



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Explotación de materiales para la construcción
de un dique rompeolas de protección de un muelle
marítimo

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

AUTORES

Flores Quino, Leandro Ismael
ORCID: 0000-0003-3329-7595

Palacios Caceres, Luigi Rommel
ORCID: 0000-0001-9927-0307

ASESOR

Valencia Gutiérrez, Andrés Avelino
ORCID: 0000-0002-8873-189X

Lima, Perú

2022

Metadatos Complementarios

Datos del autor(es)

Flores Quino, Leandro Ismael

DNI: 75975825

Palacios Caceres, Luigi Rommel

DNI: 72491008

Datos de asesor

Valencia Gutiérrez, Andrés Avelino

DNI: 07065758

Datos del jurado

JURADO 1

Donayre Córdova, Oscar Eduardo

DNI: 06162939

ORCID: 0000-0002-4778-3789

JURADO 2

Vargas Chang, Esther Joni

DNI: 07907361

ORCID: 0000-0003-3500-2527

JURADO 3

Chavarry Vallejos, Carlos Magno

DNI: 07410234

ORCID: 0000-0003-0512-8954

Datos de la investigación

Campo del conocimiento OCDE: 2.01.01

Código del Programa: 732016

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres, abuelos, hermanas, compañeros y amigos quienes me brindaron consejos, apoyo y conocimientos a lo largo de mis cinco años de estudio.

Flores Quino Leandro Ismael

Esta tesis está dedicada a todos mis seres amados; quienes, en conjunto, han sido el soporte perfecto para nunca decaer y siempre mantenerme firme en cada etapa del proceso del desarrollo de esta tesis.

Palacios Caceres Luigi Rommel

AGRADECIMIENTO

Nuestro sincero agradecimiento a nuestra alma mater, por habernos guiado en nuestra formación profesional y de valores en esta maravillosa carrera; a nuestro asesor, el Ingeniero Andrés Valencia Gutiérrez por todo su apoyo y paciencia en el desarrollo de esta investigación; y a todas personas que de alguna manera nos apoyaron en el desarrollo de la tesis, entre ellos docentes y familiares.

Flores Quino y Palacios Caceres

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	i
ABSTRACT.....	ii
INTRODUCCIÓN	iii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. Descripción del Problema.....	1
1.2. Formulación del Problema.....	3
1.2.1. Problema General	3
1.2.2. Problemas Específicos.....	3
1.3. Importancia y Justificación de la Investigación.....	4
1.3.1. Importancia.....	4
1.3.2. Justificación Teórica	4
1.3.3. Justificación Económica.....	4
1.3.4. Justificación Práctica.....	4
1.3.5. Justificación Social.....	4
1.4. Delimitación del Estudio	5
1.4.1. Delimitación Geográfica	5
1.4.2. Delimitación Temática	5
1.5. Objetivos de la Investigación.....	5
1.5.1. Objetivo General	5
1.5.2. Objetivos Específicos	5
1.6. Estado del Arte	6
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	8
2.1. Marco Histórico	8
2.2. Antecedentes.....	11
2.2.1. Investigaciones Nacionales	11
2.2.2. Investigaciones Internacionales.....	15
2.3. Estructura Teórica y Científica que sustenta el Estudio	19
2.3.1. Explotación de Materiales	19
2.3.2. Extracción.....	20
2.3.3. Transporte Interno	24
2.3.4. Acopio	30
2.3.5. Dique Rompeolas	48
2.3.6. Fase 1: Rocas Quarry Run.....	50

2.3.7. Fase 2: Roca Tipo III.....	50
2.3.8. Fase 3: Roca Tipo I.....	51
2.3.9. Fase 4: Roca Armour Layer.....	52
2.4. Definición de Términos Básicos.....	55
CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS	57
3.1. Hipótesis	57
3.1.1. General	57
3.1.2. Específicos	57
3.2. Variables	57
3.2.1. Definición Conceptual de Variables	57
3.2.2. Operacionalización de variables.....	58
CAPÍTULO IV: MARCO METODOLÓGICO	59
4.1. Tipo de Investigación	59
4.1.1. Enfoque	59
4.1.2. Nivel.....	59
4.1.3. Diseño.....	59
4.1.4. Método	60
4.2. Objeto de Estudio y Muestra	60
4.2.1. Objeto de Estudio	60
4.2.2. Muestra.....	60
4.3. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos	60
4.3.1. Técnicas.....	60
4.3.2. Instrumentos	61
4.4. Descripción y Procedimiento de análisis.....	62
CAPÍTULO V: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	63
5.1. Resultados.....	63
5.1.1. Modelo de Extracción Propuesto	63
5.1.2. Modelo de Transporte Interno Propuesto.....	64
5.1.3. Modelo de Ejecución de Acopio	65
5.1.4. Modelo de Explotación de Materiales.....	65
5.2. Análisis o Discusión de Resultados	66
5.2.1. Análisis del modelo de Extracción.....	66
5.2.2. Análisis del modelo de Transporte Interno	68
5.2.3. Análisis del modelo de Ejecución del Acopio	69

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	70
6.1. Conclusiones.....	70
6.2. Recomendaciones	71
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72
ANEXOS.....	75
Anexo A: Matriz de Consistencia	75
Anexo B: Protocolos o Instrumentos utilizados	76
Anexo C: Tablas de confiabilidad y validez	77
Anexo D: Formatos y otros.....	81
Anexo E: Autorización de consentimiento de la organización, para realizar la investigación.	84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N 1 Dimensiones mínimas de las plataformas de trabajo.....	26
Tabla N 2 Relaciones recomendables entre radio de curvatura, peralte y velocidad	27
Tabla N 3 Valores del bombeo de calzada	28
Tabla N 4 Clasificación de muestras de pruebas	42
Tabla N 5 Caracterización de la muestra según la gradación	42
Tabla N 6 Mejoramiento de acopio de material Quarry Run	47
Tabla N 7 Mejoramiento de acopio de material Tipo I, Tipo III y Armour Layer	48
Tabla N 8 Especificaciones del material Quarry Run.....	50
Tabla N 9 Especificaciones de la Roca Tipo III	51
Tabla N 10 Especificaciones de la Roca Tipo I.....	52
Tabla N 11 Especificaciones de la Roca Armour Layer.....	53
Tabla N 12 Valores requeridos para la conformación del dique rompeolas.....	54
Tabla N 13 Definición de variables	57
Tabla N 14 Operacionalización de variables	58
Tabla N 15 Niveles de Validez de los Instrumentos.....	61
Tabla N 16 Producción de Material Quarry Run	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N 1: Sistema totalmente discontinuo.....	19
Figura N 2: Extracción con excavadora.....	20
Figura N 3: Extracción con Ripper.....	21
Figura N 4: Extracción con Martillo Hidráulico.....	22
Figura N 5: Esquema representativo de voladura con plasma.....	23
Figura N 6: Porcentaje de trabajadores encuestados sobre inconvenientes por problemas de reconocimiento del material explotado	23
Figura N 7: Porcentaje de trabajadores encuestados que creen que una capacitación de reconocimiento de material evita retrabajos en la extracción.....	24
Figura N 8: Porcentaje de trabajadores encuestados que consideran que los tiempos de espera en los frentes de carguío son altos	25
Figura N 9: Porcentaje de trabajadores encuestados que consideran que hay tiempos improductivos debido al diseño de rutas.....	29
Figura N 10: Selección de material Tipo III.....	31
Figura N 11: Porcentaje de trabajadores encuestados que afirman que ha habido observaciones por parte de la supervisión para la mejora de la presentación de los acopios	31
Figura N 12: Letrero de identificación de Acopio para Quarry Run	33
Figura N 13: Formación de banquetas con el material extraído	34
Figura N 14: Delimitación de acopio.....	35
Figura N 15: Porcentaje de trabajadores encuestados que consideran que ha habido material no competente en los acopios	35
Figura N 16: Acopio de Quarry Run homogeneizado	36
Figura N 17: Letrero de identificación de Acopio para Roca Tipo III	37
Figura N 18: Rocas tipo III.....	38
Figura N 19: Ensayo de Macro-granulometría para Quarry Run	39
Figura N 20: Ensayo de determinación del contenido de humedad	40
Figura N 21: Ensayo de determinación de la cantidad de material más fino que N°20041	
Figura N 22: Ensayo de resistencia a la degradación	44
Figura N 23: Ensayo de macro-granulometría de Roca tipo III	45
Figura N 24: Ensayo de prueba de caída	46

Figura N 25: Porcentaje de trabajadores encuestados que afirman que se realizan mejoramientos de los acopios frecuentemente	46
Figura N 26: Acopio de Quarry Run observado	47
Figura N 27: Zonas de construcción del dique rompeolas.....	49
Figura N 28: Material Quarry Run	50
Figura N 29: Roca Tipo III	51
Figura N 30: Roca Tipo I.....	52
Figura N 31: Roca Tipo Armour Layer	53
Figura N 32: Sección típica del dique rompeolas de la zona del Faro.....	54
Figura N 33: Sección típica del dique rompeolas de las zonas Sur, Oeste y Oeste restante	55
Figura N 34: Sección típica del dique rompeolas de la zona Norte.....	55
Figura N 35: Modelo de extracción de materiales	63
Figura N 36: Modelo de transporte interno	64
Figura N 37: Modelo de ejecución de acopio	65
Figura N 38: Modelo de Explotación de Materiales.....	65
Figura N 39: Producción de Roca Tipo III	67

RESUMEN

La investigación presente lleva por título “Explotación de materiales para la construcción de un dique rompeolas de protección de un muelle marítimo” el cual tuvo un enfoque mixto que surge ante el problema de la no disponibilidad de materiales en obra cuando se requieren para la construcción de un dique rompeolas que sirva de protección para la ampliación o construcción de un muelle marítimo.

Para desarrollarlo se formuló el objetivo de proponer un modelo de explotación de materiales en canteras costeras con la finalidad de abastecer eficientemente la construcción de un dique rompeolas de protección de un muelle a través de un análisis documental trabajándolo en un marco teórico, utilizando la metodología hipotético deductivo que nos permitió obtener flujogramas para cada proceso de la explotación y después de un análisis nos llevó a la conclusión que la propuesta del modelo de explotación general abastecería eficientemente el suministro de materiales a la obra principal recomendando su aplicación en una obra de explotación de material para fines similares.

Palabras claves: explotación de materiales, dique rompeolas, modelo, procesos.

ABSTRACT

The present research is entitled "Exploitation of materials for the construction of a breakwater breakwater for the protection of a maritime dock" which had a mixed approach that arises from the problem of the unavailability of materials on site when they are required for the construction of a breakwater breakwater that serves as protection for the expansion or construction of a maritime dock.

To develop it, the objective was formulated to propose a model of exploitation of materials in coastal quarries in order to efficiently supply the construction of a breakwater breakwater for the protection of a pier through a documentary analysis working it in a theoretical framework, using the hypothetical deductive methodology that allowed us to obtain flowcharts for each process of exploitation and after an analysis led us to the conclusion that the proposed general exploitation model would efficiently supply materials to the main site, recommending its application in a material exploitation site for similar purposes.

Keywords: quarrying, breakwater, model, process.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la necesidad de tener una infraestructura marítima más sólida que atienda a las características de demanda del mercado ha ido incrementando por los últimos acontecimientos en el mundo. Es por ello que actualmente se viene realizando obras marítimas que vienen a acortar esta brecha como la construcción de puertos marítimos y ampliaciones de los puertos ya existentes, dentro de estas obras un elemento fundamental son los diques rompeolas de protección necesarios para la ejecución de estas. Para la construcción de los diques rompeolas se necesitan materiales con características específicas que deben ser suministradas por canteras costeras cercanas a la obra.

Un recurrente problema visto en obras de construcción es la no disponibilidad de suministro de materiales para el desarrollo de los proyectos, tratándose de obras de gran relevancia para el desarrollo del país es que nace esta investigación, debido a la importancia de querer mejorar los procesos de explotación para el abastecimiento de los materiales de tal manera que solucionaría los problemas de disponibilidad de los mismos en obra y evitar los retrasos.

La presente investigación tiene como objetivo principal proponer un modelo de explotación de materiales en canteras costeras con la finalidad de abastecer eficientemente la construcción de un dique de protección de un muelle a través de un análisis documentario. Este modelo de explotación de materiales es el resultado de la unificación de modelos planteados para las dimensiones de nuestra variable independiente, lo que ayudaría a las empresas encargadas de explotar las canteras costeras a obtener una mejor producción de estos materiales.

La metodología que se usa para el desarrollo de la investigación tiene un nivel descriptivo y correlacional ya que relaciona los propósitos con las finalidades representadas en las variables independiente y dependientes, teniendo como hipótesis que un modelo de explotación de materiales en canteras costeras abastecería con eficiencia la construcción de un dique rompeolas de protección de muelles. El aporte de esta investigación es presentar un modelo de explotación de canteras costeras para el abastecimiento eficiente de la construcción de un dique rompeolas.

