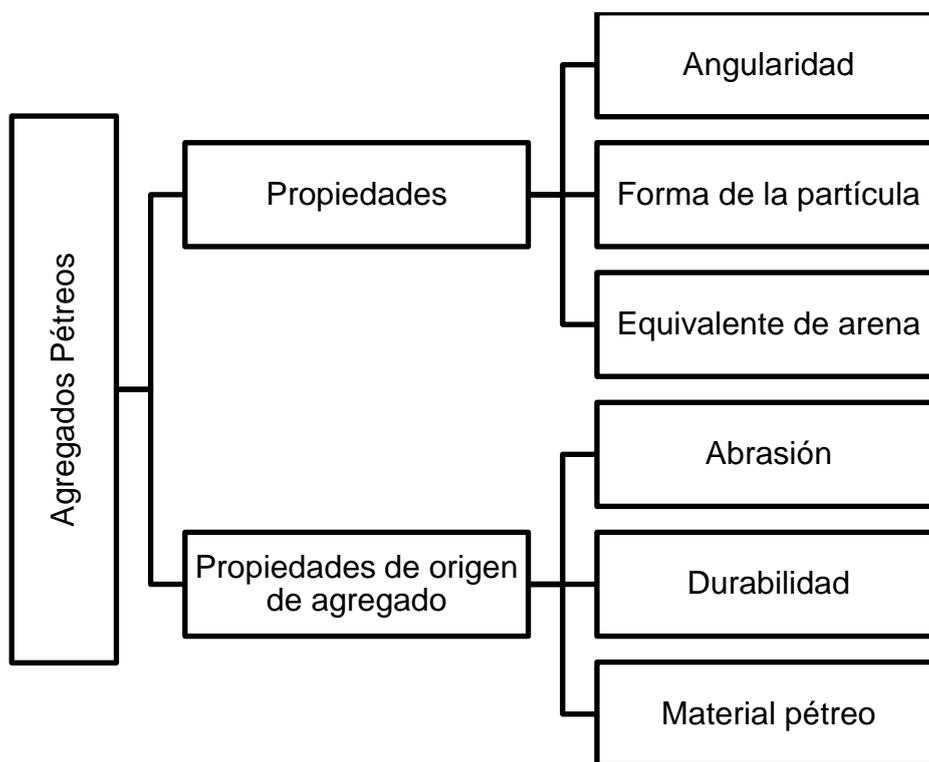


Figura 17. Diagrama de árbol para los CTYs

Con las CTYs determinadas; se analiza la matriz CTYs considerando la relación que tienen con los CTS priorizados anterior, en la cual se toma las siguientes valoraciones:

Tabla 13.
Valoración

Denominación	Valor
Fuerte	9
Media	3
Débil	1

En la tabla 14 se describe la matriz de comparación entre los CTS y CTYs con los resultados siguientes:

Tabla 14.
Matriz de comparación entre los CTS y CTYs

	Priorización CTS	CTS Seleccionadas		Prioridad CTY	Porcentaje
		58,00%	42,00%		
		Clasificación optima del material pétreo	Entrega de especificaciones de calidad		
CTYs	Angularidad	3	1	2	8,00%
	Forma de partícula	3	9	6	24,00%
	Equivalente de arena	9	9	9	36,00%
	Abrasión	3	3	3	12,00%
	Durabilidad	5	3	4	16,00%
	Material deletéreo	1	1	1	4,00%
				25	100,00%

Con las CTXs determinadas en la figura 18 se realiza la matriz de los CTXs y con eso se analiza la relación con los CTYs descritas, para realizar la valoración con la (tabla 15).

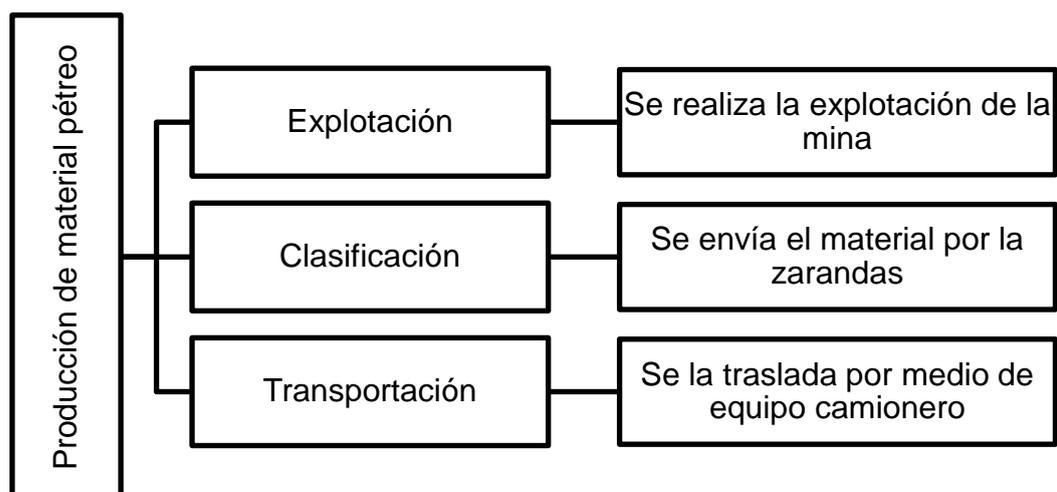


Figura 18. Diagrama de árbol para los CTXs

Tabla 15.

Matriz de comparación de CTXs y CTYs

Priorización CTYs	Criterios							Prioridad CTX
		Angularidad						
	Forma de partícula							24,00%
	Equivalente de arena							36,00%
	Abrasión							12,00%
	Durabilidad							16,00%
	Material deletéreo							4,00%
	Se realiza la explotación de la mina	3	1			3	1	1,00
CTXs	Se envía el material por las zarandas		9	9			3	5,76
	Se traslada material por medio de equipo camionero	3			1		1	0,40

En base a la tabla 15 se puede determinar que hay que enfocarse en cuanto a:

- El envío de material por zarandas
- En base a estas matrices se logró observar la relación que existe entre las características del material pétreo que el cliente espera en los distintos procesos existentes, estos resultados se enfocan en el proceso de mejora en cuanto a la clasificación de material por zaranda.

3.1.3 Definición de parámetros de desempeño

Para definir el desempeño de la empresa se toma en cuenta un solo parámetro, en la cual la sirve para medir el grado de satisfacción del cliente respecto al material.

Parámetro definido:

Tasa de producción, en base a la clasificación de material por zarandas del lugar de estudio, en la cual el parámetro es la cantidad de material que se produce en una hora, para poder determinar cuál es la producción diaria y semanal, y de esta manera poder verificar el rendimiento de la mina por jornada de trabajo.

3.1.4 Diagrama SIPOC MACRO

En el siguiente diagrama se establece las entradas y salidas del proceso que se va a analizar, a continuación, se muestra el diagrama SIPOC realizado en el proceso de clasificación de material Pétreo (figura 19).

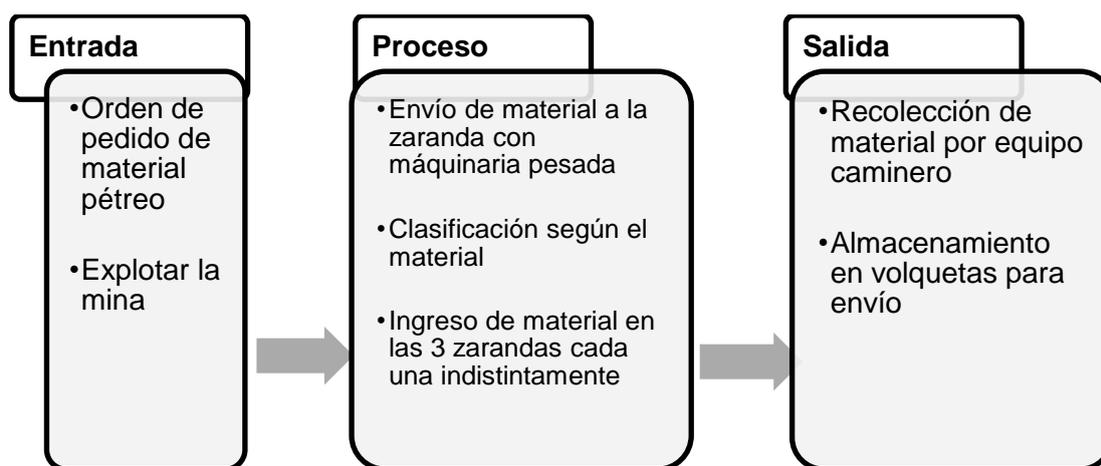


Figura 19. Diagrama SIPOC MACRO del proceso

3.2. Medir

En esta fase se identificará la situación actual de la empresa a través de la recolección de datos, obteniendo información real y precisa en cada una de las mediciones realizadas.

3.2.1 Diagrama SIPOC detallado de cada proceso

Se realiza en cuatro fases como se indica en la figura 20 de forma detallada cada una de las etapas.

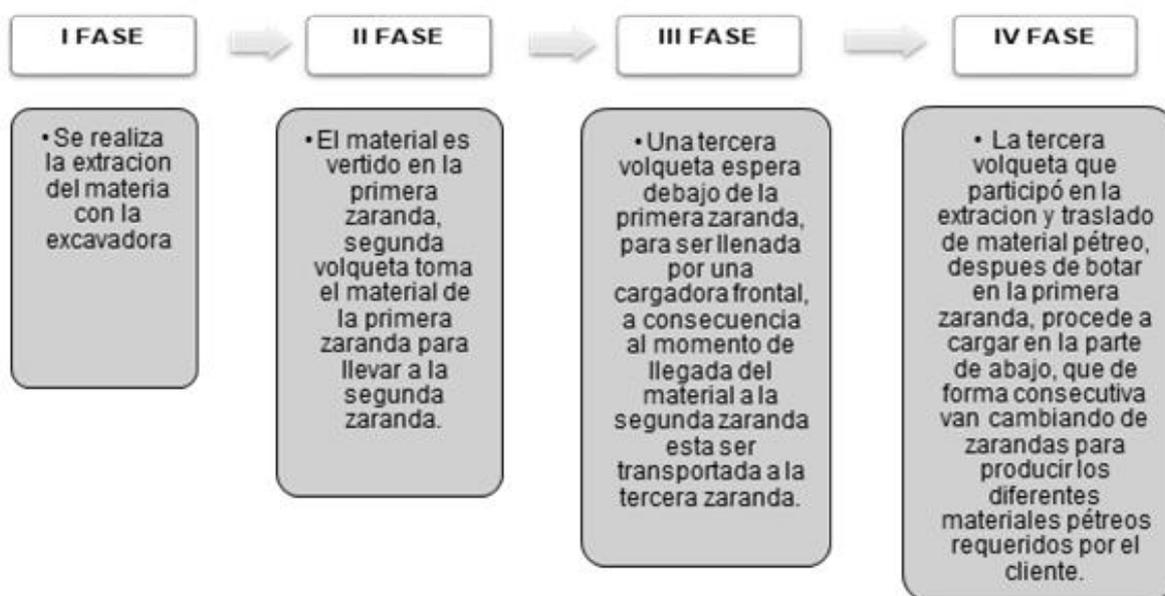


Figura 20. Diagrama SIPOC

En el anterior diagrama, se puede evidenciar el proceso detallado en la mina del material pétreo contando con cuatro fases. En estos procedimientos, se denota un largo trabajo para poder clasificar el material que se quiere, de otra manera pasar por varias zarandas demostrando el tiempo que se puede requerir para alcanzar el resultado positivo y poder cumplir con los clientes.

3.2.2. Recolección de Datos de cantidad de material producido, en cuanto al envío de clasificación por Zaranda

Tabla 16.
Recolección de datos por zaranda

Hora de inicio	Hora de fin de actividades	Material Despachado	Material pétreo despachado por hora
6:00 am	8:00 am	Granzón fino	2 volquetas de 8 m ³
8:00 am	10:am	Arena de enlucido	2 volquetas de 8 m ³
10:00 am	12:00 pm	Granzón grueso	1 volquetas de 8 m ³
Tiempo Inicio	Tiempo de Finalización	Material Despachado	Material pétreo despachado por hora
1:00 pm	2:00 pm	Granzón fino	1 volquetas de 12 m ³
2:00 pm	3:00 pm	Arena de enlucido	1 volquetas de 12 m ³
2:00 pm	3:00 pm	Granzón grueso	1 volquetas de 12 m ³

3.3 Analizar

En este punto se genera una propuesta de mejora en el proceso de producción de material pétreo, utilizando las herramientas cualitativas las cuales arrojan datos que pueden ser analizados mediante graficas identificando la variación que existe en el proceso productivo de la mina.

3.3.1 Análisis de la capacidad del proceso

Se puede evidenciar los 3 primeros materiales con mayor demanda como lo sería, el granzón fino, arena de enlucido y granzón grueso, siendo los materiales más comprados, tanto en volquetas de 12 m³ como en las de 8 m³, estos materiales son despachados por hora, es por eso que se quiere implementar un nuevo método para el rendimiento del tiempo que genera cuando el material ha pasado 3 o 2 veces por la zaranda para luego despachar.