En el capítulo I, se describe la realidad del problema donde se plantea los afectados inmediatos, las posibles causas que origina el problema, los efectos que tendría de ser indiferente ante el problema y las condiciones en la que se manifiesta; para la cual se formuló la operacionalizaron problemática, también se define la importancia, las

justificaciones y la delimitación de la investigación. Así mismo, se plantea el objetivo general y los específicos. Por último, se realiza un cuadro donde se presenta el estado del arte que se emplea para la redacción del inicio del capítulo II que corresponde al Marco Histórico.

En el capítulo II, se desarrolla el Marco Teórico que comprende el Marco histórico, que es la evolución de las variables principales del estudio a través del tiempo, seguido por los antecedentes relacionados con el tema que corresponde a investigaciones nacionales e internacionales, después se organiza las diferentes estructuras teóricas y científicas que ayudan como base y sustento para el correcto desarrollo de la investigación, finalmente se realiza la definición de términos básicos de palabras relevantes en la redacción de la investigación.

En el capítulo III, se plantea la hipótesis general y específicas que son las posibles respuestas a los problemas planteados y luego se realiza la operacionalización de variables donde se muestra las dimensiones e indicadores de la variable independiente y dependiente.

En el capítulo IV, se plantea el Marco Metodológico donde se define el tipo de investigación por su enfoque, nivel, diseño y método; también se describe el objeto de estudio y la muestra de la investigación, seguido por las técnicas e instrumentos de recolección de datos empleados, garantizando su validez y confiabilidad, para finalizar se precisa la descripción y procedimiento de análisis de los datos obtenidos.

En el capítulo V, se formula y se analiza los resultados obtenidos, se constata las hipótesis y se presenta el modelo de explotación a través de flujogramas para así obtener finalmente, en el capítulo VI las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del Problema

En la actualidad las exportaciones en el mundo cada vez requieren una mayor capacidad para su almacenaje, esta actividad es importante para el crecimiento de la economía ya que si los puertos no pueden almacenar la demanda requerida por el mercado estas mercancías llegan a desviarse o por el contrario aumentar su valor causando un impacto negativo en el bienestar social de un país, esta demanda ha sido y está siendo atendida por los diferentes puertos del mundo. Este problema no es ajeno en nuestro país y es por eso que se empiezan a ver esfuerzos en la construcción de nuevos muelles de embarque y desembarque, así como plataformas de almacenaje de contenedores.

Las ampliaciones de los puertos principales en el Perú benefician al país garantizando un flujo de carga eficiente y segura traduciéndose esto en un crecimiento económico ya que se obtendría un comercio exterior más dinámico, facilitando las exportaciones e importaciones de productos hacia todas las regiones. El sector de la construcción encargado de ejecutar estas infraestructuras de gran importancia tiene como uno de sus objetivos principales realizar estas obras en un tiempo establecido, sin dejar de lado la calidad de sus procesos y materiales. El éxito de una obra de construcción está altamente ligada a un proveedor de materiales que le garantice la calidad y el abastecimiento de los mismos en los tiempos programados. Una empresa encargada de la explotación de materiales de una cantera, dentro de sus pilares fundamentales de trabajo se encuentra el contar con eficientes procesos de explotación para asegurar el cumplimiento de los tiempos establecidos, especialmente si son agregados poco convencionales como son los que se utilizan para las construcciones marítimas como espigones o para la construcción de un dique rompeolas que sirva de protección de un muelle.

La extracción de estos materiales tiene diferencias con otros tipos de agregados como son los que se utilizan para concreto o carreteras coloquialmente llamada piedra chancada. Los tipos de materiales que se explotan en la cantera son rocas de pequeño y gran tamaño llamadas: Quarry Run, Tipo I, Tipo III y Armour Layer. Se pudo identificar que, en el proceso de extracción de las rocas tipo I, III y Armour Layer el paso para darles las características geométricas se realiza con accesorios para

excavadoras tales como ripper o martillo hidráulico, y la capacidad del operador de delimitar bien el tamaño en la roca, lo que resulta poco eficiente debido a las características de la roca a explotar y a la cantidad esperada de explotación diaria.

Dentro de todos los procesos que conlleva la extracción de los materiales los operadores de equipos tienen un papel fundamental para asegurar la eficiencia de los trabajos. En el contexto de una cantera un operador de equipo no solo debe ser capaz de operar su equipo con la debida destreza que se requiera para cumplir con las tareas indicadas, si no también debe tener una capacidad de análisis y de atención a los detalles a la hora de clasificar las rocas extraídas en los acopios respectivos. Ya que esta es una de las razones por las cuales un trabajo en cantera se puede retrasar, el acopiar material que difieran de las características necesarias de las rocas a evaluar puede terminar en acopio observado, y por lo tanto desperdiciar rocas y tiempo en levantar dicha observación.

El proceso del transporte interno de las rocas extraídas también resulta parte fundamental de la producción de la cantera, un mal diseño de rutas de los puntos de extracción al punto de acopio puede resultar en demoras en el ciclo de los volquetes lo cual disminuye en la eficiencia de la producción de los materiales. Se identificaron problemas de espacio lo que dificultaba la maniobrabilidad de los volquetes a la hora de salir del punto de extracción hacia el acopio. Además de un mal diseño, el poco mantenimiento de las rutas también llega a causar contratiempos con los volquetes debido al polvo y a los baches que se originan.

El acopio es el lugar donde se clasifica, se almacenan y se liberan las rocas extraídas de la cantera. Un mal acopiado puede conllevar a una no liberación del material, afectando así a la producción de la cantera ya que se convertiría en un espacio desperdiciado y no útil, además de que se invertiría horas maquinas demás en el proceso del levantamiento de las observaciones.

La construcción del dique rompeolas es necesario para la construcción de cualquier obra o ampliación portuaria ya que sirve como protección de la zona de trabajo y de la infraestructura, es por ello que para su realización se divide en construcción de la fase 1, fase 2, fase 3 y fase 4 las cuales pertenecen a cada capa necesaria para la conformación del dique rompeolas, que a su vez se realizan con diferentes tipos de

rocas como son las rocas tipo Quarry Run, Tipo I, Tipo III y Armour Layer mencionadas anteriormente. El explotar de manera eficiente estos materiales resultan primordial para el avance correcto de la obra. Sin embargo, por las características mismas de estas rocas la extracción resulta siendo un reto importante, en muchas ocasiones los problemas de cronograma terminan siendo afectados por la falta de material requerido o por una mala liberación de este, lo que conlleva a retrasos en la ejecución de la obra principal en este caso la construcción de un dique rompeolas.

En términos generales la obra principal de la construcción de un dique rompeolas está altamente relacionada con la obra de explotación de materiales, mantener los problemas descritos en la obra de explotación podría traducirse en atrasos del cronograma de obra y en el aumento del presupuesto planificado de la obra principal.

Por los motivos anteriormente redactados, la presente tesis tiene como propósito mejorar los procesos de explotación de materiales con la finalidad de abastecer eficientemente los procesos de construcción del dique rompeolas mencionado lo que nos conlleva a formular operacionalmente el problema.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

¿De qué manera se mejoraría el proceso de explotación de materiales en canteras costeras con la finalidad de abastecer eficientemente la construcción de un dique rompeolas de protección de un muelle?

1.2.2. Problemas Específicos

- a) ¿De qué manera se mejoraría el proceso de extracción de materiales de las canteras para el eficiente abastecimiento en la construcción de la fase 1, 2, 3 y 4 de un dique rompeolas?
- b) ¿Cómo se agilizaría el transporte interno de materiales en canteras costeras para el eficiente abastecimiento en la construcción de la fase 1, 2, 3 y 4 de un dique rompeolas?
- c) ¿Cómo se ejecutaría el acopio de los materiales extraídos de las canteras costeras que servirán para el eficiente abastecimiento en la construcción de la fase 1, 2, 3 y 4 de un dique rompeolas?

1.3. Importancia y Justificación de la Investigación

1.3.1. Importancia

Es importante porque la investigación pretende aportar modelos de los procesos que comprenden la explotación de materiales de una cantera utilizando un análisis documental, con esto se quiere que las empresas encargadas de realizar estas actividades tengan una referencia a la hora de implementar sus modelos de procesos extrapolar las conclusiones obtenidas en la finalización de la investigación.

1.3.2. Justificación Teórica

Se justifica porque se pretende ahondar en los conceptos de las variables de estudio y además se aplicarán diferentes teorías proporcionadas de un análisis documental para proponer los modelos en los procesos de explotación.

1.3.3. Justificación Económica

Se justifica porque los modelos que se propondrán en esta investigación servirán para la explotación de materiales que tiene como fin la construcción de un dique de abrigo para muelles y plataformas de contenedores la cual son insuficientes en el país, al no haber dichas estructuras el capital extranjero se desviaría hacia otros países con mejor infraestructura portuaria y mayor capacidad de almacenaje.

1.3.4. Justificación Práctica

Se justifica porque con los resultados obtenidos se pretende extrapolarlas a obras similares del estudio con el fin de conseguir resultados positivos en cuanto a la mejora en los modelos de los procesos en la explotación de materiales de una cantera.

1.3.5. Justificación Social

Se justifica porque la investigación se basa en proponer un modelo de explotación de materiales que permita a la obra central estar abastecida de material necesario para la construcción del dique y no contar con contratiempos. Este tipo de obras son fundamentales en la economía de cualquier país y se encuentran altamente relacionadas con el bienestar social.

1.4. Delimitación del Estudio

1.4.1. Delimitación Geográfica

La presente investigación será desarrollada sobre canteras costeras que están ubicadas en el Perú, que tengan las características específicas para el suministro de materiales de calidad para obras de diques rompeolas de abrigo que pueden servir tanto como para una ampliación de un puerto existente como para la construcción de uno nuevo.

1.4.2. Delimitación Temática

Esta investigación se centra en la identificación y la propuesta de mejoras para un modelo de explotación de materiales para canteras costeras a través de un análisis documental.

1.5. Objetivos de la Investigación

1.5.1. Objetivo General

Proponer un modelo de explotación de materiales en canteras costeras con la finalidad de abastecer eficientemente la construcción de un dique rompeolas de protección de un muelle a través de un análisis documental.

1.5.2. Objetivos Específicos

- a) Proponer un modelo del proceso de extracción de materiales en canteras costeras para el eficiente abastecimiento de la construcción de la fase 1, 2, 3 y 4 de un dique rompeolas.
- b) Proponer un modelo del proceso de transporte interno de materiales en canteras costeras para el eficiente abastecimiento de la construcción de la fase 1, 2, 3 y 4 de un dique rompeolas.
- c) Proponer un modelo del proceso de ejecución del acopio de los materiales en canteras costeras para el eficiente abastecimiento de la construcción de la fase 1, 2, 3 y 4 de un dique rompeolas.

1.6. Estado del Arte

Objetivo General:	Proponer un modelo de explotación de materiales en canteras costeras con la finalidad de abastecer eficientemente la construcción de un dique rompeolas de protección de un muelle a través de un análisis documental.			
Autor	Año	Institución	Título	Resultado
Víctor Carlotto Ruth Shady Daysi Manosalva Teresa Velarde Angel Neyra	4600-4100 A.C.	Sociedad Geológica del Perú	Las canteras y los minerales utilizados en la ciudad sagrada Caral. (2010)	Este documento nos muestra y describe los materiales líticos que se emplearon en la ciudad de Caral, también relata sobre las técnicas de explotación en las canteras en ese periodo.
Jason Michael Farr	27 A.C – 476 D.C.	Universidad de Michigan	Lapis Gabinus: Tufo and the economy of urban construction in ancient rome. (2013)	Se investiga sobre el papel de las canteras en la economía urbana en Roma, por lo que se exploró entre otras cosas los métodos utilizados en la extracción de piedra y los frentes de canteras.
McMillan, A.A. Gillanders, R.J. Fairhurst, J.A.	1850	Edinburgh: Edinburgh Geological Society	Building stones of Edinburgh: quarrying methods (1999)	Se describe los trabajos que se realizaban para la producción de piedra y relatan nuevas técnicas en el uso de la pólvora para la fragmentación de la roca.
Thomas A. Hethmon Kyle B. Dotson	1960	MTAS España	Enciclopedia de Salud y seguridad en el Trabajo CAP 74 Minas y canteras, subsección 74.20 Minas a cielo abierto (1998)	Es una sección donde se describe y analiza el inicio, los procesos y las maquinarias empleadas en una minera de cielo abierto con un enfoque hacia la salud y la seguridad.
Brian S. Fisher Sabine Schnittger	1960-1970	BAECONOMICS	Tecnologías de Operación Autónoma y Remota en la Industria Minera. (2012)	De este informe presentado se habla sobre la mejora en cuanto a la automatización de los equipos y sistema en la minería.
César Vidal Miguel A. Losada Raúl Medina Iñigo Losada	1973-1978	Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas, U. Cantabria	Análisis de la estabilidad de diques rompeolas (1994)	En este artículo se presenta una revisión histórica de los métodos de calculo que se utilizaron para el diseño de los diques rompeolas.
Medina, J.R. Vidal, C.	80s	Universidad Politécnica de Valencia	Diseño y construcción de diques rompeolas (2014)	El paper describe la evolución de las técnicas de diseño de los diques y de algunos equipos y técnicas constructivas que los han impulsado. Se analiza métodos y técnicas de cada época para explicar la evolución en la manera de diseñar y construir grandes diques en talud a lo largo del tiempo.