3.3.2 Análisis del costo por cantidad de material producido por zaranda

El análisis de precios de material zarandeado, en volquetas de 8 m³ se encuentra la arena de enlucido con un costo de 35,00 USD\$, granzón fino 25,00 USD\$, granzón grueso 20,00 USD\$, ripio 25,00 USD\$, piedra de

empedrado 35,00 USD\$, piedra coco 15,00 USD\$, lastre fino 20,00 USD\$, lastre grueso 20,00 USD\$. Una vez que se zarandea el material, tanto el cliente como la empresa no desperdician el producto, ya que el cliente puede utilizar el material enseguida, que es dejado en el lugar de destino sin tener que hacer el procedimiento de zarandeo. Los materiales zarandeados no son tan costosos a diferencia del producto no procesado.

Por otra parte, se posee los costos de las volquetas de 12 m³ entre la cuales, la arena de enlucido con un valor de 55,00 USD\$, granzón fino 40,00 USD\$, granzón grueso 35,00 USD\$, ripio 35,00 USD\$, piedra de empedrado 55,00 USD\$, piedra coco 25,00 USD\$, lastre fino 35,00 USD\$, lastre grueso 35,00 USD\$. Estos precios se encuentran con 20,00 USD\$ y de 10,00 USD\$ por encima a diferencias de las volquetas de 8 m³, pero manteniendo la misma calidad del producto.

El procedimiento de zarandeo es realizado en muchos de los casos cuando una volqueta de la empresa queda suspendida por no tener un mantenimiento previo y correctivos, para ello se solicita a los clientes realizar el zarandeo del material pétreo seleccionado; para así ganar tiempo mientras se coloca en marcha el equipo caminero de la empresa; disminuyendo la utilidad de la mina (tabla 17).

Tabla 17.

Precios del material pétreo zarandeado por el cliente

N	MATERIAL	PRECIO \$	
		VOLQUETA 8 m ³	VOLQUETA 12 m ³
1	Arena de enlucido	USD\$ 35,00	USD\$ 55,00
2	Granzón Fino	USD\$ 25,00	USD\$ 40,00
3	Granzón Grueso	USD\$ 20,00	USD\$ 35,00
4	Ripio	USD\$ 25,00	USD\$ 35,00
5	Piedra de empedrado	USD\$ 35,00	USD\$ 55,00
6	Piedra coco	USD\$ 15,00	USD\$ 25,00
7	Lastre fino	USD\$ 20,00	USD\$ 35,00
8	Lastre grueso	USD\$ 20,00	USD\$ 35,00

Tomado de: (Constructora CONVIALCAR, 2018)

Existe una diferencia de precios en la venta del material pétreo para volquetas de 8 m³ y 12 m³ reduciendo 5,00 USD\$, cuando el cliente zarandea hasta obtener el producto requerido. Se debe tomar en cuenta que al no zarandear la empresa sufre una pérdida representativa en sus ingresos.

En muchos de estos casos el cliente no está dispuesto a esperar el proceso de zarandeo porque pierde tiempo, combustible, dinero; y, en algunos casos el cliente ya no regresa a la mina, lo que hace perder rentabilidad a la empresa.

De la siguiente manera, se tiene que los precios de las volquetas de 12 m³ con diferencia a las de 8 m³ son de 20,00 USD\$ y 15,00 USD\$.

Cuando la empresa tiene el material requerido por el cliente en stock como se indica en la tabla 18, es decir los materiales pétreos son zarandeadas por el equipo caminero de la cantera varían el costo aumentando en 5,00 USD\$ cualquier producto.

Entre ellos se encuentra arena de enlucido en 60,00 USD\$, granzón fino 45,00 USD\$, granzón grueso 40,00 USD\$, ripio con un costo 45,00 USD\$, piedra de empedrado 60,00 USD\$, piedra coco 30,00 USD\$, lastre fino 40,00 USD\$, lastre grueso 40,00 USD\$. Se debe tomar en cuenta que existe una diferencia de 4 m³.

Tabla 18.

Precios del material pétreo zarandeado por la empresa

N.-	MATERIAL	PRECIO \$	
		VOLQUETA 8 m ³	VOLQUETA 12 m ³
1	Arena de enlucido	USD\$ 40,00	USD\$ 60,00
2	Granzón Fino	USD\$ 30,00	USD\$ 45,00
3	Granzón Grueso	USD\$ 25,00	USD\$ 40,00
4	Ripio	USD\$ 30,00	USD\$ 45,00
5	Piedra de empedrado	USD\$ 40,00	USD\$ 60,00
6	Piedra coco	USD\$ 20,00	USD\$ 30,00
7	Lastre fino	USD\$ 25,00	USD\$ 40,00
8	Lastre grueso	USD\$ 25,00	USD\$ 40,00

Tomado de: (Constructora CONVIALCAR, 2018)

Se realizó unas tablas de evaluación de ingreso durante 6 meses de las volquetas de 8 m³ y 12 m³ con materiales pétreos zarandeados y no zarandeados por la maquinaria y equipo caminero de la empresa, siendo de importancia para la investigación en la determinación de la situación actual de la empresa.

En la tabla 19 se observa los ingresos de volquetas de 8 m³ por mes de cada uno de los materiales pétreos zarandeados por el equipo caminero de la cantera; así como también el producto más comercializado en los 6 meses.

Tabla 19.

Ingresos de los materiales pétreos zarandeados por la empresa en volquetas de 8 m³

PRODUCTO /VENTA (USD)	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Total ingresos por cada material en 6 meses	Porcentaje de ingresos en 6 meses
Arena de Enlucido	\$1.500,00	\$ 850,00	\$ 900,00	\$1.200,00	\$2.000,00	\$1.400,00	\$ 7.850,00	28.62%
Granzón Fino	\$ 850,00	\$ 530,00	\$ 500,00	\$ 740,00	\$ 860,00	\$ 750,00	\$ 4.230,00	15.42%
Granzón Grueso	\$ 250,00	\$ 680,00	\$ 480,00	\$ 320,00	\$ 580,00	\$ 460,00	\$ 2.770,00	10,10%
Ripio	\$ 380,00	\$ 480,00	\$ 350,00	\$ 420,00	\$ 450,00	\$ 390,00	\$ 2.470,00	9.00%
Piedra de Empedrado	\$ 380,00	\$ 320,00	\$ 400,00	\$ 320,00	\$ 400,00	\$ 450,00	\$ 2.270,00	8.28%
Piedra Coco	\$ 680,00	\$ 480,00	\$ 360,00	\$ 550,00	\$ 590,00	\$ 590,00	\$ 3.250,00	11.85%
Lastre Fino	\$ 460,00	\$ 320,00	\$ 300,00	\$ 400,00	\$ 560,00	\$ 480,00	\$ 2.520,00	9.19%
Lastre Grueso	\$ 380,00	\$ 280,00	\$ 380,00	\$ 320,00	\$ 350,00	\$ 360,00	\$ 2.070,00	7.55%
Total ingresos por cada mes	\$4.880,00	\$3.940,00	\$3.670,00	\$4.270,00	\$5.790,00	\$4.880,00	\$27.430,00	100.00%

Tomado de: (Constructora CONVIALCAR, 2018)

Además, se evidencia los ingresos de cada material zarandeado por meses, donde la arena de enlucido resalta como unos de los materiales más vendidos en el mes de enero con 1.500,00 USD\$, el cual es unos de los ingresos más importante de la empresa y así seguidamente el granzón fino con 850,00 USD\$, y así sucesivamente como se puede apreciar en la venta de los 8 materiales se determinó un ingreso de 4.880,00 USD\$ en el mes de enero.

Por otro lado, en el mes de febrero no se obtuvo la misma cantidad que el mes anterior siendo de 3.940,00 USD\$. El mes de marzo se obtuvo ingresos de 3.670,00 USD\$ en que se evidencia un índice menor a todos los meses.

Para los 3 meses restantes los ingresos son abril de 4.270,00 USD\$, mayo de 5.790,00 USD\$ y junio de 4.880,00 USD\$ donde se evidencia una mayor venta del material pétreo, demostrándose un total en estos 6 meses de 27.430,00 USD\$, solo en las volquetas se 8 m³.

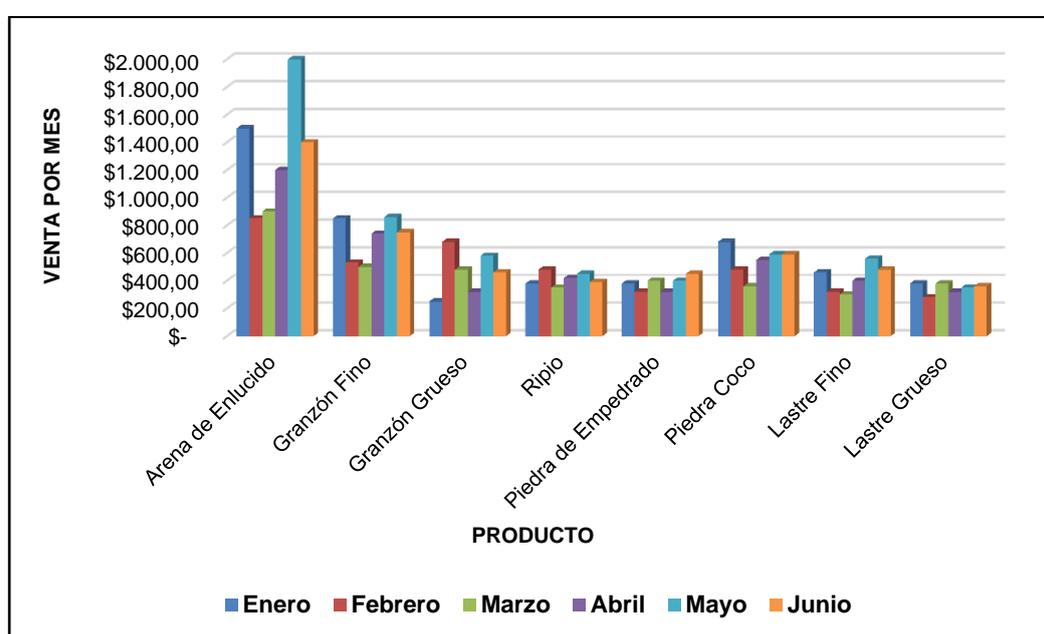


Figura 20. Ingreso mensual de materiales pétreos zarandeado por la empresa en volquetas de 8 m³

Tomado de: (Constructora CONVIALCAR, 2018)

En el gráfico 1 el diagrama de barras se puede observar las franjas de cada material pétreo distribuido con sus colores, como se aprecia el producto arena de enlucido resaltado durante todos los meses estando siempre por encima en las ventas llegando a tener un máximo de hasta 2.000,00 USD\$ y siendo el monto más bajo en el mes de febrero decayendo a 850,00 USD\$.

Segundo material es el granzón fino siendo en el mes de mayo 860,00 USD\$ y el más bajo en el mes de marzo, estando por debajo de la arena de enlucido. El granzón grueso alcanzó en el mes de febrero de 680,00 USD\$. El ripio su nivel

más elevado en el mismo mes del granzón grueso al tener un valor de 480,00 USD\$. La piedra de empedrado alcanzó su máximo de ventas en junio 450,00USD\$. La piedra coco pudo alcanzar su mayor venta en el mes de enero con el valor de 680,00 USD\$, lastre fino alcanzó un costo promedio de 560,00 USD\$ y el lastre grueso en el mes de enero de 380,00 USD\$.

El diagrama de pastel (gráfico 2) demuestra que el material más comercializado en los seis meses es la arena de enlucido con un total de 7.850,00 USD\$ que representa el 28.62% del total de ingresos de la constructora del producto zarandeado para volquetas de 8 m³.

El segundo material es el granzón fino con 4.230,00 USD\$ que es el 15.42%. De ahí el resto de materiales pétreos como: la piedra coco con 11.85%, granzón grueso con 10.10%, lastre fino 9.19%, ripio el 9.00%, piedra de empedrado 8.28% y por último el lastre grueso con 7.55%.

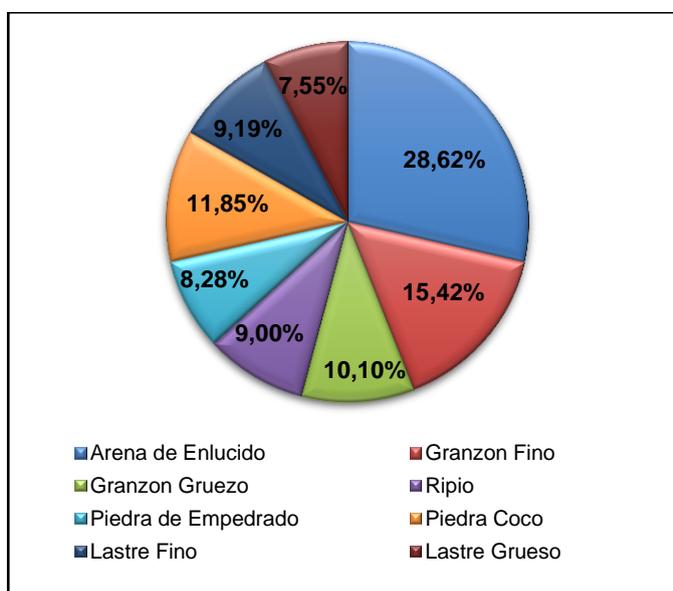


Figura 21. Porcentaje del producto zarandeado por la empresa más comercializado en los 6 meses en volquetas de 8 m³

Tomado de: (Constructora CONVIALCAR, 2018)

En la tabla 20 se observa los ingresos de volquetas de 12 m³ por mes de cada uno de los materiales pétreos zarandeados por el equipo caminero de la cantera; así como también el producto más comercializado en los 6 meses.

Tabla 20.

Ingresos de los materiales pétreos zarandeados por la empresa en volquetas de 12 m³

PRODUCTO /VENTA (USD)	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Total ingresos por cada material en 6 meses	Porcentaje de ingresos en 6 meses
Arena de Enlucido	\$1.200,00	\$ 840,00	\$ 820,00	\$ 930,00	\$ 850,00	\$1.020,00	\$5.660,00	31.87%
Granzón Fino	\$ 450,00	\$ 320,00	\$ 420,00	\$ 400,00	\$ 300,00	\$ 400,00	\$2.290,00	12.89%
Granzón Grueso	\$ 380,00	\$ 290,00	\$ 340,00	\$ 300,00	\$ 340,00	\$ 350,00	\$2.000,00	11.26%
Ripio	\$ 560,00	\$ 470,00	\$ 490,00	\$ 390,00	\$ 500,00	\$ 460,00	\$2.870,00	16.16%
Piedra de Empedrado	\$ 300,00	\$ 240,00	\$ 290,00	\$ 250,00	\$ 240,00	\$ 220,00	\$1.540,00	8.67%
Piedra Coco	\$ 200,00	\$ 180,00	\$ 200,00	\$ 220,00	\$ 180,00	\$ 160,00	\$1.140,00	6.42%
Lastre Fino	\$ 190,00	\$ 200,00	\$ 160,00	\$ 210,00	\$ 190,00	\$ 180,00	\$1.130,00	6.36%
Lastre Grueso	\$ 180,00	\$ 220,00	\$ 200,00	\$ 180,00	\$ 190,00	\$ 160,00	\$1.130,00	6.36%
Total ingresos por cada mes	\$3.460,00	\$2.760,00	\$2.920,00	\$2.880,00	\$2.790,00	\$2.950,00	\$17.760,00	100.00%

Tomado de: (Constructora CONVIALCAR, 2018)

Se observa los costos de estas volquetas varían, ya que son 4 m³ más que la anterior y por ello aumenta el costo, en el mes de enero hubo ingresos de 3.460,00 USD\$ donde fue el más elevado de todos los meses, febrero 2.760,00 USD\$ fue el ingreso más bajo de todos los meses, pero a lo largo de los meses se mantuvo un balance solo con diferencias de 150,00 USD\$ y 200,00 USD\$.

Los ingresos que se consiguió en el mes de marzo 2.920,00 USD\$, abril de 2.880,00 USD\$, mayo con 2.790,00 USD\$ y en junio 2.950,00 USD\$.

En la suma de estos 6 meses se adquirió un monto de 17.760.00 USD\$ en las ventas del material pétreo en volquetas de 12 m³.

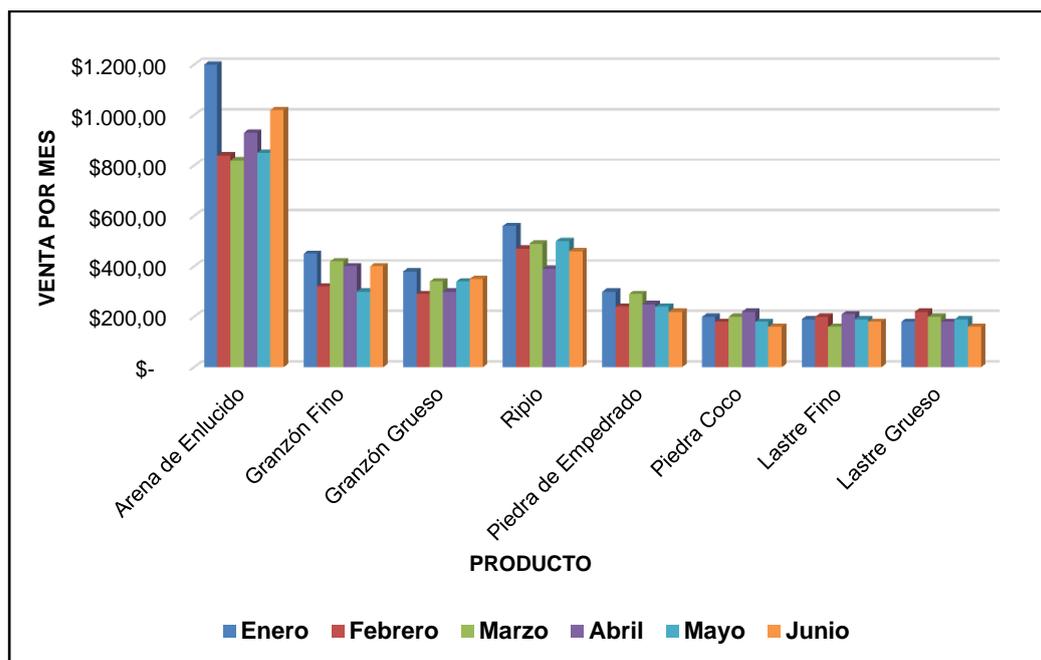


Figura 22. Ingreso mensual de los materiales pétreos zarandeados por la empresa en volquetas de 12 m³

Tomado de: (Constructora CONVIALCAR, 2018)

En el gráfico 3, las volquetas de 12 m³ no se evidencian la misma demanda que las de 8 m³ ya que se presenta un agregado tanto en la cantidad como en el costo. El mayor ingreso se obtuvo en la arena de enlucido en el mes de enero con 1.200,00 USD\$, el granzón fino su mayor salida se efectuó en enero con aproximadamente 450,00 USD\$, el granzón grueso teniendo su mayor compra en el mismo mes que los anteriores productos de 380,00 USD\$, el material conocido como el ripio cerró el mes de enero con 560,00 USD\$, la piedra de empedrado también se encontró su mejor salida en enero con 300,00 USD\$, en la piedra coco se represente fue en el mes de abril con 220,00 USD\$, lastre fino en el mismo mes que la piedra coco siendo de 210,00 USD\$ y el lastre grueso se evidencia con más detalle en el mes de febrero. Resalta que los productos de mayor venta son la arena de enlucido y el ripio en volqueta de 12 m³.

El diagrama de pastel (gráfico 4) demuestra que el material más vendido en los seis meses es la arena de enlucido con un total de 5.660,00 USD\$ que representa el 31.87% del total de ingresos de la constructora del producto zarandeadado para volquetas de 12 m³.

El segundo material es el ripio con 2.870,00 USD\$ que es el 16.16%. De ahí el resto de materiales pétreos como: granzón fino con 12.89%, granzón grueso con 11.26%, piedra de empedrado 8.67%, piedra coco el 6.42%, lastre fino 6.36% al igual que lastre grueso con 6.36%.

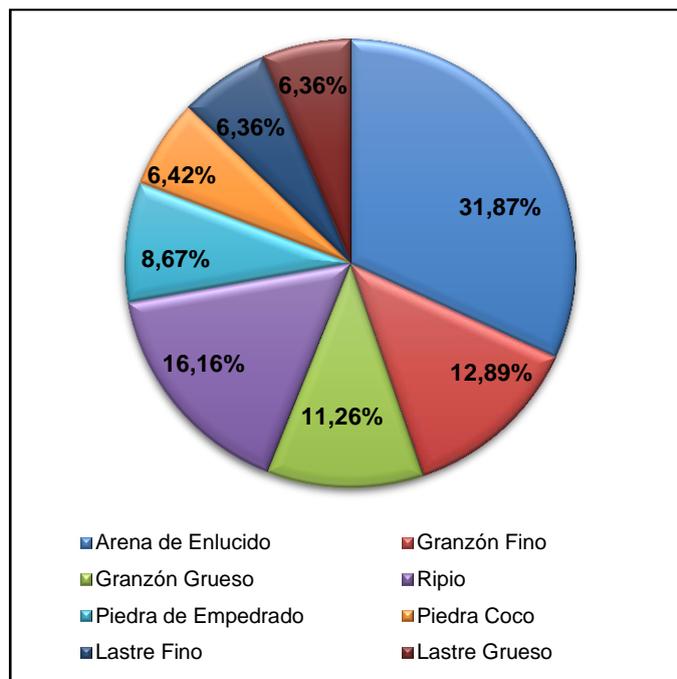


Figura 23. Porcentaje del producto zarandeado por la empresa más comercializado en los 6 meses en volquetas de 12 m³

Tomado de: (Constructora CONVIALCAR, 2018)

En la tabla 21 se observa las ganancias por mes de cada uno de los materiales pétreos en volquetas de 8 m³; sino que en este caso al ser zarandeados por los clientes disminuye de forma considerable los ingresos de la empresa en los 6 meses.

Tabla 21.

Ingresos de los materiales pétreos zarandeados por el cliente en volquetas de 8 m³

PRODUCTO /VENTA (USD)	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Total ingresos por cada material en 6 meses	Porcentaje de ingresos en 6 meses
Arena de Enlucido	\$1.500,00	\$1.240,00	\$1.120,00	\$ 930,00	\$1.450,00	\$1.470,00	\$7.710,00	36.61%
Granzón Fino	\$ 450,00	\$ 420,00	\$ 400,00	\$ 480,00	\$ 400,00	\$ 480,00	\$2.630,00	12.49%
Granzón Grueso	\$ 480,00	\$ 390,00	\$ 400,00	\$ 390,00	\$ 440,00	\$ 350,00	\$2.450,00	11.63%
Ripio	\$ 460,00	\$ 420,00	\$ 380,00	\$ 380,00	\$ 360,00	\$ 360,00	\$2.360,00	11.21%
Piedra de Empedrado	\$ 360,00	\$ 300,00	\$ 290,00	\$ 250,00	\$ 340,00	\$ 320,00	\$1.860,00	8.83%
Piedra Coco	\$ 280,00	\$ 230,00	\$ 260,00	\$ 240,00	\$ 280,00	\$ 270,00	\$1.560,00	7.41%
Lastre Fino	\$ 190,00	\$ 200,00	\$ 220,00	\$ 260,00	\$ 250,00	\$ 200,00	\$1.320,00	6.27%
Lastre Grueso	\$ 200,00	\$ 220,00	\$ 180,00	\$ 210,00	\$ 200,00	\$ 160,00	\$1.170,00	5.56%
Total ingresos por cada mes	\$3.920,00	\$3.420,00	\$3.250,00	\$3.140,00	\$3.720,00	\$3.610,00	\$21.060,00	100.00%

Tomado de: (Constructora CONVIALCAR, 2018)

En esta tabla se aprecia que en volquetas de 8 m³ no zarandeadas por la empresa representan una pérdida de material pétreo en stock ya que no se completa una clasificación del producto; y, el cual es vendido a un menor precio al cliente, es por ello que en enero se obtuvo 3.920,00 USD\$, febrero 3.420,00 USD\$, marzo 3.250,00 USD\$, abril 3.140,00 USD\$, mayo 3.720,00 USD\$ y en junio 3.610,00 USD\$.

Se mantuvo un balance de ventas de los materiales pétreos; sin embargo, si se evidencia un menor ingreso mensual, con la suma de los 6 meses dio una cantidad de 21.060,00 USD\$.

La empresa tiene una pérdida de 6.370,00 USD\$ cuando el cliente realiza el zarandeado en volquetas de 8 m³.