Sigurdur Sigurdarson Omar Bjarki S. Gisli Viggosson	80s	International Conference on Coastal Engineering, ICCE2000, Sydney	Design Considerations of Berm Breakwaters (2000)	El paper describe el desarrollo de los diques rompeolas tipo bermas estables dinámicamente y mencionan lo importante que fue en la década de los 80s una buena selección de las canteras.
Damian Giurco Timoteo Prior Gavin Mudd Lea Mason Johannes Behrisch	1990- 2000	Universidad Tecnológica de Sydney y Departamento de ingeniería civil de la Universidad de Monash	Minerales Pico en Australia: Una revisión del cambio, impactos y beneficio. (2010)	De este documento se revisa el uso y la extracción de los recursos minerales en Australia, de entre todo también señalan los factores importantes para que la minería a cielo abierto crezca.
Bellamy Drew Pravica Luka	2010	The International Journal of Minerals Policy and Economics	Assessing the impact of driverless haul trucks in Australian surface mining.	En este paper se evalúa propuesta de camiones de acarreo automatizados, señalando la dificultad de la implementación de estas tecnologías y de cómo pueden cambiar la rentabilidad de minas que se pensaban no rentables.
CCM	2018	Consejo de competencias mineras	Impacto de las nuevas tecnologías en las Competencias Requeridas por la Industria Minera	En este informe se muestra el nivel de uso de las tecnologías actuales y el futuro que le depara a la minería a cielo abierto.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Marco Histórico

El asentamiento urbano más antiguo de América es La ciudad Sagrada de Caral (4600-4100 A.C.) cimentada sobre estructuras de piedra para ello se hicieron de este material a través de canteras ubicadas en la misma ciudad y sus alrededores. El material extraído principalmente fueron las dioritas, estas rocas se hallaron fracturadas, lo que facilitó el trabajo de extracción. Para la separación de los bloques se utilizó los mismos bloques de rocas que presentaban un tamaño menor, estas se introducían en las fracturas para ir separando gradualmente. Otro método que también se utilizó para la separación, fue el uso de troncos de madera que eran remojadas en agua para que de esta manera se produzca el hinchamiento y la separación gradual de los bloques. Los constructores de Caral en cada fractura que se iba produciendo introducían las piedras de menor tamaño a manera de cuñas, la explotación también se realizaba a manera de terrazas, aprovechando en este caso las fracturas horizontales. En el caso del pulido de las rocas se realizaron tanto en las canteras como en la misma ciudad, sin embargo, muchas de ellas debido a su propio fracturamiento ya tenían un pulido natural. (Carlotto, Shady, Manosalva, Velarde & Neyra, 2010)

El procedimiento de la explotación de piedra en la antigüedad como en Roma (27 A.C – 476 D.C.) consistía en un proceso a cielo abierto, teniendo en cuenta la estratificación natural. Utilizaban herramientas de hierro como martillos, picos, cuñas, cinceles, limas. Con los picos de hierro delimitaban la piedra según el tamaño que requerían, clavaban las cuñas de metal con mazos para formar las grietas y extraer la piedra suelta. También utilizaban técnicas donde se introducían en las grietas naturales y poco profundas, cuñas de madera seca envueltas en tela y expandirlas con agua para ayudar a formar una grieta mayor. Tenían en cuenta siempre dejar suficiente piedra en exceso para poder ser transportada sin dañarse, pero no demasiada como para que el transporte se encareciera. (Farr, 2013)

James Gowans introdujo una nueva técnica que se decía que era una mejora en el método de acuñamiento tradicional en su cantera en Redhall alrededor de 1850. Se perforó una fila de agujeros de 7,5 a 10 cm de diámetro de profundidad considerable a una distancia adecuada del frente de la cantera. Luego, estos se cargaron con pólvora

y se dispararon simultáneamente con una batería eléctrica. (McMillan, Gillanders & Fairhurst, 1999)

Se sabe que, hasta la Segunda Guerra Mundial los diseños de las obras de abrigo se realizaban siguiendo la metodología de “Prueba y error”; en Occidente los diques eran sobre todo rompeolas como precaución a la falla de algunos diques monolíticos que se construyeron en el S. XIX. En Japón se siguió trabajando con diques monolíticos más que todo por la dificultad del acceso de piedras de gran tamaño. En 1938 Ramón Iribaren presenta la primera fórmula para el cálculo del peso de las piedras del revestimiento o manto principal de los diques en talud, esta fórmula se sigue utilizando hasta la actualidad, aunque con algunas variaciones.

Según Thomas A. Hethmon y Kyle B. Dotson el coste del transporte interno en las minas no metálicas suele estar por encima al 50% del coste total de la operación de la mina. Es por ello que después de 1960 se cambia la manera de acarrear los materiales; se pasa de un transporte por medio del ferrocarril, que era lo que predominaba hasta esa época, por un método a través de camiones lo que permitía mayor flexibilidad de funcionamiento y reducir los elevados costes de esta actividad.

En los años de 1960-1970 se empezó a inventar e incorporar los primeros equipos automatizados como los taladros automatizados, rieles de transporte y máquinas cortadoras de mineral controladas a distancia. En la minería a cielo abierto una mayor capacidad de la maquinaria redujo considerablemente el “tiempo de ciclo” requerido para que el equipo realice su trabajo. (Fisher & Sabine, 2012)

El cierre del Canal Suez y la crisis del petróleo de 1973 provocaron un aumento progresivo del tamaño de los petroleros y con ellos el de los diques de abrigo. En 1978 el dique de Sines falló totalmente lo que da pie a que la integridad estructural de las piezas y la irregularidad del oleaje real sean los primeros temas importantes a tener en cuenta. (Vidal, Losada, Medina y Losada, 1994)

En la década de los 80s surgió el concepto de “diques berma estables dinámicamente” o llamado dique berma islandés, constituido por un núcleo de piedra pequeña y una berma de piedras grandes. El dique berma islandés es construido exclusivamente de piedra y tiene una aplicación idónea en lugares remotos donde se dispone de buenas

canteras capaz de proveer cantidades importantes de piedras de gran tamaño (hasta 20t a 30t). (Medina y Vidal, 2014)

Es por eso que en estos años (80s) en los proyectos de rompeolas de puertos en Islandia la predicción del rendimiento de las canteras tuvo un rol importante ya que se demostró que con una buena selección de la cantera se garantizaba el éxito de estos proyectos, tanto que el diseño final se adapta para adaptarse a la cantera seleccionada. La selección de canteras tiene como objetivo suministrar rocas que tengan las mejores características para adaptarse a las condiciones de ola del sitio a construir y al mismo tiempo, minimizar costos de transporte y la perturbación ambiental. (Sigurdarson, Bjarki & Viggosson, 2000)

Es así como con el paso del tiempo en la década de los 90s se empezaron a crear nuevos equipos con tecnología más avanzada con el fin de incrementar notablemente la eficiencia en los procesos de extracción, una de estas mejoras se logró con la mejora de las capacidades de carga útil de los camiones que pasaron de 25 toneladas a unas 400 toneladas en la actualidad, además del uso de explosivos más seguros y baratos. (Giurco, Prior, Mudd, Mason & Behrisch, 2010)

La minería a cielo abierto presenta una de las adopciones más lentas de las nuevas tecnologías, esto puede reflejar lo complejo y retador que resulta trabajar en entornos a cielo abierto y los obstáculos tecnológicos asociados en implementar una automatización efectiva. (Bellamy & Pravica, 2010)

La innovación en la minería de cielo abierto es más complicada en el sentido de que existen muchas más variables, como la movilización de los vehículos y de otros objetos que comparten el mismo espacio de trabajo, y de que este tipo de minería se encuentra condicionada a factores ambientales y climáticas.

La innovación y crear nuevas alternativas de solución con las tecnologías actuales no es un proceso sencillo, sin embargo, a pesar de ello el sector de la minería ha ido aumentando en el último tiempo y se han tratado de implementar las tecnologías propias del siglo XXI en la industria.

Si el propósito es dar un giro al uso de la tecnología autónoma, no basta solo contar con equipos autónomos, sino que las empresas deben cambiar el diseño de las operaciones actuales, conocer los cambios en el negocio

que esto producirá, así como también los cambios en las competencias de los trabajadores que tendrá la incorporación de esta tecnología. Dentro de este contexto, el término automatización se erige como el estandarte de esta nueva forma de enfrentar el trabajo. (CCM, 2018).

2.2. Antecedentes

2.2.1. Investigaciones Nacionales

Taype (2016). En su estudio “Diseño de explotación de cantera para agregados, Distrito de Huayucachi” tiene como objetivo general diseñar la explotación de una cantera ubicada en el distrito de Huayucacahi para extraer materiales de calidad para concreto. Y como uno de sus objetivos específicos presenta la de determinar el método y sistema de explotación para extraer agregados del río Mantaro.

El autor escoge un método de explotación conocido como “cielo abierto” debido a que, se puede colocar las instalaciones de cantera al interior de la zona de explotación (hueco), propone la instalación de un sistema de cintas transportadoras, este método permite también tener un transporte horizontal del material y por último menciona que disminuye los costos de drenaje y bombeo; las pistas deben estar diseñadas a dos aguas para conseguir una efectiva escorrentía hacia las cunetas o bordes laterales escogiendo un bombeo de 3% y para el diseño del drenaje propone la excavación de una zanja de sección trapezoidal para que el agua encuentre su cauce naturalmente por diferencia de niveles y evitar un bombeo constante.

El sistema propuesto se trata de un “Sistema totalmente discontinuo”, es el más usado para métodos a cielo abierto en canteras porque permite una gran flexibilidad y versatilidad, se caracteriza por tener una operación de arranque con equipos discontinuos y el transporte se efectúa a través de volquetes.

Comentario:

Esta investigación es relevante para la nuestra debido a que nos proporciona información acerca de nuestra variable sobre explotación de materiales, nuestras dimensiones de extracción y transporte interno ya que nos habla acerca de qué tipo de explotación se realizó, maquinaria utilizada y algunos

parámetros de diseño para las trochas que se utilizaran para el transportar material a los acopios.

Herrera (2019). En su investigación “Explotación de la cantera Papujune para el abastecimiento de los agregados a las operaciones de la mina Quellaveco” tiene como objetivo general determinar las actividades necesarias para la explotación de la cantera de agregados Papujune y poder satisfacer el requerimiento de material agregado de la mina Quellaveco. Y como uno de los objetivos a analizar tiene el de determinar el sistema de explotación y maquinaria necesaria para la explotación de la cantera.

Para el proceso de la extracción no se emplea el método de voladuras debido a las características de la cantera Papujune (sedimentarios Terciarios – Cuaternarios sueltos) en cambio se utiliza el método de corte simple es decir que se emplea el arranque por un bulldozer (terreno duro) o por una excavadora (terreno suave), con una distribución del método de explotación promedio de 1 banqueo, de los cuales se estima una altura de banco de 5.8 m en cada banqueo. Plantea una pendiente máxima de 8% para los accesos donde pasaran maquinaria con material cargado, para zonas donde no tenga fines de acarreo sugiere una pendiente de hasta 12%. Al igual que en el primer antecedente se emplea un sistema totalmente discontinuo.

Comentario:

Esta investigación al tener unos procesos similares a la primera investigación nos demuestra el camino por el que se van formando los procesos hoy en día, lo que nos permite tener ejemplos del cómo se realiza este ciclo. También nos brinda propuestas de parámetros en el diseño de las rutas de transporte.

Pauca (2019). De acuerdo a su investigación “Selección y reemplazo de equipo de acarreo para optimizar tiempos y reducir costos operativos - mina parcoy consorcio minero horizonte - JJD Contratistas S.A.C.” tiene como objetivo general la de seleccionar y reemplazar los volquetes FMX 6x4R 440 por FMX 8x4R 480, para el acarreo de mineral y desmonte en la mina Parcoy, con el fin de optimizar tiempos y reducir costos operativos. Dentro de sus objetivos específicos tiene como meta realizar estudios de tiempos del ciclo de acarreo y

desmonte, definir la capacidad máxima de carga de los equipos, la optimización de la flota de acarreo y por último la mejora de la eficiencia de los equipos.

En la investigación se destaca que existen pocas cámaras de pase y demasiada flota vehicular, por lo que proponen reducir el número de equipos de acarreo, sin dejar de lado el volumen total que se mueve diariamente en la mina Parcoy de mineral y desmonte, es por eso que se aumenta las eficiencias y rendimientos de los equipos, mediante una reducción de tiempos muertos durante la ruta de acarreo. Del análisis de la situación en que se encontró la mina se observó que los volquetes empleados tenían una capacidad pequeña respecto a la cantidad de producción programada, por esta razón empleaban más unidades que saturaban el acceso al material.

El investigador señala como tiempos improductivos en el proceso de transporte interno a: la espera al volquete por parte del scoop (maquinaria pesada como un cargador frontal), cola de volquetes (espera scoop), reparaciones mecánicas y capacidad nominal de volquetes.