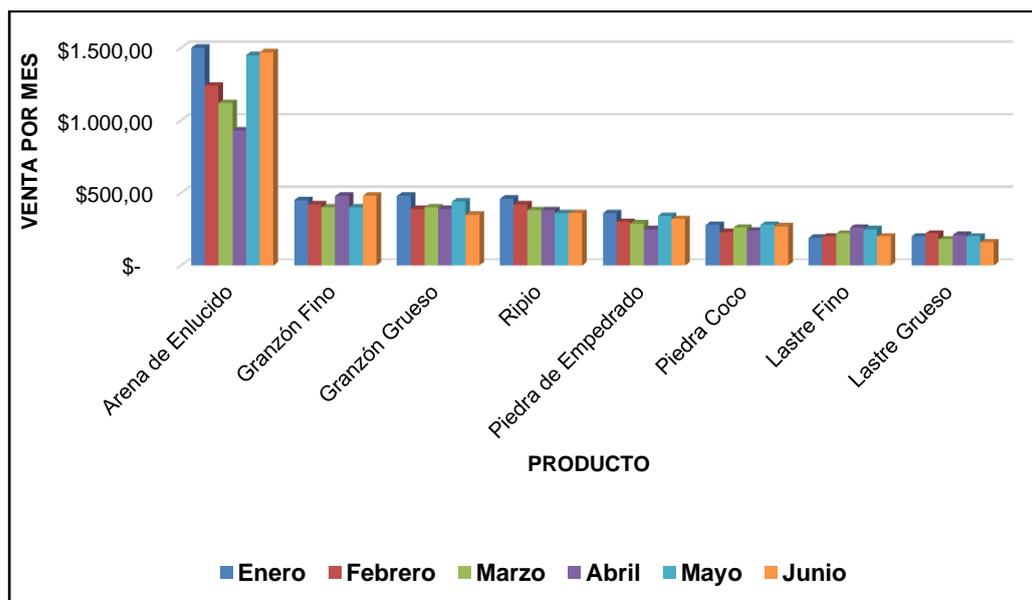


Figura 24. Ingresos mensuales de los materiales pétreos zarandeados por el cliente en volquetas de 8 m³

Tomado de: (Constructora CONVIALCAR, 2018)

Como se aprecia en el gráfico 5 el diagrama de barras, se destacan dos de los materiales más vendidos como es la arena de enlucido y granzón fino. El granzón grueso y el ripio en algunos meses sin embargo por debajo de los dos mencionados anteriormente.

En el mes de enero la arena de enlucido alcanzo un cierre con 1.500,00 USD\$, granzón fino se vendió más en el mes de abril y junio a comparación con los demás meses teniendo un resultado de 480,00 USD\$, el granzón grueso su mejor producción se logró en enero y mayo siendo de 480,00 USD\$, el ripio en enero alcanzo su mejor venta de 460,00 USD\$, la piedra de empedrado también fue en enero y mayo con 360,00 USD\$, en cuanto a la piedra coco su principal venta se presentó en el mes de enero, mayo y junio con 280,00 USD\$, el lastre fino su mejor venta se adquirió en abril y mayo con 260,00 \$ y el lastre grueso se evidenciaron buenos resultados en febrero de aproximadamente 220,00 USD\$.

El diagrama de pastel (gráfico 6) demuestra que el material más vendido en los seis meses es la arena de enlucido con un total de 7.710,00 USD\$ que representa el 36.61% del total de ingresos de la constructora del producto zarandeado por el cliente para volquetas de 8 m³.

El segundo material es el granzón fino con 2.630,00 USD\$ que es el 12.49%. De ahí el resto de materiales pétreos como: granzón grueso con 11.63%, ripio con 11.21%, piedra de empedrado 8.83%, piedra coco el 7.41%, lastre fino 6.27% y al final lastre grueso con 5.56%.



Figura 25. Porcentaje del producto zarandeado por el cliente más comercializado en los 6 meses en volquetas de 8 m³

Tomado de: (Constructora CONVIALCAR, 2018)

En la tabla 22 se observa las ganancias por mes de cada uno de los materiales pétreos en volquetas de 12 m³; sino que en este caso al ser zarandeados por los clientes disminuye de forma considerable los ingresos de la empresa en los 6 meses.

Tabla 22.

Ingresos de los materiales pétreos zarandeados por el cliente en volquetas de 12 m³

PRODUCTO/ VENTA (USD)	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Total ingresos por cada material en 6 meses	Porcentaje de ingresos en 6 meses
Arena de Enlucido	\$ 870,00	\$ 740,00	\$ 720,00	\$ 770,00	\$ 690,00	\$ 700,00	\$4.490,00	31.05%
Granzón Fino	\$ 250,00	\$ 220,00	\$ 300,00	\$ 320,00	\$ 250,00	\$ 290,00	\$1.630,00	11.27%
Granzón Grueso	\$ 380,00	\$ 310,00	\$ 290,00	\$ 300,00	\$ 370,00	\$ 230,00	\$1.880,00	13.00%
Ripio	\$ 260,00	\$ 300,00	\$ 260,00	\$ 280,00	\$ 240,00	\$ 200,00	\$1.540,00	10.65%
Piedra de Empedrado	\$ 220,00	\$ 200,00	\$ 180,00	\$ 150,00	\$ 200,00	\$ 290,00	\$1.240,00	8.58%
Piedra Coco	\$ 190,00	\$ 170,00	\$ 200,00	\$ 280,00	\$ 160,00	\$ 130,00	\$1.130,00	7.82%
Lastre Fino	\$ 200,00	\$ 200,00	\$ 170,00	\$ 140,00	\$ 280,00	\$ 190,00	\$1.180,00	8.16%
Lastre Grueso	\$ 170,00	\$ 190,00	\$ 220,00	\$ 210,00	\$ 300,00	\$ 279,00	\$1.369,00	9.47%
Total ingresos por cada mes	\$2.540,00	\$2.330,00	\$2.340,00	\$2.450,00	\$2.490,00	\$2.309,00	\$14.459,00	100.00%

Tomado de: (Constructora CONVIALCAR, 2018)

Para la finalización de las tablas de ingresos por la producción durante 6 meses en la empresa CONVIALCAR S.A., en las volquetas de 12 m³ de material zarandeado por el cliente, se alcanza en el mes de enero ingresos de 2.540,00 USD\$, en febrero 2.330,00 USD\$, marzo con 2.340,00 USD\$, abril con 2.450,00 USD\$, mayo de 2.490,00 USD\$ y junio cerró el mes con 2.309,00 USD\$.

En este tipo de volquetas no compran mucho por lo que la suma de estos 6 meses es un nivel de ingresos muy bajo de 14.459,00 USD\$ en comparación con las volquetas de 12 m³ de material zarandeado por la empresa, ya que el cliente prefiere obtener un producto listo para trabajar sin tener que realizar el proceso de selección, clasificación y zarandeo del material pétreo.

La empresa tiene una pérdida de 3.301,00 USD\$ cuando el cliente realiza el zarandeado en volquetas de 12 m³.

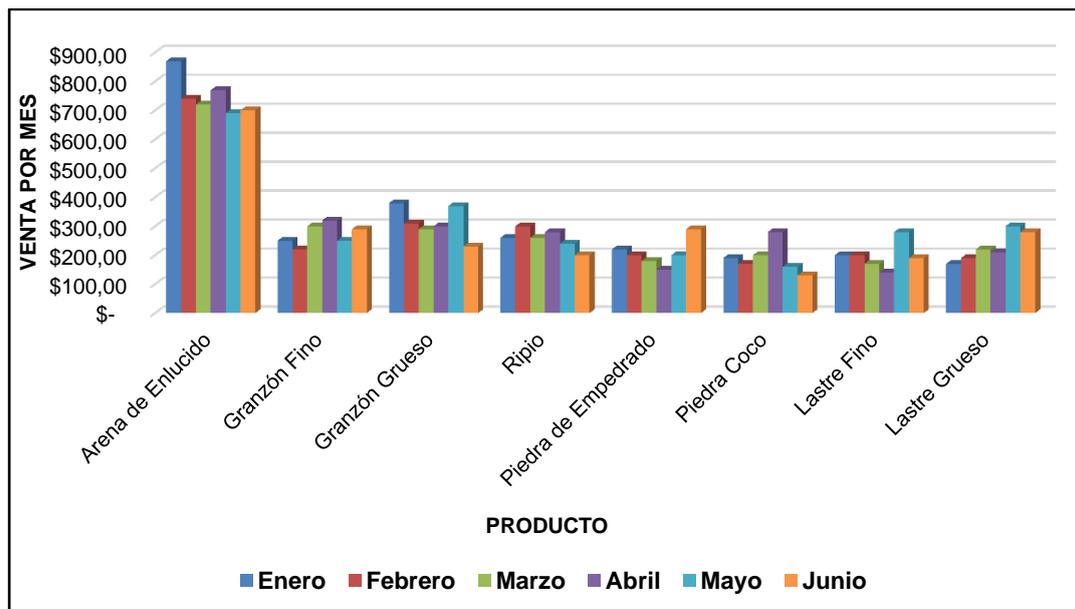


Figura 26. Ingresos mensuales de los materiales pétreos zarandeados por el cliente en volquetas de 12 m³

Tomado de: (Constructora CONVIALCAR, 2018)

La venta en volquetas de 12 m³ tiene una disminución considerable en la demanda del producto a diferencia de cuando la empresa tiene en stock los materiales pétreos requeridos.

En el grafico 7 se observa que la arena de enlucido ocupa el primer lugar con la mejor venta en el mes de enero con 870,00 USD\$, el granzón fino en el mes de abril su mayor venta con 320,00 USD\$, el grueso predomino su demanda en enero y mayo cerrando con 380,00 USD\$, el ripio se evidencio en febrero con 300,00 USD\$, la piedra de empedrado su prevalencia se ocupó en el mes de junio con 290,00 USD\$, piedra coco se observa con mayor predominación en abril siendo de 280,00 USD\$, el lastre fino su mayor venta fue en mayo de 280,00 USD\$ y el lastre grueso se vendió más en los meses de mayo y junio con 300,00 USD\$.

Es importante resaltar que los ingresos no fueron tan productivos en relación a los materiales pétreos zarandeados por la empresa y entregados de forma inmediata al cliente. Esto se debe también a que algunos clientes prefirieron ir a otras minas en vez de zarandear el material que requerían en ese momento.

El diagrama de pastel (gráfico 8) demuestra que el material más vendido en los seis meses es la arena de enlucido con un total de 4.490,00 USD\$ que representa el 31.05% del total de ingresos de la constructora del producto zarandeado por el cliente para volquetas de 12 m³.

El segundo material es el granzón grueso con 1.880,00 USD\$ que es el 13.00%. De ahí el resto de materiales pétreos como: granzón fino con 11.27%, ripio con 10.65%, lastre grueso 9.47%, piedra de empedrado el 8.58%, lastre fino 8.16% y al final piedra coco con 7.82%.

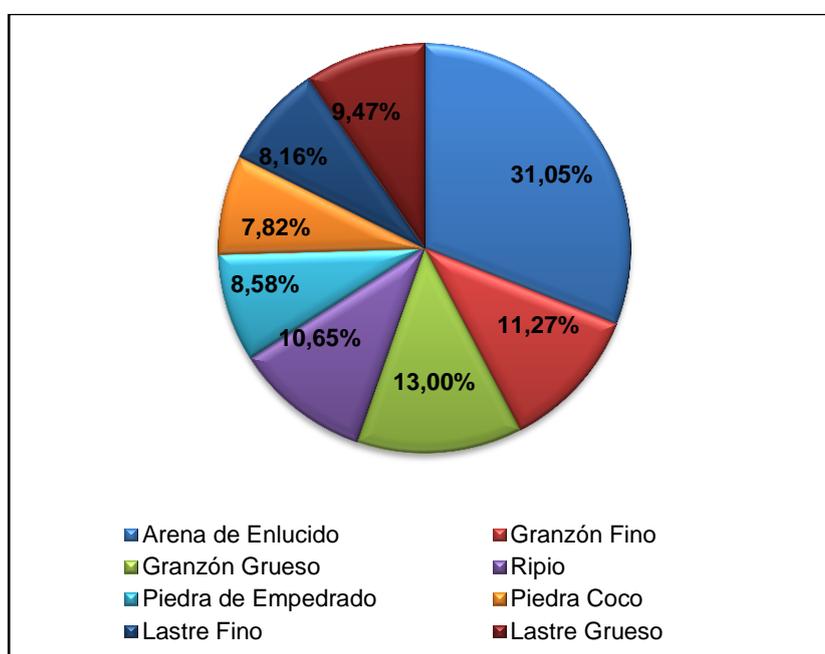


Figura 27. Porcentaje del producto zarandeado por el cliente más comercializado en los 6 meses en volquetas de 12 m³

Tomado de: (Constructora CONVIALCAR, 2018)

3.4 Mejorar

Se formula alternativas de mejoramiento en el proceso de producción de material pétreo, por medio de la utilización de zarandas múltiples combinadas, para poder así valorar los resultados mediante un análisis de Costos/Beneficio.

3.5 Controlar

En la mina se desarrolla un Plan de control para efectuar las mejoras del proceso de producción de material pétreo, supervisar el desempeño en jornada de trabajo; así como también se implementará medidas preventivas y correctivas cuando el proceso no esté bajo control.

3.6 Diagrama de Causa-Efecto



Figura 28. Diagrama Causa-Efecto empresa CONVIALCAR S.A

De acuerdo a la figura 21 se puede observar que el principal problema es la pérdida de clientes, debido a varios elementos que pueden afectar. Lo principal no tener un método actualizado de zarandeo y adecuaciones para obtener los materiales requeridos por el cliente.

El mal diseño de zarandas provoca pérdidas en la empresa, debido a que existe una mayor logística, tiempos muertos, maquinaria dañada por falta de mantenimientos a períodos determinados, ambiente laboral inadecuado o problemas esporádicos, métodos alterados por algún motivo en la producción o transporte de material pétreo, etc.

Hay que tomar en cuenta que la empresa en producción de material se encuentra en el rango de pequeña minería; motivo por el cual su producción se realiza de forma empírica y se tiene falencias en la estandarización de productos pétreos.

Para obtener el material deseado por el cliente en este caso arena de enlucido se repite aproximadamente unas cuatro veces para que llegue hasta la especificación técnica y requerida por el cliente; esto se debe a que son materiales que no se consiguen en cualquier mina y su proceso de zarandeo es demorado.

Por lo que las propuestas de mejora es la estandarización en la utilización de zarandas combinadas, capacitaciones, eficiencia de producción, reducción de tiempo de espera del cliente, reducción de producción de los diferentes materiales pétreos, nuevas estrategias de producción, maquinaria actualizada y mantenimientos preventivos y correctivos de zarandas y maquinaria.

4. RESOLUCIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA PARA SOLUCIONAR LA PROBLEMÁTICA PLANTEADA

4.1 Propuesta

En el presente estudio se analiza la forma de mejorar la producción de material pétreo mediante el método DMAIC seis sigma que permite determinar las falencias y oportunidades de mejora mediante un control de todas las actividades que se encuentran inmersas en todo el proceso y con ello se crea la posibilidad de comparar el proceso y su desempeño actualmente con el que se obtendría una vez implementado la mejora.

La propuesta busca la implementación de una zaranda combinada con función múltiple, es decir al zarandear clasificar el material pétreo en tres productos distintos a la vez, de esta manera los gastos que implican producir el material pétreo se reducen de forma significativa optimizando los recursos de la empresa, reduciendo los tiempos improductivos y generando mayor rentabilidad.

Además, se implementará una capacitación y preparación adecuada a los empleados de la empresa que busca modificar, mejorar, ampliar conocimientos, habilidades y actitudes del personal nuevo o actual, considerando que es una estrategia para mantener un capital intelectual acorde a las necesidades y retos que impone el cliente, buscando así la empresa incrementar los índices de productividad.

A pesar de la fiabilidad y calidad de la maquinaria pesada de la empresa, la evolución tecnológica y el propio uso hacen que a lo largo de los años los equipos inevitablemente pierdan competitividad relativa con respecto a los nuevos equipos que ofrece el mercado. Ante esta situación como alternativa a la amortización definitiva del equipo caminero como una volqueta necesita una solución que será el mantenimiento preventivo, modificativo y correctivo adecuado y a tiempo.

Con la implementación de una zaranda combinada que genere tres productos en un solo proceso indica que nuestra propuesta presenta las siguientes ventajas:

- Tiempos de producción reducidos
- Satisfacción de los clientes
- Incremento en la economía de la empresa.
- Optimización de los recursos
- Aumento de la producción
- Reducción de pérdida de material
- Capacitación a los empleados

4.2 Propuesta de indicadores para el control del proyecto

Estos indicadores permiten mantener un mejor control de la producción basándose en una frecuencia que se ha considerado mensual para contabilizar la producción promedio de los productos pétreos.

Tabla 23.
Indicadores de control

N°	Indicador	Fórmula de cálculo	Unidad de medida	Responsable de la medición	Frecuencia de medición
1	Productividad Granzón	Volumen producido / volumen programado	Producto terminado	Coordinador de producción	Mensual
2	Desperdicio	Restos y desperdicios / insumos	cm 3	Coordinador de producción	Mensual
3	Tiempo de producción	Tiempo real / tiempo programado	Horas producción	Coordinador de producción	Mensual
4	OEE	Disponibilidad * Rendimiento * calidad	Tiempo	Coordinador de producción	Mensual
5	Eliminación de una volqueta	Rendimiento calidad	Tiempo	Coordinador de producción	Mensual
6	Disminuir trabajadores	Rendimiento	Monetaria	Coordinador de producción	Mensual

Tomado de: (Constructora CONVIALCAR, 2018)

En la tabla 23 se realiza el control de los productos con el fin de tener un historial de la producción actual para poderla comparar con los datos que se obtendrán con la implementación.

4.3. Ventajas y desventajas operativas entre el sistema actual y la propuesta

Los beneficios del uso de esta herramienta se muestran en términos de rentabilidad ya que las ventas tienen un aumento considerable y los costos por el contrario se reducen, además esta herramienta se la puede aplicar a cualquier empresa fácilmente.

Genera una solución debido a que los resultados obtenidos son excelentes por el énfasis que se brinda la solución de problemas, dando como resultado un producto de mala calidad y muchas empresas pasan por alto que la metodología seis sigma es una herramienta para mejorar la calidad; y, dedican la aplicación de esta en áreas que no influyen para optimar la rentabilidad de la empresa.

Tabla 24.

Ventajas y desventajas operativas

	SISTEMA ACTUAL	PROPUESTA
VENTAJAS OPERATIVAS	<ul style="list-style-type: none"> • Los costos se mantienen. • La rentabilidad es baja, pero la empresa se mantiene. 	<ul style="list-style-type: none"> • Entregas programadas a tiempo. • Incremento de la rentabilidad. • Reducción de los tiempos. • Optimización de recursos. • Reducción de la pérdida de material en el proceso. • Especificación de responsables de los procesos. • Ampliación de las funciones y responsabilidades del personal.
DEVENTAJAS OPERATIVAS	<ul style="list-style-type: none"> • Entregas en tiempos fuera de lo programado. • Pérdida de recursos. • Reproceso innecesario. • Pérdida de producto en el proceso. 	<ul style="list-style-type: none"> • Riesgo de desviación de la aplicación a áreas que no representan rentabilidad. • Pérdida de enfoque de la herramienta.

Tomado de: (Constructora CONVIALCAR, 2018)

En la tabla 24 el sistema actual es evidente las desventajas operativas reflejan un factor importante en la pérdida del producto; el reproceso al zarandear el material pétreo genera un costo adicional; sin embargo, la empresa se mantiene funcionando.

Al realizar la propuesta con la implementación de zarandas múltiples y combinadas, logística apropiada, maquinaria correcta, personal capacitado y adiestrado, control en los procesos y el cumplimiento de objetivos se generará una utilidad superior a la que se recibe en la actualidad.

4.4. Resultados

La producción muestra mejoras evidentes en cuanto a la cantidad del material pétreo clasificado de forma eficiente; y, la entrega del producto solicitado por el cliente en tiempos más reducidos.

Al implementarse el proyecto la producción diaria será de 320 m³ de material pétreo clasificado, entre los cuales prevalece la arena de enlucido que resulta ser el producto con mayor demanda, comparando este resultado con la producción antes de la propuesta es de 220 m³.

La mejora se aplica en el zarandeado y clasificación de material pétreo, para observar los datos estimados después del progreso se muestra el cuadro de mejoras que se presenta los datos después de la aplicación de la propuesta, estos datos fueron tomados de los meses en los que se implementará el proyecto para relacionarlos a fin de mostrar que tenga una proyección a largo plazo (tabla 25).

Tabla 25.
Comparación del sistema actual con el propuesto

	Tiempo	Producto no conforme (m ³)	Tiempo de proceso (horas)
Actual 2018	Enero	220,00	60
	Febrero	1.840,00	120
	Marzo	903,00	98
	Abril	860,00	77
	Mayo	894,00	82
	Junio	648,00	70
Propuesta 2018	Julio	1.200,00	60
	Agosto	670,00	55
	Septiembre	657,00	53
	Octubre	504,00	40
	Noviembre	600,00	50
	Diciembre	523,00	42

Tomado de: (Constructora CONVIALCAR, 2018)

Un problema que muestra el proyecto es la falta de control en cuanto a la producción, ya que se registra una cantidad considerable de producto no

conforme con las especificaciones requeridas por el cliente; y, por ello evidencian la necesidad de mejorar la obtención del material pétreo al no hacerlo la cantidad de producto no conforme va a seguir en crecimiento y los recursos utilizados para corregir esta condición estarían mal invertidos. Solo en el mes de febrero se obtuvo una cantidad de 1.840,00 m³ de producto no conforme, y con la propuesta se logró disminuir de forma significativa (tabla 25).

La producción de material pétreo al momento de iniciar con las actividades cuenta con maquinaria que al implementar el proyecto se reduce, para el transporte y proceso de zarandeo se requiere de excavadora de oruga, retroexcavadora, cargadora frontal y tres volquetes para el transporte. Estos recursos se reducen con la implementación de la zaranda múltiple combinada al no ser necesario la retroexcavadora y los tres volquetes; sino más bien solo una volqueta, excavadora de oruga y cargadora frontal; el tiempo invertido en esperar a que el material se encuentre listo puede utilizarse para transportar el material terminado.

4.5. Evaluación económica

Al tratarse de una propuesta de implementación se evalúa el estado económico-financiero de la mejora. El proyecto muestra los costos generados por problemas solucionados y definidos en los cuales se observa la reducción de costos en inconvenientes encontrados.

4.6. Demanda e ingresos

La demanda se refiere a la cantidad de bienes y servicios que los consumidores están dispuestos a adquirir el material pétreo en un período de tiempo y a un precio determinado por la Constructora CONVIALCAR S.A.

Los ingresos son incrementos de los recursos económicos de la empresa, es decir sus activos y pasivos. Se produce un ingreso cuando se realiza la venta de un producto en este caso arena de enlucido expuesto en la tabla 26 proyectándose el ingreso mensual.

4.7. Situación actual

Una de las principales necesidades de este proyecto es conocer la situación actual de la Constructora CONVIALCAR S.A., la idea es tener un claro entendimiento del entorno de actuación económico del proyecto; y, las posibles mejoras que se puede adaptar para perfeccionar constantemente.

Este es un proceso que permitirá tener claro los pasos a seguir para lograr el éxito de la propuesta.

Tabla 26.
Ingreso material pétreo arena de enlucido

Arena de enlucido volqueta de 8m ³					
N°	AÑO	DPI REAL	PRECIO	INGRESO ANUAL	INGRESO MENSUAL
0	2018	4800	\$ 40,00	\$ 153.600,00	12.800,00
1	2019	7680	\$ 40,00	\$ 245.760,00	20.480,00
2	2020	8064	\$ 40,00	\$ 258.048,00	21.504,00
3	2021	8467	\$ 40,00	\$ 270.950,40	22.579,00
Arena de enlucido volqueta 12m ³					
N°	AÑO	DPI REAL	PRECIO	INGRESO ANUAL	INGRESO MENSUAL
0	2018	1440	\$ 60,00	\$ 64.800,00	\$ 5.400,00
1	2019	2400	\$ 60,00	\$ 108.000,00	\$ 9.000,00
2	2020	2520	\$ 60,00	\$ 113.400,00	\$ 9.450,00
3	2021	2640	\$ 60,00	\$ 118.800,00	\$ 9.900,00

Tomado de: (Constructora CONVIALCAR, 2018)

En las tablas 26 se indica los ingresos y la demanda que percibe CONVIALCAR S.A., de ello se proyecta mensualmente a tres años en los cuales se manifiesta el valor económico que recibe y lo que recibirá la empresa con las volquetas de 8 m³ y 12 m³.

Tabla 27.
Ingresos totales

AÑO	INGRESOS TOTALES
0	\$ 218.400,00
1	\$ 353.760,00
2	\$ 371.448,00
3	\$ 389.750,40

Tomado de: (Constructora CONVIALCAR, 2018)

La tabla 27 expone los ingresos totales de la empresa en tres años; se observa un incremento en los ingresos dando una mayor rentabilidad en la actividad que se realiza; sin embargo, hay que analizar los mismos datos con la implementación del proyecto.

4.8. Costos de producción antes de la propuesta

El total de costos de producción se determinó en base a los costos administrativos, y los netos de producción de lo cual se obtiene en la tabla 28.

Tabla 28.
Costos de producción actual

COSTOS DE PRODUCCION	\$ 198.029,09
COSTOS ADMINISTRATIVOS	\$ 83,96
TOTAL, COSTOS	\$ 198.113,05

Tomado de: (Constructora CONVIALCAR, 2018)

El resultado de la tabla 28 indica que el costo de producir los diferentes materiales pétreos es de 198.113,05 USD\$, valores que resulta de analizar todo el proceso incluyendo los costos administrativos, mantenimiento, depreciación de los activos, sueldos y los combustibles de la maquinaria y equipo caminero.

En la tabla 29 se visualiza que existe una reducción en cuanto a costos de producción; al implementar el proyecto los tiempos muertos se reducen y se transforman en tiempo útil para la producción generando mayor ingreso económico.