Para el cumplimiento de los objetivos propone acciones de acuerdo a la cantidad de producción programada como: la disminución de traslados innecesarios, facilidades a los operadores de scoop para su ingreso y salida, abastecimiento de petróleo cerca de la labor, desmontera en interior mina, mantenimiento de vías y por último la disminución de la flota de volquetes para el transporte de mineral y desmonte, de 20 volquetes Volvo 6x4R a 14 volquetes Volvo FMX 8X4R. Como resultado se tiene que se mejoró el rendimiento de la flota de 20 TM/h a 25 TM/h incrementándose de esta manera en un 25%.

Comentario:

De esta investigación podemos deducir que uno de los procesos críticos e importantes es el transporte interno de los materiales, trabajar en la mejora de su ciclo de trabajo es uno de los objetivos que se tiene en la presente investigación. El investigador demostró lo fundamental que es optimizar la flota, pero no por cantidad si no por capacidad, mantenimiento y análisis de los tiempos improductivos lo que le llevo a incrementar el rendimiento en un 25%.

Calua (2019). Presenta una investigación titulada “Propuesta de minimización de tiempos improductivos para una mayor producción en carguío y acarreo en Cia. Minera Coimolache S.A.” donde tiene como objetivo realizar una propuesta de minimización de los tiempos improductivos que hay en el proceso de carguío y acarreo en Cia. Minera Coimolache, determinando cuanto es la reducción de los tiempos improductivos durante el proceso de carguío y acarreo.

Se indica que el tiempo de ciclo en carguío se ve afectado por la ubicación del camión o la ubicación de los acopios. Uno de los principales problemas para el planeamiento de operaciones mineras a cielo abierto que señala el autor se circunscribe a una selección óptima en la combinación de volquetes (pala-camión) para así minimizar el costo y tiempo de transportar cantidades de material desde las labores de la mina hacia su destino. Para esta investigación se maneja los siguientes indicadores de gestión en carguío: tonelaje cargado, cargas realizadas por la pala, tiempo de cuadrado de volquetes en la pala y tiempo de excavación de la pala; para la gestión en acarreo se tuvo los siguientes indicadores: tonelaje transportado, ciclos realizados, distancia recorrida, tiempo promedio de cuadrado en pala y tiempo de espera en palas.

Se observó que la demora operativa en la que más se incurría era la de cola en frente de carguío. Por lo que el autor propuso que en las operaciones de carguío y acarreo se deben evitar las colas las cuales reducirán en gran cantidad el total de tiempo de demora y en consecuencia aumentarán las horas operativas. Con la minimización de los tiempos improductivos a un tiempo menor o igual a 3 min se garantiza el aumento de producción aumentando en 3% el porcentaje de utilización, 10% en carguío y 3% en acarreo.

Comentario:

De esta investigación se puede plantear que al igual que en la investigación de Pauca el problema en el que coinciden donde se generan tiempos improductivos es la cola en el frente de carguío, por lo que reducir estos atascos es uno de los objetivos que tiene para así aumentar la producción. Esto se tuvo

en cuenta a la hora de proponer los modelos planteados en cuanto al proceso del transporte interno.

Arce y Bringas (2020). En su investigación “Incidencia de la tecnología plasma en la variación de los efectos de las vibraciones producidas por operaciones de voladura en minería superficial, Cajamarca, 2020” tiene como objetivo general la de determinar la incidencia de la Tecnología Plasma en la variación de los efectos de las vibraciones producidas por operaciones de voladura en minería superficial, y entre sus objetivos específicos se encuentra la de determinar la variación de los efectos de la vibración en operaciones de voladura, mediante el análisis comparativo de resultados entre el método tradicional con el uso de explosivos y mediante la tecnología plasma.

En esta investigación se plantea evaluar los efectos de las vibraciones producidas por el método de voladura convencional frente al uso de la tecnología plasma, a través de mediciones con sismógrafos instalados en zonas cercas al área de explosión. Con los datos recopilados se pudo concluir que el uso de la tecnología de la fragmentación de roca con plasma incide en la disminución del efecto de las vibraciones en operaciones mineras superficiales, esta disminución de las vibraciones corresponde de hasta un 75% con respecto a la voladura convencional.

Comentario

Esta tesis nos proporciona datos sobre la dimensión de extracción, también ayuda a que nuestra propuesta de plantear la tecnología de plasma para la fragmentación de roca en canteras costeras se vea reforzada con los datos obtenidos sobre la reducción de la vibración, ya que esto conlleva a no generar niveles de ruido que perturban al personal de las canteras ni a los pueblos aledaños.

2.2.2. Investigaciones Internacionales

Abril (2019). Según su tesis “Sistema de Gestión del Proceso Productivo de Agregados Aplicado a la Cantera Borcons” tiene como objetivo principal diseñar un sistema de gestión del proceso productivo de una cantera orientado a las líneas de producción que posibilite la potenciación de la producción de

agregados. Dentro de sus objetivos específicos tiene la de proponer una metodología de mejora de procesos que potencie la gestión de los procesos de producción de agregados.

Para realizar su propuesta de gestión comenzó identificando los procesos productivos existentes que eran: primero la perforación y voladura, segundo la clasificación, fractura y transporte, y el tercero los procesos de trituración, cribado y almacenamiento. Luego mediante diagramas de flujo desarrollaron las líneas de producción por proceso y la distribución organizacional de la empresa. También realizó un inventario de equipos por proceso, luego la identificación del personal que interviene en cada proceso conociendo sus funciones, su formación y otros aspectos administrativos. Además, utiliza una metodología cualitativa a través de entrevistas y trabajo participativo donde se identificaron las funciones y responsabilidades de cada cargo, con lo que construyeron manuales de funciones y descripción de cargos. Después evaluó el organigrama organizacional desactualizado, para una nueva propuesta para el año de la investigación que en este caso sería 2019. Por último, evaluó y rediseño el sistema de registro de información de entrada y salida en las diferentes etapas que constituyen cada línea de producción por procesos, para así diseñar una estructura base con la que desarrolló un sistema web de información que facilite la gestión de los procesos productivos.

El investigador desarrolla tres diagramas de flujo el primero para los procesos de perforación y voladura, el segundo para la clasificación, fractura y transporte y el tercero se enfocó en los procesos de trituración, cribado y almacenamiento. Estos diagramas resultaron de los análisis al proceso productivo, detallando las secuencias de cada proceso lo que permite identificar en donde se puede proponer mejoras, optimizar recursos, corregir errores de procesos, replanteo de información, creación de inventarios, etc.

Concluyeron que es importante desarrollar estos flujogramas ya que con una representación visual de los procesos se pueden identificar errores y proponer mejoras, también que con el sistema de gestión propuesto logró un 20.47 % de mejoras en el proceso de producción de agregados de la empresa, determinándolo mediante los costos que inciden en los puntos críticos: diseño

de la plataforma de trabajo, planificación y diseño de vías, plan de mantenimiento; frente a la capacidad de producción de agregado que tiene la planta trituradora.

Comentario:

De acuerdo a esta investigación se entiende de la importancia de tener modelos visuales que permitan identificar los procesos y a los encargados de todo el ciclo de explotación, esto para permitir a las personas encargadas de tener un control sobre el flujo de los procesos y hallar los principales problemas que se pueden encontrar para así poder proponer soluciones que mantengan estos procesos actualizados y eficientes.

Guerra-López y Montes de Oca-Risco (2018). En su investigación titulada “Relación entre la productividad, el mantenimiento y el reemplazo del equipamiento minero en la gran minería”, tiene como objetivo establecer la relación entre la productividad, el mantenimiento y el reemplazo del equipamiento minero en la minería a gran escala, para que así se pueda plantear estrategias para la adquisición de maquinaria en el tiempo preciso, evitando reducciones de productividad e incrementos de costos operativos.

Para hallar esta relación que los autores pretenden establecer se realiza una descripción del flujo tecnológico de la mina, se caracteriza el equipamiento que intervienen en los procesos de explotación, se evalúan las condiciones bajo las que se realiza el reemplazo de maquinarias y afectaciones que las deficiencias en este proceso provocan al coste de operaciones. El resultado más relevante que ellos describen es el índice de productividad total del equipamiento de transporte, de excavación – carga y buldóceres al 6to año de explotación, cuyos valores fueron de 51.72%, 48.88% y 55.51% respectivamente, lo que reflejo una reducción de la productividad del parque de máquinas entre el 44% y el 51%. Las causas que se detectaron para justificar esta reducción de la productividad fueron la de la disponibilidad técnica, deficiencias en el cumplimiento de los planes de mantenimiento y adquisiciones de nuevos equipos en momentos equivocados. Concluyen también en que la planificación y ejecución del mantenimiento ejerce gran influencia en la operatividad de los

equipos conforme avanza los años de explotación, aunque este no puede garantizar valores de productividad y costos operativos óptimos a medida de estos envejecen, por lo que el estudio de su comportamiento junto al estudio del índice de productividad total, es un buen indicador para la decisión de reemplazo.

Comentario:

De acuerdo a este estudio se observa como con el pasar de los años la productividad de los equipos se reduce, por lo que una buena planificación y control de las maquinarias a través de índices de productividad se pueden tomar decisiones sobre el cambio o la continuación del mantenimiento a fin de no reducir la productividad, esto es importante de tener en cuenta en nuestros procesos ya que la eficiencia de la explotación recae en un porcentaje importante en los estados de operatividad de las maquinarias.

Zhou, Xie & Feng (2018). De su paper “Métodos de rotura de roca para sustituir la voladura” describe métodos que funcionan como alternativa a la voladura tradicional. Se habla de que el método de voladura tradicional presenta una gran eficacia con un coste relativamente bajo, pero presenta desventajas con respecto a la vibración asociada, rocas volantes y la producción de gases tóxicos lo que ha hecho que los países desarrollados comiencen a estudiar la seguridad de la voladura.

En este paper se presentan diferentes métodos, entre ellos la fragmentación con plasma, y sus avances para romper la roca de forma segura. Idealmente, la rotura segura de roca tendría poca vibración, sin piedra volante y sin gases tóxicos, lo que puede ser ampliamente utilizado en la ingeniería municipal, la excavación de carreteras, la minería de alto riesgo, las canteras y el entorno complejo.

Como conclusión menciona que las aplicaciones de los equipos eléctricos (plasma) tienen un rango de aplicación pequeño, pero que su potencial de desarrollo es mayor, ya que su energía principal termina siendo más respetuosa con el medio ambiente y ahorradora, señala que con la mejora de los equipos y su tecnología podría llegar a convertirse en la principal forma de fragmentar la roca.

Comentario

Este paper es importante porque nos muestra alternativas de fragmentación de roca para las voladuras tradicionales, que es un punto importante para nosotros ya que nos enfocamos en canteras costeras que generalmente se encuentran ubicadas cercanas a viviendas. Es por ello, que buscamos una propuesta que reduzca el impacto que tienen las voladuras tradicionales por lo que se investigó sobre la fragmentación con plasma y sus beneficios.

2.3. Estructura Teórica y Científica que sustenta el Estudio

Las variables que presenta la investigación son: explotación de materiales como variable independiente y dique rompeolas como variable dependiente. Para la conformación de la estructura teórica se tiene en cuenta las dimensiones que presentan cada variable y se toma como referencias las diferentes investigaciones nacionales e internaciones, así como libros y publicaciones que se encuentren relacionado con el tema.

2.3.1. Explotación de Materiales

La explotación de materiales es el conjunto de procesos que se realizan para la obtención de un producto en este caso las rocas y piedras para la conformación del dique rompeolas; al ser estas materiales rocas de construcción el término a utilizar para referirse a su explotación se denomina “cantera” que es una de los submétodos a emplear en un sistema de explotación a cielo abierto.

El sistema de arranque para la explotación de estos materiales por lo general es totalmente discontinuo ya que la operación de arranque, sin voladura, se lleva a cabo con equipos discontinuos y el transporte se efectúa a través de volquetes. Actualmente este sistema de arranque es la más implantado como se demuestra en los antecedentes.

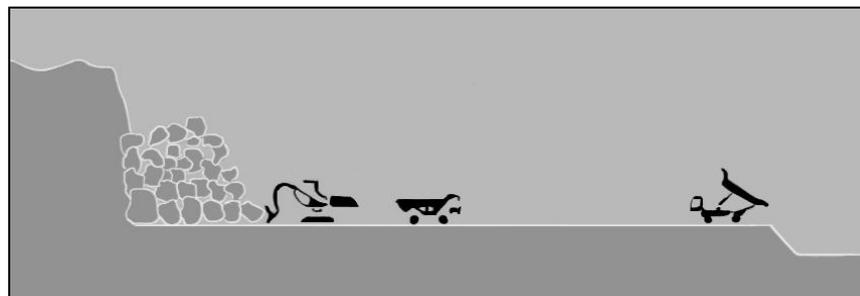


Figura N 1: Sistema totalmente discontinuo

Fuente: Adaptado de “Métodos de minería a cielo abierto, por (Herbert, 2006, Capítulo 1, pág. 10)

2.3.2. Extracción

Para la realización del proceso de la extracción o arranque, se tienen opciones para realizarlo lo que dependen de la dureza del material.

a) Extracción mecánica

Este tipo de extracción se realizan con maquinarias pesadas para extraer material ripable es decir a través de medios mecánicos sin uso de explosivos. Dentro de estos métodos se encuentran los siguientes:

Extracción con excavadora

La excavadora tipo oruga es una maquina versátil capaz de rotar 360° y trabajar en todo tipo de obra de movimiento de tierra. En una cantera participan en la explotación y en el carguío de material hacia los volquetes; la excavadora es empleada para cortar cuando la roca es blanda o fracturada. (Chiriboga, Pillasagua y Santos, s.f.).