Tabla 29.
Costos de producción con la propuesta

COSTOS DE PRODUCCION	\$ 168.597,72
COSTOS ADMINISTRATIVOS	\$ 83,96
TOTAL, COSTOS	\$ 168.681,68

Tomado de: (Constructora CONVIALCAR, 2018)

La relación costo- beneficio para el proyecto se demuestra a continuación:

Tabla 30.
Relación costo- beneficio

	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	TOTAL INGRESOS
INGRESOS	\$ 218.400,00	\$ 353.760,00	\$ 371.448,00	\$ 389.750,40	\$1.333.358,40
COSTOS	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	COSTOS TOTALES
OPERATIVO	\$ 198.029,09	\$ 168.597,72	\$ 170.620,89	\$ 172.668,34	\$ 709.916,03
ADMINISTRATIVO	\$ 83,96	\$ 83,96	\$ 84,97	\$ 85,99	\$ 338,88
TOTAL	\$ 198.113,05	\$ 168.681,68	\$ 170.705,86	\$ 172.754,33	\$ 710.254,91

Tomado de: (Constructora CONVIALCAR, 2018)

Esta relación se programa a cuatro años en los cuales se determina los ingresos y costo total del proceso productivo, que evidencia económicamente los beneficios del proyecto.

4.9. Indicador de recuperación

Mediante este indicador se obtiene el beneficio que presenta el proyecto por cada valor invertido.

Para la viabilidad de la propuesta, se debe tener en cuenta la comparación de la relación beneficio-costo (B/C) hallada en comparación con 1, así tenemos lo siguiente:

- B/C > 1 indica que los beneficios superan los costos, por consiguiente, la propuesta del proyecto debe ser considerado por la empresa.

- B/C=1 Aquí no hay ganancias, los beneficios son iguales a los costos.
- B/C < 1, muestra que los costos son mayores que los beneficios, no se debe considerar la propuesta de mejora para la empresa.

A continuación, se realiza el cálculo de la relación beneficio-costos (B/C):

$$\text{RBC} = \frac{\text{Total ingresos brutos del proyecto}}{\text{Total de costos totales del proyecto}}$$

$$\text{RBC} = \frac{\$ 1.333.358,40}{\$ 71.0254,91}$$

$$\text{RBC} = 1,88$$

Realizada la operación se obtiene que la relación beneficio-costos (B/C) es de 1,88 significa que se obtendrá 1,88 dólares en beneficios por cada 1,00 dólar en costos.

Con estos valores se demuestra que la implementación de la zaranda múltiple combinada genera ingresos mayores con un costo menor de producción; además, disminuye los recursos empleados consiguiendo una mayor obtención de material pétreo. El período de recuperación de la inversión (PRI) es corto y se muestra mediante el siguiente cálculo:

$$\text{PRI} = \frac{\text{Inversion neto inicial}}{\frac{\text{Flujo neto efectivo}}{\text{\#Años}}}$$

$$\text{PRI} = \frac{\$ 15.000,00}{\frac{\$ 608.103,49}{4}}$$

$$\text{PRI} = \frac{\$ 15.000,00}{\$ 152.025,87}$$

$$\text{PRI} = 0,10$$

Por lo tanto, este indicador (PRI) período de recuperación de la inversión revela un valor de 0,10; es decir el tiempo en que se va a recuperar lo invertido en la propuesta del proyecto es a los 0 años 1 meses 6 días.

Tabla 31.
Periodo de recuperación

Inversión Inicial	15.000,00
Σ Flujo Neto de Efectivo	\$ 608.103,49
# de Años	4
Periodo de Recuperación de la Inversión	0,10
Periodo en Años	0
Periodo en Meses	1
Periodo en Días	6

Tomado de: (Constructora CONVIALCAR, 2018)

En la tabla 31 se muestra que la inversión para el proyecto es de 15.000,00 USD\$, que se recuperan en un período corto de tiempo dado la rentabilidad de la empresa.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

La investigación implementó un nuevo sistema de trabajo para el mejoramiento del proceso de producción de material pétreo, se evaluó el actual sistema de trabajo; con el nuevo método mostrando un resultado positivo, así también dando a conocer las ventajas y desventajas de los dos métodos planteados.

Mediante la aplicación de esta propuesta se observa resultados positivos; la mejora y eficiencia a la hora de la producción y clasificado de los materiales pétreos; con la implementación del nuevo sistema se alcanzó 100 m³ diarios de producción más que el anterior sistema.

Con la utilización de la metodología SIPOC, se pudo identificar los procesos de entrada, proceso y salida; logrando de esta manera contar con un banco de procesos de la producción de material pétreo, que se utilizó al identificar los puntos críticos de control para la medición.

Se analizó la clasificación y zarandeo de material pétreo, con el fin de generar oportunidades de mejora y determinar costos-beneficio con la aplicación de la propuesta.

Se cumplió a tiempo los requerimientos del cliente; y, una reducción de tiempo tanto para el comprador como para la empresa.

La inversión de la propuesta para el mejoramiento de la producción de material pétreo es de \$ 15.000,00; sin representar un monto de dinero demasiado alto considerando los beneficios y mejoras que se generarían al implementar el nuevo sistema de clasificación y utilización de zarandas combinadas; que ayudara de forma considerable a los ingresos de la constructora en un período corto de tiempo dado la rentabilidad de la empresa.

Se analizó que las actividades realizadas desde que un cliente contrató los servicios hasta la entrega del material pétreo cumplen con los requerimientos del cliente, disminuyendo tiempos de espera y un servicio más eficaz.

Se planteó una propuesta de mejora en el proceso de producción de material pétreo mediante la metodología DMAIC en la constructora CONVIALCAR S.A., que ayudó a identificar las falencias al momento de producir el material requerido por el cliente.

Se identificó y priorizó el uso de los diferentes recursos en la mina de la Constructora CONVIALCAR S.A, que sirve para tener una mayor utilidad para la empresa.

5.2 Recomendaciones

Continuar trabajando en esta propuesta para un crecimiento empresarial y adquirir nuevos clientes con el que se ve favorecido la producción y rentabilidad de la constructora.

Implementar varias zarandas combinadas para lograr una eficiente y eficaz clasificación del material pétreo.

La empresa CONVIALCAR S.A. debe mantener la maquinaria y equipo caminero en buen estado, con sus chequeos al día para prevenir cualquier percance; y, evitar perder tiempo valioso de producción.

Ejecutar mantenimientos preventivos y correctivos planeadas en las zarandas para no tener inconvenientes con la producción de material pétreo.

Poseer un manejo más apropiado de datos de producción, horas de trabajo, descansos y mantenimientos preventivos y correctivos de maquinaria y equipo caminero.

Realizar un estudio adecuado para la ubicación de las zarandas, aumentando la rentabilidad de la empresa; eliminando tiempos muertos, logística inapropiada, desubicación de los empleados; y, lograr una empresa de servicio más amigable satisfaciendo la necesidad de los clientes.

REFERENCIAS

- Cícero Comunicación. (2017). Metodología DMAIC, S.L. Recuperado el 15 de diciembre del 2018 de <https://www.cicerocomunicacion.es/en-que-consiste-la-metodologia-dmaic/>
- Coello, C. (2018). Asociación española para la calidad . Recuperado el 03 de enero del 2019 de <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/diagrama-sipoc>
- Crespo, S. E. (2013). Materiales de construcción para edificación y obra civil. San Vicente, Alicate, España: Editorial Club Universitario.
- Debra, T. (2013). *iSixSigma* . Recupardo el 20 de noviembre del 2018 de <https://www.isixsigma.com/methodology/voc-customer-focus/turning-customer-data-critical-satisfaction-data/>
- GEO. (2014).Gestión de Operaciones. Recuperado el 15 marzo del 2019 de <https://www.gestiondeoperaciones.net/gestion-de-calidad/que-es-el-diagrama-de-ishikawa-o-diagrama-de-causa-efecto/>
- Gómez, A. (2014). Mejora en la calidad del proceso productivo de la empresa de Cantera "Jaramillo" en Huachipan, Hidalgo. México : Universidad Autonoma Querétaro .
- Gupta, A., & Denis, Y. (2016). *Mineral Processing Desing and Operations*. Amsterdam, Netherlands: Elsevier.
- Herbert, J. H., & Urbina, F. P. (2006). Métodos de Minería a Cielo Abierto. (J. Herrera Herbert, Ed.) Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid. Departamento de Explotación de Recursos Minerales y Obras Subterráneas.
- Herrera, J. H. (2007). Diseño de Explotaciones de Cantera. (J. Herrera Herbert, Ed.) Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid.
- Kaizen, L. y. (2015). *CATALEC* . Recuperado el 18 del abril del 2019 de <https://www.caletec.com/otros/sipoc-mapa-de-proceso-a-alto-nivel/>
- Lara, M. (2018). Flujo neto de efectivo. Milenio.
- Legaria, G., & Mesita, L. (2010). "ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA AL PROCESO DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE VIDA SILVESTRE (DGVS) MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAIC DE SIX

SIGMA". México D.F : UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.

- Merli, G. (2012). Gestión de la Calidad: Control Estadístico y Seis Sigma. Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales, 14(2), 269.
- Metallurgist. (2012). Clasificación por zaradas. Recuperado el 10 de octubre del 2018 de <https://www.911metallurgist.com/metalurgia/zarandas-clasificacion-alta-frecuencia/>
- Molina, A. (2017). El PRI: uno de los indicadores que más llama la atención de los inversionistas. Lima: conexionesan.
- Pellegero, X. (2015). APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA "DMAIC" EN LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE CALIDAD. Barcelona : Universitat de Vic.
- Pérez, E., & García, M. (2014). Implementación de la metodología DMAIC Seis Sigma en el envasado de licores en Fanal. Tecnología en Marcha, 27(3).
- playmoneyrace. (2016). *Money Race*. Recuperado el 10 de febrero del 2019 de <http://www.playmoneyrace.com/es/conoce-el-concepto-del-flujo-neto-de-efectivo/>
- procesaminerales. (2012). Procesamiento de minerales. Recuperado el 12 de noviembre del 2018 de: <https://procesaminerales.blogspot.com/2012/08/clasificacion-seca.html>
- Quispe, A. (2012). Características del material. Recuperado el 30 de diciembre del 2018 de <http://usjb.blogspot.com/2013/01/el-producto-y-sus-caracteristicas.html>
- Reales, A. H. (2010). Gestipolis del producto. Recuperado el 04 de febrero del 2019 de <https://www.gestipolis.com/caracteristicas-del-producto-el-product-mix/>
- Riquelme, M. (2018). Web y Empresas. Recuperado de 01 de enero del 2019 de <https://www.webyempresas.com/mejora-continua/>
- Ucañán, R. (2015). Cálculo de la relación Beneficio Coste (B/C). Recuperado el 24 de febrero del 2019 de <https://www.gestipolis.com/calculo-de-la-relacion-beneficio-coste/>
- Váquiro, J. (2010). Periodo de recuperación de la inversión - PRI.
- Vergara, F. (2014). LEY DE MINERÍA. Ley 45, ASAMBLEA NACIONAL, La Comisión Legislativa y de Fiscalización, Quito.

ANEXOS

ANEXO I

ARENA NORMALIZADA NTE INEN 873 Segunda revisión 2017-02

NTE INEN 873

2017-02

ARENA NORMALIZADA REQUISITOS

1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma establece los requisitos para la arena normalizada para su utilización en los ensayos de cemento hidráulico.

2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Los siguientes documentos, en su totalidad o en parte, son indispensables para la aplicación de este documento. Para referencias fechadas, solamente aplica la edición citada. Para referencias sin fecha, aplica la última edición (incluyendo cualquier enmienda).

NTE INEN-ISO 2859-1, *Procedimientos de muestreo para inspección por atributos — Parte 1. Programas de muestreo clasificados por el nivel aceptable de calidad (AQL) para inspección lote a lote*

NTE INEN-ISO 3951-5, *Procedimientos de muestreo para inspección por variables — Parte 5: planes de muestreo secuencial clasificados por el nivel aceptable de calidad (AQL) para la inspección por variables (desviación estándar conocida)*

NTE INEN-ISO 8422, *Planes de muestreo secuencial para inspección por atributos*

NTE INEN-ISO 8423, *Planes de muestreo secuencial para la inspección por variables para porcentaje no conforme (desviación estándar conocida)*

NTE INEN 152, *Cemento portland. Requisitos*

NTE INEN 154, *Mallas y tamices para ensayo. Requisitos*

NTE INEN 195, *Cemento hidráulico. Determinación del contenido de aire en morteros*

NTE INEN 488, *Cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a la compresión de morteros en cubos de 50 mm de arista*

NTE INEN 490, *Cementos hidráulicos compuestos. Requisitos*

NTE INEN 696, *Áridos. Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso*

NTE INEN 857, *Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido grueso*

NTE INEN 2380, *Cementos hidráulicos. Requisitos de desempeño para cementos hidráulicos*

NTE INE 2566, *Áridos. Reducción de muestras a tamaño de ensayo*

NTE INEN 2630, *Cemento hidráulico. Masas de referencia y equipos para determinar masa y volúmenes para su uso en ensayos físicos de cemento hidráulico. Requisitos*

3. TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Para los efectos de esta norma, se adoptan los siguientes términos y definiciones:

3.1

arena 20-30

Arena normalizada, gradada para pasar predominantemente por el tamiz de 850 μm (No. 20) y ser retenida en el tamiz de 600 μm (No. 30).

3.2

arena gradada

Arena normalizada, gradada para pasar predominantemente entre el tamiz de 600 μm (No. 30) y el tamiz de 150 μm (No. 100).

3.3

arena normalizada

Arena de sílice, compuesta en su mayoría de granos de cuarzo casi puro, redondeados naturalmente.

4. REQUISITOS

La arena normalizada debe cumplir los requisitos de la Tabla 1 en lo que respecta a la gradación, a la fuente de arena, y a la ausencia de características indeseables que incorporen aire.

TABLA 1. Requisitos para la arena normalizada

Características Gradación, porcentaje pasante del tamiz:	Arena 20 – 30	Arena Gradada
1,18 mm (No. 16)	100	100
850 μm (No. 20)	85 a 100	
600 μm (No. 30)	0 a 5	96 a 100
425 μm (No. 40)		65 a 75
300 μm (No. 50)		20 a 30
150 μm (No. 100)		0 a 4
Diferencia en el contenido de aire en morteros elaborados con arena lavada y sin lavar, % máx. de aire ^a	2,0	1,5 ^b
Fuente de arena	Ottawa, IL o LeSuer, MN	Ottawa, IL

^a Esta determinación es necesaria cuando se sospecha la contaminación de la arena, como se indica en 6.3.

^b La resistencia a la compresión en morteros según NTE INEN 488 (arena normalizada gradada), fabricados cuando se usa el cemento especificado en NTE INEN 152, NTE INEN 490 y NTE INEN 2380, puede reducirse aproximadamente un 4 % por cada porcentaje de aire en el cubo compactado. Sin embargo, pueden ser necesarias hasta tres amasadas con arena lavada y tres amasadas de arena sin lavar, para detectar una diferencia del 7 % en la resistencia entre morteros elaborados con arena lavada y otros sin lavar.

5. MUESTREO

El solicitante y el ejecutor del método de ensayo en común acuerdo deben definir el plan de muestreo, ya sea:

- por atributos NTE INEN-ISO 2859-1 y NTE INEN-ISO 8422, y
- por variables NTE INEN-ISO 3951-5 y NTE INEN-ISO 8423.

6. MÉTODO DE ENSAYO

6.1 Equipos

6.1.1 Tamices

Los tamices deben ser normalizados, de 203 mm de diámetro, altura completa y de malla de alambre, que cumpla con los requisitos de NTE INEN 154, y de los siguientes tamaños:

- 1,18 mm (No. 16)
- 850 μm (No. 20)
- 600 μm (No. 30)
- 425 μm (No. 40)
- 300 μm (No. 50)
- 150 μm (No. 100)
- 75 μm (No. 200)

6.1.2 Cuarteador de la muestra

El cuarteador de la muestra, los recipientes y la bandeja de alimentación o tolva deben cumplir con los requisitos generales de diseño, listados en el método A, sección Equipos de NTE INEN 2566, excepto que el dispositivo no debe tener menos de ocho conductos que tengan una abertura máxima no mayor a 13 mm y una abertura mínima de tres veces el diámetro de la partícula más grande de arena, en una muestra a ser cuarteada.

6.1.3 Masas de referencia y balanzas

Las masas de referencia y las balanzas se deben ajustar a los requisitos de NTE INEN 2630, según sea apropiado para el tamaño de la masa de la muestra que va a ser determinada.

6.2 Análisis por tamizado

Tamizar la arena manual o mecánicamente como se describe en NTE INEN 696.

En el informe indicar el resultado del análisis por tamizado como un porcentaje total pasante de cada tamiz.

6.3 Procedimiento

Pequeñas cantidades de algunos tenso activos u otros contaminantes producen burbujas de aire en morteros fabricados con arena 20-30, arenas gradadas o ambas. Cuando se sospecha la contaminación, ensayar las arenas con los procedimientos descritos en esta sección para determinar el efecto sobre el contenido de aire o la resistencia.

Puede ser conveniente lavar estas arenas rutinariamente para evitar posibles problemas. Además, el procedimiento de lavado tiende a minimizar la segregación de arena que puede ocurrir cuando la arena se maneja en estado seco.

Obtener una muestra de al menos 2 800 g de una funda de arena completa. Colocar el resto de la arena de la funda en una mezcladora de hormigón de tambor. Añadir suficiente agua para cubrir la arena y mezclar por 2 minutos. Decantar el agua sobre un tamiz de 75 µm (No. 200) y drenar por 2 minutos. Repetir el procedimiento de lavado y drenado por cuatro veces. Inclinar la mezcladora y drenar la arena durante 20 minutos o más. Determinar la masa de la arena húmeda y colocarla en tamaños aproximados de mezcla, en contenedores separados. Secar la arena hasta obtener una masa constante en un horno a 110 °C. Enfriar y ajustar la cantidad de arena seca a la cantidad requerida para un ensayo. Preparar dos amasadas de arena, una "lavada" y otra "tal como se la recibe" para el ensayo de acuerdo con los procedimientos de NTE INEN 195, para arena 20-30 o de NTE INEN 488 para arena gradada.

El ensayo para determinar la introducción potencial del aire de una arena normalizada debe ser realizado en un solo día y por un solo operador.

Arena 20 – 30. Preparar dos mezclas de mortero con arena lavada y dos con la arena "tal como se la recibe" de acuerdo con NTE INEN 195. Comparar el promedio del contenido de aire en los morteros con arena lavada y con arena sin lavar para el cumplimiento con los límites de la Tabla 1.

Arena gradada. Preparar dos mezclas de mortero con arena lavada y dos con la arena "tal como se la recibe" de acuerdo con NTE INEN 488. Cuando los morteros preparados de acuerdo con NTE INEN 488 sean removidos de los moldes, determinar la densidad de un grupo de al menos tres cubos de cada mezcla mediante la determinación de la masa tanto al aire como sumergido en agua. Siguiendo los procedimientos descritos en NTE INEN 857 para peso específico. Determinar la masa de los cubos con aproximación de por lo menos un gramo. Calcular el contenido aparente de aire de la siguiente manera:

$$\text{Contenido aparente de aire} = \left[\frac{D_t - D_m}{D_t} \right] \times 100$$

donde

D_m es la densidad medida (gravedad específica aparente) y

D_t es la densidad teórica del mortero sin aire, g/cm³.

Tener en cuenta que D_t es calculada como la masa total de los ingredientes de una mezcla de mortero dividida para la suma de los volúmenes absolutos de cemento, arena y agua utilizados en la mezcla. Promediar el contenido del aire aparente de dos mezclas fabricadas con arena lavada y compararlo con el promedio similar de los morteros con arena "tal como se la recibe" para determinar el cumplimiento con el límite de la Tabla 1.

7. ROTULADO

7.1 Embalaje

Las arenas normalizadas deben ser entregadas en fundas con capas impermeables, fabricadas con un material que no contamine la arena.

7.2 Marcado

Cada funda debe ser claramente marcada de la siguiente manera: "ASTM C 778 20 – 30, Sand" o "ASTM C 778, Graded Sand" según sea el caso. La fuente y la masa de la arena contenida en la funda, debe ser claramente indicada en cada una.

NOTA. El INEN no se responsabiliza del nombre comercial utilizado en el presente documento, se da como información para la conveniencia de los usuarios.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: **TÍTULO: ARENA NORMALIZADA. REQUISITOS** Código ICS: **91.100.20**
NTE INEN 873
Segunda revisión

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio:	REVISIÓN: Fecha de aprobación por Consejo Directivo 2009-08-14 Oficialización con el Carácter de Voluntaria por Resolución No. 069-2009 de 2009-10-13 publicado en el Registro Oficial No. 64 de 2009-11-11 Fecha de iniciación del estudio: 2015-12-01
---	--

Fechas de consulta pública: 2015-12-17 al 2016-02-15

Comité Técnico de Normalización: **Cemento y Cal**

Fecha de iniciación: 2016-11-24

Fecha de aprobación: 2016-11-24

Integrantes del Comité:

NOMBRES:

Ing. Fernando Villacís (Presidente)
Ing. Freddy Venegas
Arq. Estefanía Loor
Ing. Nadia Pachacama
Ing. Luis Guadalupe
Lic. Évelyn Gutiérrez
Ing. Helder Tenesaca
Ing. Alexander Cadena
Ing. Luis Ortega (Secretario Técnico)

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

CÁMARA DE LA INDUSTRIA DE LA
CONSTRUCCIÓN - CAMICON
SERVICIO DE CONTRATACIÓN DE OBRAS -
SECOB
SERVICIO DE CONTRATACIÓN DE OBRAS -
SECOB
MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS
PÚBLICAS - MTOP
HOLCIM ECUADOR S.A
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL
ECUADOR - PUCE
HORMIGONERA - HORMICRETO
INSTITUTO ECUATORIANO DEL CEMENTO
Y DEL HORMIGÓN – INECYC
INEN – DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN

Otros trámites: NTE INEN 873:2017 (Segunda revisión) reemplaza a NTE INEN 873:2009 (Primera revisión)

La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma.

Oficializada como: Voluntaria
Registro Oficial No. 943 de 2017-02-13

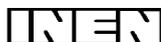
Por Resolución No. 16523 de 2016-12-29

Tomado de: **SERVICIO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN**

ANEXO II

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2 017:94 PIEDRAS NATURALES PARA CONSTRUCCIÓN

CDU: 679-85-693
ICS: 91.100.20



CIU: 2901
CO 02.04-101

Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria	PIEDRAS NATURALES PARA CONSTRUCCIÓN. DEFINICIONES Y CLASIFICACION	NTE INEN 2 017:94 1995-06
<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece las definiciones y la clasificación relativas a las piedras naturales empleadas en trabajos de construcción.</p> <p style="text-align: center;">2. ALCANCE</p> <p>2.1 Esta norma comprende los elementos de piedra natural empleados como componentes en trabajos de mampostería, revestimiento y construcción en general.</p> <p>2.2 Esta norma no comprende los elementos de piedra triturada de dimensiones reducidas que se designan a la construcción de hormigón simple o armado y que están sujetos a las disposiciones de las NTE INEN 694 y 872.</p> <p style="text-align: center;">3. DISPOSICIONES GENERALES</p> <p>3.1 Los términos usados en definiciones y clasificación deben interpretarse de acuerdo con la nomenclatura científico-técnica comúnmente aceptada, excepto en el caso de algunos términos relacionados con el uso industrial y comercial de la piedra.</p> <p style="text-align: center;">4. DEFINICIONES</p> <p>4.1 Piedras naturales para construcción. Fragmentos de roca o material rocoso empleados en construcción, explotados o extraídos, tal como se encuentran en la cantera y que pueden usarse como el bloque de dimensiones definidas para la construcción.</p> <p>4.2 Roca. Material sólido duro que se presenta en forma natural en la tierra, compuesto por la agregación de uno o más minerales, tal como es comúnmente usado y definido en las ciencias geológicas.</p> <p>4.3 Laja. Piedra naturalmente lisa, plana y de poco espesor, en relación a sus otras dimensiones.</p> <p>4.4 Piedra rodada. (canto rodado). Piedra alisada y redondeada a fuerza de rodar impulsada por una corriente de agua, cuyo diámetro aproximado es menor de 15 centímetros.</p> <p>4.5 Molón. Piedra grande sin labrar, de forma irregular o aproximadamente esférica, tal como se extrae de la cantera para su transporte y adecuación y cuyo diámetro aproximado es mayor de 20 centímetros.</p> <p>4.6 Sillar. (Mampuesto). Bloque de piedra canteado y desbastado en forma de paralelepípedo, con dimensiones mayores de 40 centímetros.</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p> <hr/> <p>DESCRIPTORES: Rocas, piedras naturales, definiciones, clasificación, grupos.</p>		

4.7 Sillarejo. Bloque de piedra canteado y desbastado en forma de paralelepípedo, con dimensiones menores de 40 centímetros.

4.8 Chapa. Bloque de piedra labrado por su frente y cuatro costados, destinado a cubrir y revestir un muro de ladrillo, hormigón u otros materiales.

4.9 Losa. Bloque de piedra de forma regular y labrado por una cara que se utiliza para solar o revestimiento de piso.

4.10 Mampostería. Sistema de construcción, en el cual las unidades de piedra que quedan expuestas están trabadas o ancladas entre sí o a elementos de hormigón simple o armado.

4.11 Recubrimiento. Una cubierta protectora o decorativa, aplicada a la superficie o impregnada en la piedra para propósitos tales como impermeabilización, protección contra la intemperie, acción química o desgaste y mejoramiento de la apariencia de la piedra.

4.12 Durabilidad. La medida de la capacidad de la piedra natural para resistir y mantener sus características esenciales y distintivas de resistencia mecánica, resistencia a los agentes atmosféricos y apariencia con relación a una manera, propósito y ambiente de uso.

4.13 Desgaste. El desprendimiento de material o la desintegración del acabado de la superficie debido a agentes atmosféricos, agentes químicos, fricción o impacto en la piedra.