Figura N 2: Extracción con excavadora
Fuente: Elaboración propia.

Extracción con Ripper

El Ripper es un implemento hidráulico para excavadoras desarrollado con un sistema de tecnología de impacto por acumulación de energía. Este accesorio requiere un tiempo mínimo de mantenimiento y emite menos ruido que cualquier otra herramienta de excavación. En las canteras donde la voladura no es permitida por razones ambientales, de seguridad o

sociales generalmente en canteras costeras, el empleo del Ripper es una alternativa con la cual se pueden obtener una producción eficiente en condiciones de trabajo normales.



Figura N 3: Extracción con Ripper
Fuente: Elaboración propia.

Extracción con Martillo Hidráulico

Los martillos hidráulicos para excavadoras son dispositivos de impacto para romper cualquier tipo de roca con cualquier dureza o propiedad física. La aplicación del martillo hidráulico además de la extracción de la roca también se emplea para trituración secundaria de rocas con sobre tamaño para cumplir con las especificaciones de las rocas tipo I, tipo III y Armour Layer.



Figura N 4: Extracción con Martillo Hidráulico

Fuente: Google imágenes.

b) Extracción con Plasma

La tecnología de la fragmentación de roca con plasma es una alternativa a la fragmentación con explosivos o voladuras, atendiendo a la necesidad de tener una fragmentación mejor controlada, con menos molestias a poblaciones cercanas sobre todo en casos de las canteras costeras y menos impacto ambiental.

Tiene su principio en la activación de reacciones termoquímicas de las capsulas confinadas en el interior de perforaciones del macizo rocoso al ser suministradas por una chispa de alto voltaje. Estas capsulas son sencillos de transportar además de que poseen una alta capacidad de iniciación de número de hoyos para plasma a granel o cápsulas para plasma encartuchado, con capacidad de programar retardos.

Este método de extracción se complementa con el uso del Rock Drill que sirve para la perforación de los puntos donde se colocaran las capsulas de plasma, estos puntos están colocados de acuerdo a ensayos para obtener el material correspondiente a cada tipo de roca.

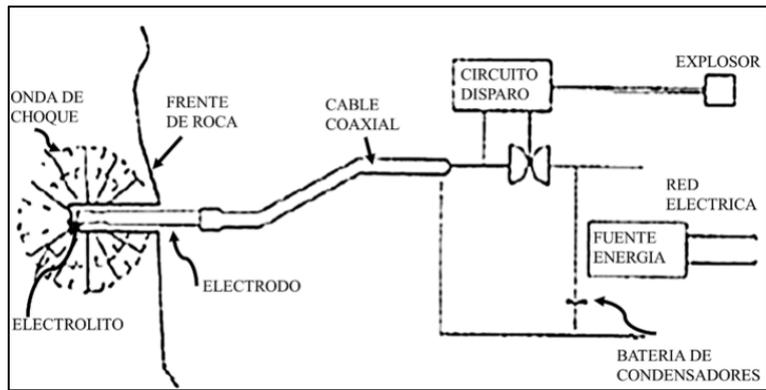


Figura N 5: Esquema representativo de voladura con plasma
 Fuente: “Estudio técnico económico en la aplicación de plasma para la explotación de bancos de producción según método Bench and Fill para el control de la dilución en minería el Peñon.”, por (Ramirez Silva, M 2016).

c) Capacitación en la extracción de materiales

En el proceso de la extracción de materiales para diques rompeolas es fundamental la capacitación constante de los operadores a la hora de identificar las características y aspecto de los materiales, tanto para las Rocas Tipo III, Tipo I, Armour Layer pero sobre todo para el material del núcleo del dique: Quarry Run que en su huso granulométrico requiere de una parte finos.

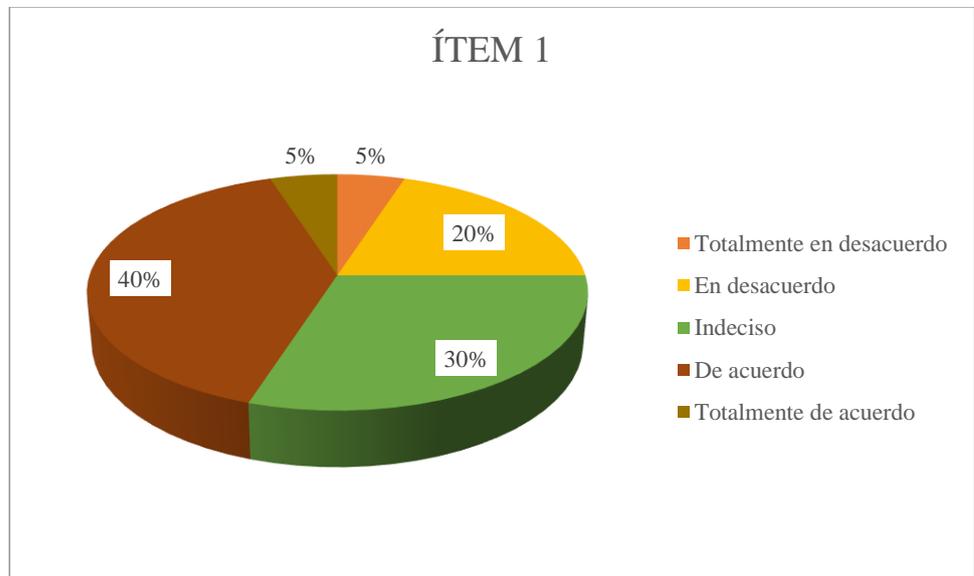


Figura N 6: Porcentaje de trabajadores encuestados sobre inconvenientes por problemas de reconocimiento del material explotado
 Fuente: Elaboración propia.

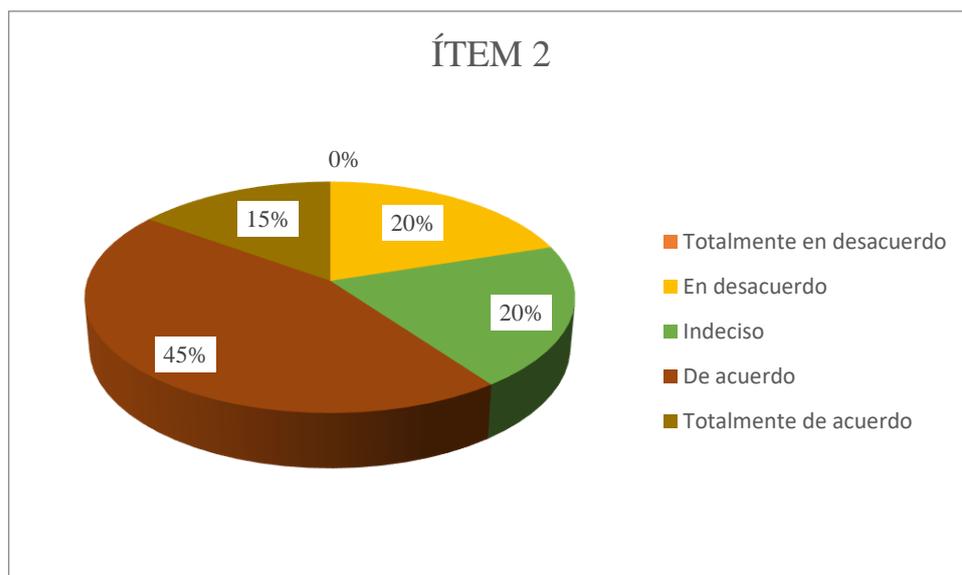


Figura N 7: Porcentaje de trabajadores encuestados que creen que una capacitación de reconocimiento de material evita retrabajos en la extracción
Fuente: Elaboración propia.

De la Figura N 6 se puede observar que hay un 45% de trabajadores que reconocen que existió problemas a la hora de la extracción por un tema de reconocimiento de materiales, así como también en la Figura N 7 se aprecia que un 60% está de acuerdo en que una capacitación de reconocimiento de material evita retrabajos en el proceso de extracción, estos retrabajos de mejoramiento son necesarios en acopios mal homogeneizados debido al material no competente del resultado de una mala extracción. Estos problemas al final del día terminan perjudicando en el flujo del suministro de estos materiales para la obra principal.

2.3.3. Transporte Interno

El transporte interno en la cantera se realiza a través de volquetes de acarreo de dos tipos: roquero y para quarry run; su papel dentro del proceso en general es la de trasladar el material desde el punto de carga hasta la zona de acopio. El diseño de las pistas o rutas dentro de la cantera se enfoca en que al ser utilizadas por las unidades de transporte se puedan desplazar manteniendo un ritmo de operación óptimo y en condiciones de máxima seguridad. Para esto los criterios de diseño se centran fundamentalmente en: firme, pendiente, anchura de pista, curvas, visibilidad, bombeo y el mantenimiento. (Herrera, 2007).

Plataforma de trabajo

Las plataformas de trabajo deben tener una anchura mínima que sea la sumatoria de las áreas necesarias para el movimiento de las maquinarias que trabajen en ellos de manera simultánea, estas medidas deben ser lo suficientemente amplia para que los brazos de la excavadora y los volquetes maniobren con facilidad sin tener que acercarse a los frentes de arranque y teniendo un espacio de seguridad de 5 m con respecto a los bordes de los bancos de las canteras.

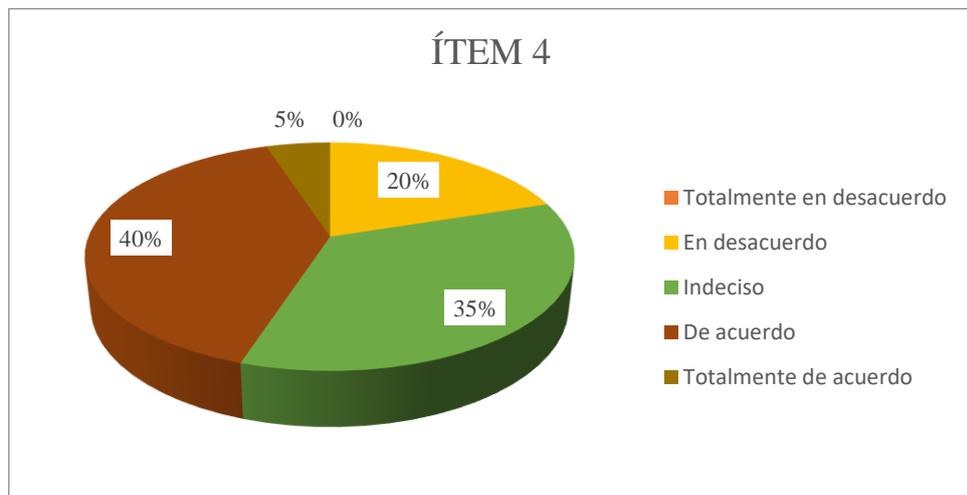


Figura N 8: Porcentaje de trabajadores encuestados que consideran que los tiempos de espera en los frentes de carguío son altos
Fuente: Elaboración propia.

De la Figura N 8 se muestra que el 45% de los trabajadores encuestados consideran que los tiempos de espera en los frentes carguío son altos, una de las causas que originan este inconveniente es la falta de espacio en la plataforma de trabajo esto hace que se pierda tiempo en las maniobras respecto a las salidas y entradas de los volquetes en la zona de carguío ya que al tener poco espacio en la plataforma de extracción las rutas se encuentran congestionadas.

Tabla N 1
Dimensiones mínimas de las plataformas de trabajo

Descripción	Ancho de plataforma (m)
Operaciones de perforación, 1 fila	9,5
Operaciones de carga y volteo con retroexcavadora	25
Operaciones de carga (con retroexcavadora) y transporte	12.47
Operaciones de carga (con excavadora) y transporte	12.47 + radio de giro
Operaciones de carga (con retroexcavadora), transporte y perforación (una fila)	19.47
Operaciones de carga (con excavadora), transporte y perforación (una fila)	19.47 + radio de giro

Fuente: Herrera (2007)

De acuerdo a la Tabla N 1 la anchura mínima de la plataforma debería ser de 12.47 m + el radio de giro del modelo de la excavadora que se haya escogido.

Pendiente

$$P < 20\% (11^\circ)$$

Anchura de accesos

$$A_{acc.} = FS + AB + AMM$$

Donde:

Aaac.: Ancho total del acceso (m)

FS: Facto de seguridad de 2m

AB: Ancho de la berma, mínimo de 2m.

AMM: Ancho de la maquina mayor (m)

Anchura de pistas

$$A = a(0.5 + 1.5n)$$

Donde:

A: Anchura total de la pista (m)

a: Anchura del vehículo (m)

n: Número de carriles deseados.

Radio de curvatura

De acuerdo a la siguiente tabla se recomiendan relaciones entre el radio de una curva, peralte y velocidad adecuada para recorrer dichas curvas.

Tabla N 2
Relaciones recomendables entre radio de curvatura, peralte y velocidad

Radio (m)	12	25	50	75	100	150
Peralte máximo (%)	6.5	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0
Velocidad (km/h)	10	15	20	22	25	30

Fuente: Herrera (2007)

Sobrecarga en las curvas

Los volquetes ocupan más espacio en zonas de curvas debido a la trayectoria que recorre sus ruedas traseras debido a la rigidez del chasis, es por esto que se debe de calcular un sobrecarga mínimo admisible para la seguridad del transporte interno.

$$S = \frac{L^2}{2.R}$$

Donde:

S: Sobrecarga del carril (m)

L: Distancia máxima (m) entre ejes del volquete o camión articulado

R: Radio de la curva

Peralte

Para mitigar la fuerza centrífuga en las curvas que originan deslizamientos e incluso vuelcos, el peralte del lado exterior de la curva se puede hallar a partir de la siguiente fórmula:

$$e = \frac{V^2}{127.14 \cdot R} - f$$

Donde:

e: tangente del ángulo del plano horizontal con la pista

V: Velocidad (km/h)

R: Radio de la curva (m)

f: Coeficiente de fricción

$$f = 2 \cdot \left(R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) \cdot \frac{5.8}{\sqrt{R}}$$

Donde:

f: Coeficiente de fricción

R: Radio de la curva (m)

L: Distancia máxima (m) entre ejes del volquete o camión articulado

Bombeo

La sección transversal de la vía en tangente debe estar diseñado con un bombeo capaz de evacuar la escorrentía hacia las cunetas o bordes laterales. Los valores más comunes se encuentran en el rango entre 2% y 4%.

Tabla N 3
Valores del bombeo de calzada

Tipo de Superficie	Bombeo (%)	
	Precipitación <500 mm/año	Precipitación >500 mm/año
Pavimento asfáltico y/o concreto Portland	2.0	2.5
Tratamiento superficial	2.5	2.5 - 3.0

Fuente: DG (2018)

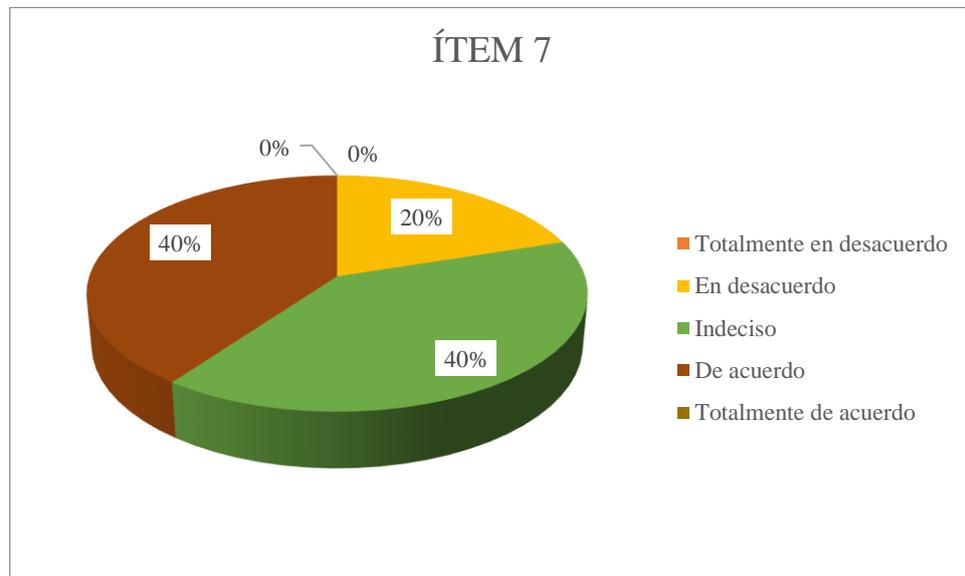


Figura N 9: Porcentaje de trabajadores encuestados que consideran que hay tiempos improductivos debido al diseño de rutas

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la Figura N 9 se observa que hay un 40% de encuestados que están de acuerdo en que hay tiempos improductivos debido al diseño de rutas, estos tiempos terminan reflejándose en ciclos de volquete mayores a lo esperado reduciendo la eficiencia del transporte interno.

Mantenimiento de rutas

El sistema de rutas diseñados debe tener un mantenimiento periódico de tal manera que las rutas se mantengan en buenas condiciones. Para las plataformas de trabajo se debe tener una atención especial con respecto a su conservación y limpieza de drenajes existentes a fin de evitar encharcamientos, también se debe de conservar la superficie de rodadura de las rutas eliminando baches, ahuellamientos, etc. Asimismo, se debe retirar las piedras que caen en las rutas desde los taludes para evitar accidentes o averías de los volquetes. Mientras que el levantamiento de polvo es el problema más común cuando se habla de mantenimiento de rutas, se puede controlar con riegos periódicos o emulsificantes que adhieren el polvo en las rutas y lo transforma en parte del

camino. Finalmente es importante tener en cuenta la conservación periódica de la señalización de las rutas.

2.3.4. Acopio

El acopio de materiales en una cantera es un proceso por el cual se acumula material o agregados, clasificándolos según el uso para el cual serán destinados.

Este acopio se ejecuta desde la previa planificación del ingeniero con respecto a la zona donde será colocado el acopio, ya que una inadecuada colocación de este puede llevar a fallas en el procedimiento de transporte de material a obra y lo que equivaldría a retrasos en el cronograma de obra, pérdidas de dinero traducidas en horas máquina.

Seguido de esto el acopiado inicia desde el primer volquete que parte del punto de extracción hasta la descarga de este en la ubicación adecuada para el acopio. En este trabajo de investigación los acopios estudiados serán de los materiales extraídos para la construcción del dique rompeolas. Como son los acopios de QR, Tipo III, Tipo I y Amour Layer.

Selección de materiales para los acopios

La selección de material es un proceso por el cual una maquinaria como una excavadora tiene como objetivo seleccionar o escoger rocas de tamaño notable aproximadamente 25 cm en adelante hasta el tamaño máximo de roca Tipo I que son 95 cm, este proceso es importante en canteras en caso que se requiera optimizar los espacios de los acopios o en caso no exista mucho espacio disponible para realizar un gran acopio. En estos casos lo que se realiza es la descarga de rocas de diferentes tamaños en el acopio, de roca tipo I y Tipo III que son las más requeridas en la elaboración del dique aparte del Quarry Run.

En el proceso de selección se usa una excavadora de oruga la cual se coloca encima o frente al acopio y separa las rocas de tipo I de las del tipo III, este proceso requiere bastante del criterio y dominio del operador de la excavadora, así como su conocimiento del material.



Figura N 10: Selección de material Tipo III
Fuente: Elaboración Propia.

Presentación de acopio

Este proceso se divide según el tipo de material o roca que lo constituye, tanto para material Quarry Run como para rocas ya sea Tipo I, III y armour layer.

El proceso de presentación de acopio es un proceso por el cual el acopio debe estar listo para su liberación con la conformidad del área de control de calidad, así como la supervisión de la obra o del cliente, este proceso es anterior a los ensayos de parte de laboratorio de la obra.

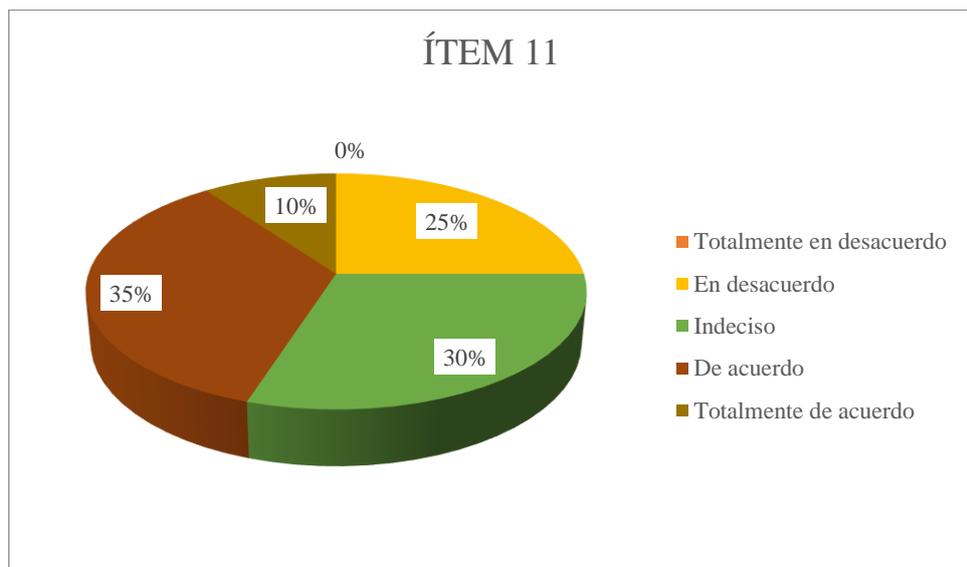


Figura N 11: Porcentaje de trabajadores encuestados que afirman que ha habido observaciones por parte de la supervisión para la mejora de la presentación de los acopios
Fuente: Elaboración Propia.

De la figura N 11 se aprecia que el 45% de trabajadores encuestados afirman que ha habido observaciones por parte de la supervisión para que se cumpla con la presentación adecuada de los acopios sobre todo los de Quarry Run, estas observaciones pueden retrasar el flujo normal de trabajo de la cantera en los acopios ya que se necesita invertir maquinaria en un trabajo que debería estar listo desde la descarga del material.

La presentación de acopio consiste en procedimientos en los que se utilizan maquinaria o no, para presentar o visualizar de mejor manera el acopio y se eviten observaciones de parte de la supervisión o del cliente. Esta presentación consiste en distintos trabajos a realizar durante y después de lograr el volumen solicitado del acopio. Se dividen según el tipo de material:

Para material Quarry Run:

a) Identificación

Este procedimiento se realiza al inicio y durante un nuevo proceso de acopiado de material, se construye un letrero de madera que indique el tipo de material y el número de acopio que le corresponde, estos letreros pueden ser de tres colores:

- Rojo: Significa que el material del acopio ha sido rechazado por supervisión y no está apto para su liberación, lo cual indica que se necesita mejorar el material o desecharlo.
- Amarillo: Significa que el acopio está en proceso de acumulación y aun no alcanza el volumen necesario para su liberación.
- Verde: Significa que el acopio ha sido liberado y ya se puede enviar el material de la cantera a la obra.



Figura N 12: Letrero de identificación de Acopio para Quarry Run
Fuente: Elaboración Propia.

b) Banquetas

Este procedimiento se realiza con dos finalidades, la primera es por un tema de seguridad es pero ello que la caída o altura de descarga del material proveniente de los volquetes hacia el acopio no debe ser tan grande ya que podría generar accidentes en la obra, y la segunda finalidad es necesaria para los ensayos de macro-granulometría que se realizan con el supervisor presente ya que al banquetear el acopio se le da una forma tipo pastel en el cual el supervisor puede visualizar el material a diferentes alturas, lo que le permite obtener una muestra más representativa del material del acopio con ayuda de una excavadora de oruga y un volquete que luego será llevado al laboratorio.



Figura N 13: Formación de banquetas con el material extraído
Fuente: Elaboración Propia.

c) Delimitación del acopio

Este procedimiento se lleva a cabo después de finalizar el acopiado, también se realiza previo a la liberación del material, en este proceso se coloca estacas de madera o conos al borde del acopio (la cantidad varía según el área de acopiado) esto se hace con la finalidad que al liberar el material la supervisión observe la delimitación del acopio y corrobore de manera visual con el plano del levantamiento topográfico.

Esto también sirve para separar el acopio que está programado para su liberación del resto de acopios en caso estén juntos por motivos de insuficiencia de área o espacio, esto se da más que todo en canteras pequeñas.



Figura N 14: Delimitación de acopio
Fuente: Elaboración Propia.

d) Homogeneidad del acopio

La homogeneidad del acopio consiste en que el material Quarry run tenga el mejor gradado posible con lo cual no debe presentar ni exceso de finos ni exceso de rocas demasiado grandes ya que si existen estas condiciones los ensayos de macro-granulometría nos darían como resultado que la gradación del acopio no es la correcta y escaparían del huso granulométrico de las especificaciones técnicas del material.

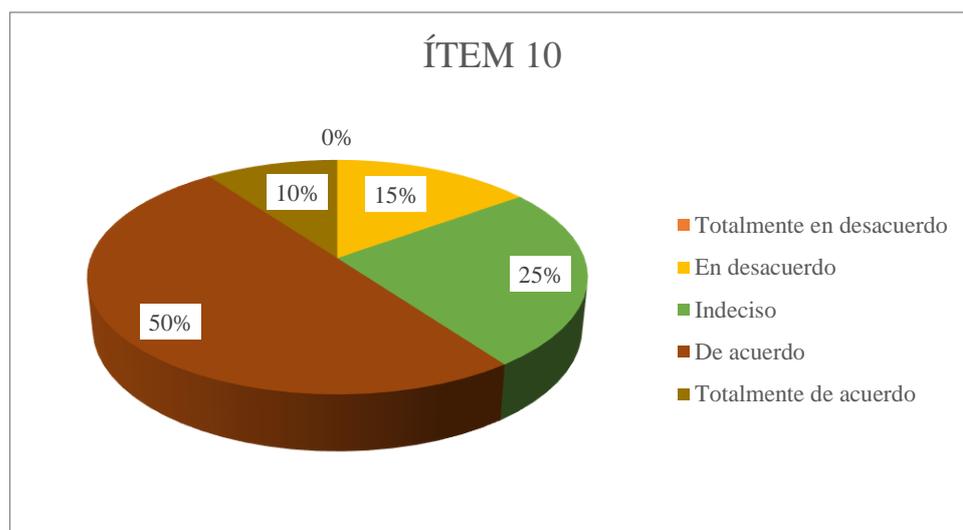


Figura N 15: Porcentaje de trabajadores encuestados que consideran que ha habido material no competente en los acopios
Fuente: Elaboración Propia.