4.14 Meteorización. Alteración natural por procesos químicos o mecánicos debido a la acción de los elementos de la atmósfera, de agua superficiales, de aguas subterráneas, elementos orgánicos o cambios de temperatura

5. CLASIFICACION

5.1 De acuerdo a sus características físicas y mineralógicas las piedras naturales se clasifican en los grupos y clases que se indican a continuación.

5.2 Grupo granito

5.2.1 Granito. (Definición comercial). Una roca visiblemente granular ígnea que generalmente varía en color desde rosa a gris claro u oscuro y que se compone principalmente de cuarzo, feldespato y mica (ver nota 1) acompañada de uno o más minerales oscuros. La textura es típicamente homogénea, pero puede ser de gneiss o de pórfido (ver notas 2 y 3). Algunas rocas granulares volcánicas oscuras, aunque no son propiamente granito, están incluidas en la definición (ver nota 4).

NOTA 1. Granito (definición científica). Una roca cristalina, visiblemente granular, que tienen normalmente una composición esencial de dos feldespatos alcalinos (feldespato potásico y plagioclasa sódico) y cuarzo. El cuarzo puede constituir de 10% a 60% de los constituyentes felsíticos (de colores claros), mientras que los feldespatos alcalinos pueden constituir del 35% al 100% de los feldespatos totales. Además del cuarzo y los feldespatos, el granito contiene minerales como micas negra y blanca, hornblenda y a veces piroxeno.

NOTA 2. Gneiss. Una roca cristalina de grano parecido al granito en su composición mineralógica, con una textura trabada y visiblemente granular en partes y con franjas de mica negra especialmente irregulares entrecortadas manteniendo cierta orientación predominante que lo comunica una foliación irregular. En general, un gneiss está caracterizado por capas relativamente gruesas y toscas el se compara con un esquisto que es de grano más fino y capas alternas regulares. De acuerdo a sus composiciones mineralógicas, los gneiss pueden corresponder a otras rocas cristalinas como dioritas, de textura visiblemente granular, tales como las incluidas bajo la definición de granito comercial.

NOTA 3. Textura porfírica. Una textura definida por granos relativamente grandes (fenocristales) de los componentes minerales que están distribuidos en una masa de granos más finos de los mismos componentes. Los fenocristales de granitos porfíricos generalmente son rectangulares o parcialmente redondeados en su contorno, y pueden ser de algunos centímetros en su máxima dimensión.

NOTA 4. Granito negro. Rocas ígneas de color oscuro definidas por los geólogos como gabros, diabasas y basaltos de textura porfírica que son consideradas como piedras de construcción, revestimiento de construcción monumentos y usos especiales y vendidas como "granito negro". Las composiciones químicas y mineralógicas de tales rocas son completamente diferentes de las de los verdaderos granitos, pero a pesar de esto, los "granitos negros" pueden ser usados satisfactoriamente para alguno de los mismos propósitos del granito comercial

(Continúa)

5.3 Grupo piedra pómez

5.3.1 Piedra pómez. Piedra volcánica esponjosa, de color blanquecino y textura vesicular o esponjosa, de naturaleza silícea (ver nota 5).

5.4 Grupo piedra verde

5.4.1 Piedra verde (definición comercial). Una roca metamórfica foliada, con granularidad pobremente definida, que varía en color de verde medio o verde amarillento o negro (ver nota 6).

5.5 Grupo piedra caliza

5.5.1 Piedra caliza. Una roca de origen sedimentario compuesta principalmente de carbonato de calcio (calcita mineral) o doble carbonato de calcio, y magnesio (dolomita mineral) o alguna combinación de estos dos minerales (ver nota 7).

NOTA 5. Por su estructura esponjosa, la piedra pómez tiene una densidad relativa menor que la del agua, por lo que se emplea como material ligero de relleno o revestimiento interior en la construcción.

NOTA 6. Piedra verde es un término general largamente aplicado a cualquier roca ígnea metamorfoseada de composición básica o ultrabásica como, por ejemplo, basalto, diabasa, gabo, peridotita de color verde. Los minerales dominantes en la piedra verde son silicatos verdes de hierro, magnesio y mineralógicas tales como clorita, actinolita, epidota, serpentina y talco. La piedra verde es generalmente poco consistente. Se fractura irregularmente por su foliación, por lo que es usada poco como piedra de construcción.

NOTA 7. La piedra caliza recristalizada, la piedra caliza compacta microcristalina y el travertino que son capaces de tomar un pulimento están también incluidos en la categoría "mármol comercial" y pueden ser vendidos como piedra caliza y como mármol. La diferencia consiste en que, mientras el mármol conserva su pulimento por muchos años, la piedra caliza y el travertino lo pierden por exposición a la intemperie.

(Continúa)

5.5.2 *Varietades especiales de piedra caliza comercial.*

5.5.2.1 *Calcarenita.* Una piedra caliza compuesta predominantemente de granos clásticos del tamaño de arena de calcita, o a veces de aragonita, comúnmente como fósiles menudos, fragmentos de conchas u otros restos fósiles (ver nota 8).

5.5.2.2 *Coquina.* Una piedra caliza dura compuesta predominantemente de conchas o fragmentos de conchas no alteradas cementados por la calcita (ver nota 9).

5.5.2.3 *Dolómia.* Una roca sedimentaria de carbonato de calcio y de magnesio, con mayor proporción del primero que del segundo.

5.5.2.4 *Piedra caliza microcristalina.* Una piedra caliza que consta principalmente o totalmente de cristales muy pequeños que solo pueden apreciados mediante el uso de instrumentos de ampliación óptica.

5.5.2.5 *Piedra caliza oolítica.* Una piedra caliza compuesta principalmente de las partículas esféricas conocidas como oolitas.

5.5.2.6 *Piedra caliza recristalizada.* Una piedra caliza en la cual un nuevo patrón de cristalinidad ha reemplazado profundamente la orientación del cristal en las partículas clásticas, fósiles o fragmentos de fósiles o cemento intersticial. La nueva generación de cristales, que abarca materiales fragmentarios y de matriz, se extiende a través de los linderos entre los cristales primitivos. Los nuevos cristales generalmente son los mayores que aquellos de la roca original. La evidencia de la textura originales pueden o no ser retenida (ver también 5.6 Grupo de mármol).

5.5.2.7 *Travertino.* Una variedad de piedra caliza cristalizada o microcristalizada de origen hidrotermal, distinguida por una estructura de capas irregulares. Los poros y cavidades están comúnmente concentrados en algunas de las capas, dando origen a una textura irregular.

5.6 Grupo de mármol

5.6.1 La piedra en esta categoría comprende una variedad de tipos de composición y textura, que varía desde carbonato puro hasta rocas que contienen muy poco carbonato, que son clasificadas comercialmente como mármol (por ejemplo, mármol de serpentina). La mayoría de los mármoles poseen una textura entremezclada y una escala de tamaños de granos desde criptocristalina a 5 mm. Todo mármol como el aquí definido debe ser capaz de tomar un pulimento.

5.6.2 *Mármol.* Roca metamórfica compuesta principalmente de carbonatos que ha adquirido una distintiva textura cristalina mediante recristalización, más comúnmente mediante calor y presión durante el metamorfismo y está compuesto principalmente de los minerales de carbonato, calcita y dolomita, individualmente o en combinación.

NOTA 8. Algunas calcarenitas contienen colitas, esto es, pequeños granos esféricos de origen marino que están compuestos de capas concéntricas de calcita y semejan típicamente huevos de varios tamaños. Tales rocas pueden ser denominadas calizas oolíticas, si las oolitas están presentes en cantidades considerables.

NOTA 9. La coquina generalmente es de textura de grano grueso, tiene alta porosidad y se asemeja a un conglomerado de conchas y restos calcáreos marinos.

(Continúa)

5.6.3 Mármol de ónix. Calcita criptocrystalina translúcida, generalmente estratificada con colores en pastel sombra, principalmente blanco, amarillo, pardo o verde (ver notas 10 y 11).

5.6.4 Mármol de serpentina. Una roca compuesta de su mayor parte o totalmente de serpentina (silicato de magnesio hidratado) de color verde, negroverdoso o blanquecino comúnmente veteado con calcita y dolomita, o ambas (carbonato de magnesio) (ver nota 12).

5.7 Grupo de piedra arenisca

5.7.1 Piedra arenisca. Roca sedimentaria compuesta principalmente de fragmentos minerales y de roca dentro del tamaño de la arena (2 mm a 0,06 mm) y que tiene un mínimo de 60% de sílice libre, cementada o aglomerada en mayor o menor grado por diversos materiales que incluyen sílice, óxidos de hierro, carbonatos o arcilla y que se fractura alrededor (no a través) de los granos constituyentes (ver nota 13).

5.7.2 Piedra arenisca cuarcítica. Piedra arenisca que contiene 90% de sílice libre (granos de cuarzo más cemento silíceo) y puede fracturarse alrededor o a través de los granos constituyentes.

5.7.3 Cuercita. Piedra metamórfica altamente endurecida que contiene por lo menos 95% de sílice libre y que se fractura concoidalmente a través de los granos.

5.7.4 Los siguientes tipos de piedra de detritus o clástica se extrae en forma local, pero no tienen importancia comercial.

5.7.4.1 Conglomerado. Una roca sedimentaria compuesta de guijarros redondeados, fuertemente cementados con material calcáreo, silíceo u otros.

5.7.4.2 Piedra sedimentaria. Una roca clástica de grano fino o grueso, no carbonatada, compuesta principalmente de cuarzo, de detritus, de minerales; y de arcilla, en los cuales los granos tienen una escala de tamaños de 0,06 a 0,006 mm. La piedra sedimentaria puede ser designada como piedra arenisca de grano fino, con una textura semejante a la piedra arenisca y al esquisto.

5.8 Grupo de pizarra

5.8.1 Pizarra. Roca metamórfica microcristalina compuesta de minerales de tendencia micácea orientados en posiciones paralelas de modo que dicha roca consta de laminas muy delgadas que imparten una perfecta escisión rocosa a la masa y así permite que se rompa fácilmente en laminas duras y muy regulares (ver notas 14 y 15).

NOTA 10. El mármol de ónix esta formado por precipitación lenta de soluciones generales frías de agua mineral carbonatada (saturación de dióxido de carbono)

NOTA 11. El termino "ónix" empleado para designar el mármol de ónix es erróneo. El verdadero ónix es un sílice cristalina (dióxido de silicio), semejante al ágata que es una piedra semipreciosa

NOTA 12. El termino "verde antiguo" es una popularmente para el mármol de serpentina, pero puede referirse al mármol verde o mármol de piedra caliza libre de serpentina. A causa de su composición, el "mármol de serpentina" no es un verdadero mármol en el sentido geológico.

NOTA 13. Las variedades de piedra arenisca son comúnmente designadas por la clase de materiales aglomerados o intersticiales, como "piedra arenisca silícea" (aglomerante de sílice), "piedra arenisca calcárea (aglomerante de carbonato de calcio y/o granos de detritus), "piedra arenisca arcillosa" (aglomerante de arcilla, incluida "piedra azul"). Las variedades más comunes de piedra arenisca son las siguientes:

a) La "piedra azul" o piedra arenisca densa, de grano fino, comúnmente feldespática de color gris verdoso o gris azulado que puede disgregarse fácilmente a lo largo de los planos originales de estratificación en láminas delgadas o "fajas".

b) La "piedra parda" o piedra densa, de grano medio, de granulometría de conglomerado, con un color que varia desde rojizo a pardo oscuro.

NOTA 14. Los constituyentes minerales esencialmente de las pizarras forman generalmente parte del grupo de la mica, comúnmente sericita, moscovita y aragonita; del grupo de la arcilla, principalmente y caolinita, y del grupo de la clorita. Los minerales accesorios comunes son óxidos de hierro, calcita, cuarzo y feldespato. Otros minerales pueden también estar presentes como accesorios menores.

NOTA 15. La mayoría de las pizarras son derivadas de las arcillas. Otras son derivadas de rocas ígneas de grano fino, principalmente tobas volcánicas, pero estas son raras y de poca importancia comercial, y no están comprendidas en esta norma.

(Continúa)

APENDICE Z

Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 694:1983 *Áridos para hormigón. Terminología*
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 872:1983 *Áridos para hormigón. Requisitos*

Z.2 BASES DE ESTUDIO

Norma ASTM C 119-85 *Standard Definitions of Terms Relating to Natural Building Stones*. American Society for Testing and materials. Philadelphia, 1985

Norma Británica BS 6100. Section 5.2 1984 *Glossary of Building and Civil Engineering terms. Part. 5. Masonry Section 5.2 Stone*. British Standards Institution. London, 1984.

Norma Española UNE 24031 *Definición de elementos de piedra natural para obra de fábrica*. Instituto Nacional de Racionalización del Trabajo. Madrid, 1958.

Félix Orús Asso. *Materiales de Construcción*. Editorial Dossat. Madrid. 1973.