De la figura N 15 se muestra que el 60% de los trabajadores encuestados han encontrado material no competente en los acopios sobre todo los de Quarry Run observando un exceso de finos, rocas con sobretamaños y contaminación; solucionar estos problemas requieren un trabajo extra en el acopio, poniendo en riesgo la liberación de los acopios.

Para tener dicha homogeneidad presente en el acopio se debe capacitar a los operadores antes y durante la extracción del material para que logren identificar el material y se eviten temas de mejoramiento de acopio en el futuro. También lo ideal es tener un personal encargado de calidad supervisando las descargas de los materiales en los acopios con el fin de evitar la acumulación de material no competente y alertar a los encargados de la extracción.



Figura N 16: Acopio de Quarry Run homogeneizado
Fuente: Elaboración Propia.

Para Rocas Tipo I, Tipo III y Armour Layer:

a) Identificación

Este procedimiento se realiza al inicio y durante un nuevo proceso de acopiado de material, se construye un letrero de madera que indique el tipo de material y el número de acopio que le corresponde, estos letreros pueden ser de tres colores:

- Rojo: Significa que el material del acopio ha sido rechazado por supervisión y no está apto para su liberación, lo cual indica que se necesita mejorar el material o desecharlo.
- Amarillo: Significa que el acopio está en proceso de acumulación y aun no alcanza el volumen necesario para su liberación.
- Verde: Significa que el acopio ha sido liberado y ya se puede enviar el material de la cantera a la obra.



Figura N 17: Letrero de identificación de Acopio para Roca Tipo III
Fuente: Elaboración Propia.

b) Material sin rocas menores de 20 kg o 25 cm

Para los acopios de los diferentes tipos de Roca con los que se construirá el revestimiento del dique rompeolas se debe tener en cuenta que no debe tener contaminación del material por exceso de polvo, con exceso de desperdicio del corte de roca o con rocas menores a 20 kg (25 cm aproximadamente)

Esto debido a que las rocas requeridas para el dique serán capas de protección para el núcleo conformado de Quarry run, por este motivo debe haber presencia de rocas de peso y tamaño adecuado para este fin.



Figura N 18: Rocas tipo III
Fuente: Elaboración Propia.

Ensayos de laboratorio

Los ensayos de laboratorio son necesarios para confirmar la calidad de los acopios y deben ser aprobados por la supervisión. Estos ensayos se dividen según el tipo de material tanto Quarry Run como en Rocas Tipo I, III y Armour Layer.

Ensayos de material Quarry Run:

a) Macro-Granulometría (Norma BSI_BS_EN_13383)

Este ensayo es similar a una granulometría común, pero se usan mallas o aberturas mayores a 3 pulgadas y para su realización se utilizará la norma británica BSI_BS_EN_13383.

Se realiza durante y después del acopiado de material, esto con la finalidad de mantener un control de la calidad del material.

1. Para este ensayo se realiza un previo muestreo del acopio en el cual consiste en extraer un mínimo de 5t cada 100,000 t de material acopiado, este proceso se realiza con una excavadora y un volquete.
2. El volquete descarga la muestra en una zona libre del laboratorio.
3. Se realiza el cuarteo si es necesario

4. Se separan las rocas por tamaños desde las 9 pulgadas hasta 1 ½ pulgadas
5. Las rocas se pesan en carretillas en balanzas de 3t
6. Se tamiza el material restante por la malla N°4
7. Del material que pasa la malla N°4 se coge una porción para realizar el ensayo de humedad y de lavado de la malla N°200
8. Se obtienen los datos y se calculan los resultados (Ver Anexo D)



Figura N 19: Ensayo de Macro-granulometría para Quarry Run
Fuente: Elaboración Propia.

b) Determinación del contenido de humedad (Norma ASTM D2216-19)

Este ensayo es parte del anterior y sirve para conocer el contenido de agua que hay en el material ensayado.

1. Se extrae 200 g mínimo de material que pasa la malla N°4
2. Se pesa una tara
3. Se pesa la tara más el material húmedo extraído
4. Se seca el material en una cocina o al horno a 110 ± 5 °C
5. Se pesa el material seco más la tara
6. Se calculan los resultados con los datos obtenidos

Se realizan los cálculos con la siguiente formula:

$$H\% = \frac{(Pt + Ph) - (Pt + Ps)}{Ps} \times 100\%$$

Donde:

Pt: Peso de la Tara

Ph: Peso de material húmedo

Ps: Peso de material seco

H%: Porcentaje de humedad



Figura N 20: Ensayo de determinación del contenido de humedad
Fuente: Elaboración Propia.

c) Determinación de la cantidad de material más fino que N°200 (ASTM D1140-17)

Este ensayo sirve para saber la cantidad de material que pasa el tamiz N°200.

1. Se extrae 200 g mínimo de material que pasa la malla N° 4
2. Se pesa una tara
3. Se pesa la tara más el material húmedo extraído
4. Se seca el material en una cocina o al horno a 110 ± 5 °C
5. Se pesa el material seco más la tara

6. Se vierte el material seco en el tamiz N°200 y se lava con abundante agua
7. Se detiene el lavado cuando el agua salga del tamiz de color transparente o claro.
8. El material retenido en la malla N°200 se coloca en la tara y se seca en una cocina o al horno a $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$
9. Se pesa el material lavado seco más la tara
10. Se calculan los resultados con los datos obtenidos

Se realizan los cálculos con la siguiente formula:

$$f\% = \frac{(Pt + Ps) - (Pt + Psl)}{Ps} \times 100\%$$

Donde:

Pt: Peso de la Tara

Ps: Peso de material seco

Psl: Peso de material lavado seco

f %: Porcentaje de finos



Figura N 21: Ensayo de determinación de la cantidad de material más fino que N°200
Fuente: Elaboración Propia.

- d) Resistencia a la degradación de agregados por abrasión en máquina los Ángeles (ASTM C 535-16)

Este ensayo sirve para medir el desgaste del material con ayuda de la maquina los ángeles. Se utilizará la granulometría de la tabla N 4 para muestra de agregado mayor 3/4 pulgada y gradación 1.

Tabla N 4
Clasificación de muestras de pruebas

Tamaño del tamiz, mm (pulg.) Aberturas cuadradas		Masa por tamaño indicado, g		
Pasando	Retenido	Graduación		
		1	2	3
75 (3)	63 (2 ½)	2 500 ± 50
63 (2 ½)	50 (2)	2 500 ± 50
50 (2)	37,5 (1½)	5 000 ± 50	5 000 ± 50	...
37,5 (1½)	25,0 (1)	...	5 000 ± 25	5 000 ± 25
25,0 (1)	19,0 (¾)	5 000 ± 25
Total		10 000 ± 100	10 000 ± 75	10 000 ± 50

Fuente: Norma ASTM C 535-16.

Se utilizará el cuadro de carga abrasiva para tamaños mayores a 3/4 de pulgada con 12 esferas.

Tabla N 5
Caracterización de la muestra según la gradación

Granulometría de ensayo	Número de esferas	Peso total gr.
1	12	10000 ± 100
2	12	10000 ± 75
3	12	10000 ± 50

Fuente: Elaboración propia.

1. Se escogen rocas de acuerdo a los rangos entre 3 pulg a 2 ½ pulg, de 2 ½ pulg a 2 pulg y por último 2pulg a 1 ½ pulg, con los pesos que indica el cuadro.

2. Se pesan las muestras húmedas
3. Se lava y se seca el material
4. Se vuelve a pesar la muestra seca
5. Se coloca el material en la máquina de Los Ángeles
6. Se colocan las 12 esferas de metal.
7. Se cierra la máquina de Los Ángeles y se programa para realizar 1000 ciclos
8. Una vez terminado los ciclos se extrae el material en una bandeja con ayuda de una brocha.
9. Se tamiza el material por el tamiz N°12
10. El material retenido en la malla se lava y se seca
11. Se pesa el material retenido
12. Se calculan los resultados con los datos obtenidos

Se realizan los cálculos con la siguiente fórmula:

$$D\% = \frac{P1 - P2}{P1} \times 100\%$$

Donde:

P1: Peso de la muestra seca antes del ensayo

P2: Peso de la muestra seca retenida después del tamizado, lavado y secado

D%: Porcentaje de desgaste de la roca



Figura N 22: Ensayo de resistencia a la degradación
Fuente: Elaboración Propia.

Ensayos de roca tipo I, III y armour layer:

a) Macro-granulometría (Ciria C683 The Rock Manual y Norma BSI_BS_EN_13383)

Para este ensayo ya no se trabaja con aberturas o tamices sino netamente con pesos ya que al ser rocas de grandes dimensiones no se trabaja con tamices tan grandes. Se realiza durante y después del acopiado de material, esto con la finalidad de mantener un control de la calidad.

1. Para este ensayo se realiza un previo muestreo del acopio en el cual consiste en extraer un mínimo de 20t cada 100,000t (Tipo I y Tipo III) para Armour Layer será 20t cada 25,000t de material acopiado, este proceso se realiza con una excavadora y un volquete.
2. El volquete descarga la muestra en una zona libre del laboratorio
3. Se escogen y enumeran con ayuda de pintura en spray
4. Cada roca enumerada será pesada con ayuda de una retroexcavadora, una balanza colgante y eslingas
5. Las rocas pesadas serán colocadas en un área libre y en orden numérico para su posterior medición de tamaños
6. La medición se realiza con un vernier grande de madera y una wincha, se miden dos longitudes largo y espesor. Teniendo en cuenta que no

más del 50% de la muestra puede tener una relación de Longitud entre espesor (L/D) mayor a 2 y que se puede permitir hasta un 10% de muestra con una relación de L/D mayor 3.

7. Se realizan los cálculos con los datos obtenidos (Ver Anexo D)



Figura N 23: Ensayo de macro-granulometría de Roca tipo III
Fuente: Elaboración Propia.

- b) Prueba de caída (Ciria C683 The Rock Manual y Norma BSI_BS_EN_13383)

Este ensayo es complementario del anterior sirve para calcular el peso que pierde cada roca después del impacto de la caída.

1. Se escogen 50 rocas al azar del ensayo anterior previamente enumeradas y pesadas.
2. Se colocarán 1 o 2 rocas dentro del cucharón cargador de la retroexcavadora y se elevara 3 metros sobre una cama de rocas previamente hecha.
3. Se dejará caer las rocas en la cama de rocas.
4. La parte con mayor masa de cada roca será pesada
5. Se repite el ensayo hasta completar las 50 rocas
6. Se realizan los cálculos con los datos obtenidos.



Figura N 24: Ensayo de prueba de caída
Fuente: Elaboración Propia.

Mejoramiento de acopio

El mejoramiento de acopio es un proceso correctivo en caso no se obtenga material competente dentro del acopio y los ensayos de control de Quarry Run escapen del huso granulométrico. También es una práctica muy común previo al envío de muestras para sus respectivos ensayos, como prevención ante posibles observaciones de supervisión. El mejoramiento se propondrá según el problema y el material que se encuentre acopiado.

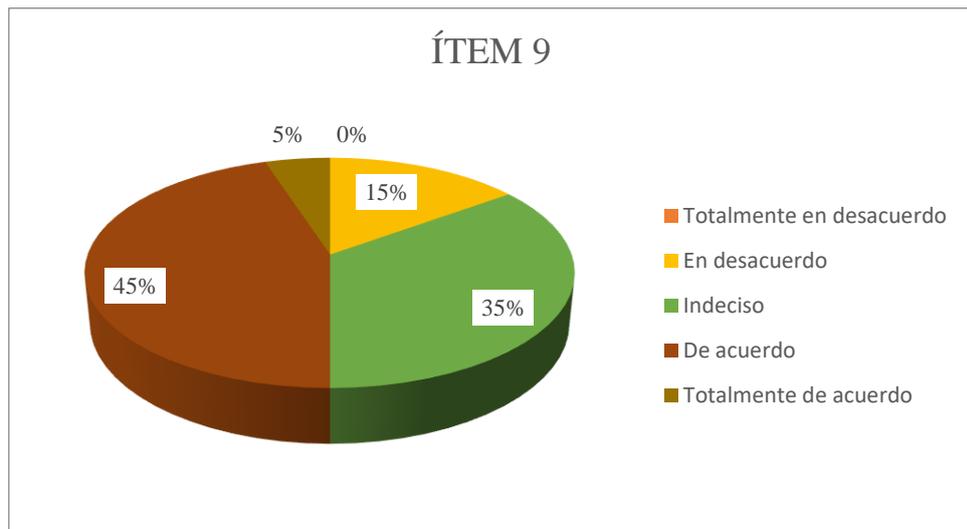


Figura N 25: Porcentaje de trabajadores encuestados que afirman que se realizan mejoramientos de los acopios frecuentemente
Fuente: Elaboración Propia.

De la figura N 25 se observa que el 50% de los trabajadores encuestados saben que ha habido mejoramientos de los acopios de manera frecuente, aunque este proceso se tiene previsto que se realice después de que un ensayo salga observado por lo general el personal de control de calidad indican que se haga la mejora previa a la toma del ensayo como un tema de prevención.

Tabla N 6
Mejoramiento de acopio de material Quarry Run

Mejoramiento de acopio de material Quarry Run	
Problema	Mejoramiento
Exceso de finos en el acopio	Descargar mayor cantidad de material grueso que fino en el acopio
Exceso de rocas de gran tamaño	Retirar rocas de gran tamaño
Presencia de material inadecuado en el acopio	Descargar material de zonas de extracción que cumplan con el material requerido

Fuente: Elaboración Propia.



Figura N 26: Acopio de Quarry Run observado
Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N 7
Mejoramiento de acopio de material Tipo I, Tipo III y Armour Layer

Mejoramiento de acopio de material Tipo I, Tipo III y Armour Layer	
Problema	Mejoramiento
Exceso de rocas pequeñas y lajas	Reelección de material con el fin de separar las rocas competentes de las rocas pequeñas.

Fuente: Elaboración Propia.

2.3.5. Dique Rompeolas

Los diques rompeolas son estructuras que tienen como propósito proporcionar abrigo a una zona determinada. Constituido por escolleras naturales y/o artificiales de distintos tamaños y en general por espaldones de concreto.

Los elementos que constituyen la estructura de un dique en talud son:

Núcleo: parte central del dique que soporta el revestimiento principal de la escollera y posibilita su ejecución. Debe de soportar las deformaciones y su permeabilidad será compatible con las condiciones hidrodinámicas contempladas en el proyecto.

Capa de filtro: parte intermedia de los diques en talud colocada sobre la parte exterior del núcleo. Habitualmente, está constituida por una o varias capas de escollera de tamaño creciente desde el núcleo hacia el exterior. La gradación de tamaños evita el paso de las partículas del núcleo hacia el exterior.

Manto principal o revestimiento: va colocado sobre la capa externa del filtro. Está constituido por los elementos -escolleras naturales o artificiales- de mayor tamaño y su finalidad principal es resistir la acción del oleaje que actúa sobre él.

Los diques deben ser estructuralmente estables en todas las fases de construcción. (Díaz, 2008).

Los tipos de rompeolas existente son de dos clases: de Escolleras y de Muro. El rompeolas tipo escolleras puede ser construido con roca natural, bloques de hormigón o una combinación de ambos.

Los rompeolas de escolleras construido con roca natural son a menudo una solución de diseño preferida por los siguientes motivos:

- El tipo de material a emplear tienen una alta disponibilidad.
- La construcción no requiere de emplear métodos y equipos con una tecnología actual y compleja.
- La degradación de estas estructuras una vez excedido las condiciones de diseño son de manera gradual.
- Los trabajos de reparación son relativamente fáciles y rara vez requieren movilización de equipos altamente especializados.
- La flexibilidad de las estructuras hace que sean poco sensibles a los asentamientos diferenciales.

El propósito de la sección transversal tipo trapecoidal de los diques rompeolas con escolleras de roca natural es generalmente la de brindar refugio a otras estructuras, como embarcaderos o atracaderos. (CIRIA, 2007)

El dique rompeolas del proyecto A estudiado tiene como función servir de abrigo de la ampliación de un muelle y a un patio de contenedores por lo que tendrá 5 zonas: Norte, Sur, Oeste, Oeste restante y del Faro.

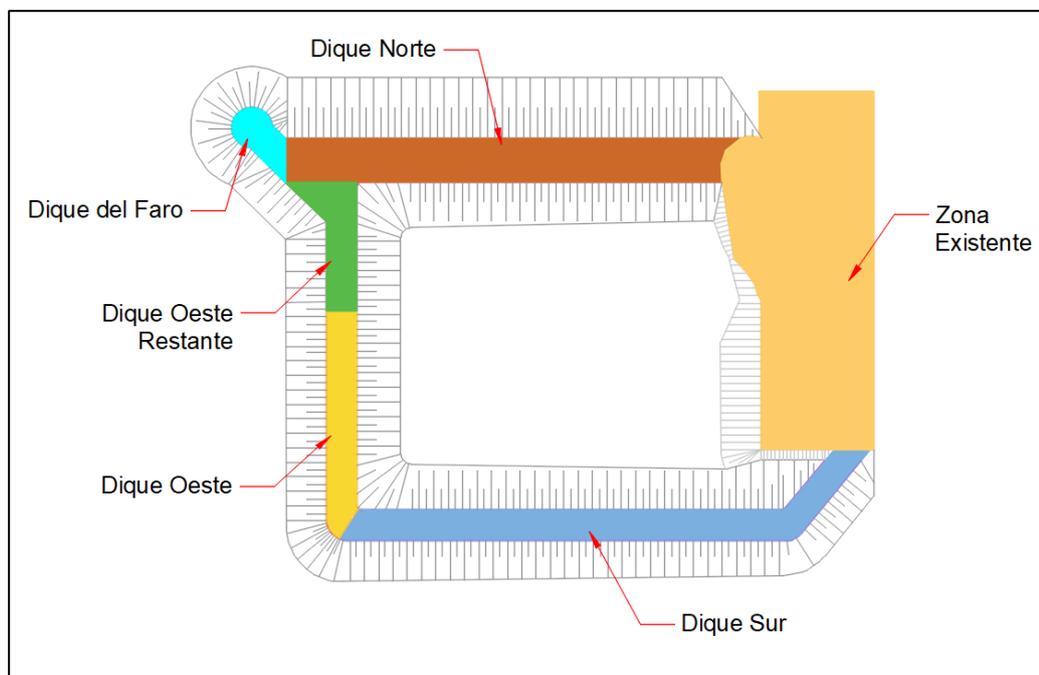


Figura N 27: Zonas de construcción del dique rompeolas
Fuente: Adaptada del proyecto A.

Para la construcción de los diques se dividirá en 4 fases las cuales son:

2.3.6. Fase 1: Rocas Quarry Run

En esta fase inicial se construye lo que será el núcleo del dique, el cual será rellenado con material Quarry Run (QR) en todo el perímetro del dique tanto la parte norte, sur, oeste, oeste restante y el faro.

Tabla N 8

Especificaciones del material Quarry Run

Densidad de Rocas	ASTM C97 Promedio: 2500 kg/m ³ 90% \geq 2450 kg/m ³
Resistencia a la intemperie	ASTM C88 10-20 mm y 8 mm tamiz para determinar pérdidas < 18%
Fuerza compresiva	ASTM C170 \geq 60 MPa
Resistencia a la abrasión	ASTM C 535 LAV < 25%
Rango de tamaño	< 9" (25 cm aprox) y #200<

Fuente: CIRIA (2007).



Figura N 28: Material Quarry Run

Fuente: Elaboración Propia.

2.3.7. Fase 2: Roca Tipo III

En esta fase se construye lo que será la capa de filtro o la capa intermedia que se colocará en la parte externa del núcleo y servirá para evitar que partículas del núcleo salgan hacia el exterior, esta capa se construirá con Roca Tipo III en

todo el perímetro del dique tanto la parte norte, sur, oeste, oeste restante y el faro.

Tabla N 9
Especificaciones de la Roca Tipo III

Densidad de Rocas	ASTM C97 Promedio: 2500 kg/m ³ 90% \geq 2450 kg/m ³
Resistencia a la intemperie	ASTM C88 10-20 mm y 8 mm tamiz para determinar pérdidas < 18%
Fuerza compresiva	ASTM C170 \geq 60 MPa
Resistencia a la abrasión	ASTM C 535 LAV < 25%
Rango de tamaño	25 – 50 cm aprox.
Rango de masa	30 – 300 kg

Fuente: CIRIA (2007).



Figura N 29: Roca Tipo III
Fuente: Elaboración Propia.

2.3.8. Fase 3: Roca Tipo I

En esta fase se construye lo que será la capa del manto principal o revestimiento que se colocará en la parte externa de la capa de filtro y se pueden utilizar dos tipos de material para esta capa estos son las escolleras naturales y las artificiales, para esta investigación se utiliza las escolleras naturales y el material será la roca Tipo I, este material por su gran tamaño tiene como

finalidad resistir la acción del oleaje sobre el dique. El material Tipo I será colocado en las partes sur, oeste, oeste restante y el faro.

Tabla N 10
Especificaciones de la Roca Tipo I

Densidad de Rocas	ASTM C97 Promedio: 2500 kg/m ³ 90% \geq 2450 kg/m ³
Resistencia a la intemperie	ASTM C88 10-20 mm y 8 mm tamiz para determinar pérdidas < 18%
Fuerza compresiva	ASTM C170 \geq 60 MPa
Resistencia a la abrasión	ASTM C 535 LAV < 25%
Rango de tamaño	65 – 95 cm aprox.
Rango de masa	700 – 2000 kg

Fuente: CIRIA (2007).



Figura N 30: Roca Tipo I
Fuente: Elaboración Propia.

2.3.9. Fase 4: Roca Armour Layer

En esta fase final se construye lo que será la capa del manto principal o revestimiento que se colocará en la parte externa de la capa de filtro, pero a diferencia de la fase anterior es que se utilizará la roca Armour Layer, este material es más pequeño que la roca Tipo I y más grande que el Tipo III, este también tiene finalidad resistir la acción del oleaje sobre el dique. Este material

será colocado solo en la parte norte del dique ya que es el lugar donde el oleaje es menor y el lugar donde será el atraque de los barcos que llegan con la mercadería al puerto.

Tabla N 11
Especificaciones de la Roca Armour Layer

Densidad de Rocas	ASTM C97 Promedio: 2500 kg/m ³ 90% \geq 2450 kg/m ³
Resistencia a la intemperie	ASTM C88 10-20 mm y 8 mm tamiz para determinar pérdidas < 18%
Fuerza compresiva	ASTM C170 \geq 60 MPa
Resistencia a la abrasión	ASTM C 535 LAV < 25%
Rango de tamaño	20 - 75 cm aprox.
Rango de masa	25 - 950 kg

Fuente: CIRIA (2007).



Figura N 31: Roca Tipo Armour Layer
Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N 12

Volúmenes requeridos para la conformación del dique rompeolas

DESCRIPCIÓN	VOLÚMENES (m3)	
Quarry Run	Sur	491,536.00
	Oeste	250,000.00
	Oeste restante	120,000.00
	Faro	85,150.00
	Norte	638,200.00
	TOTAL	1,584,886.00
Roca Tipo I	Sur	16,025.00
	Oeste	6,533.00
	Oeste restante	3,766.00
	Faro	6,362.00
	TOTAL	32,687.00
Roca Tipo III	Sur	101,632.00
	Oeste	49,397.00
	Oeste restante	22,747.00
	Faro	39,073.00
	TOTAL	240,499.00
Armour Layer (Capa de armadura)	Norte	27,600.00

Fuente: Adaptada del proyecto A.

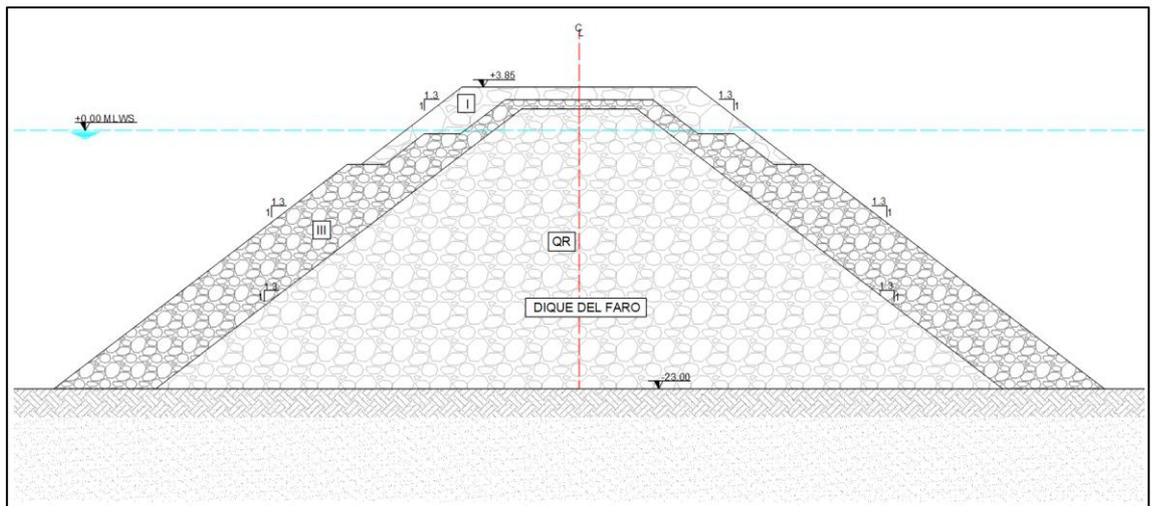


Figura N 32: Sección típica del dique rompeolas de la zona del Faro

Fuente: Adaptada del proyecto A.

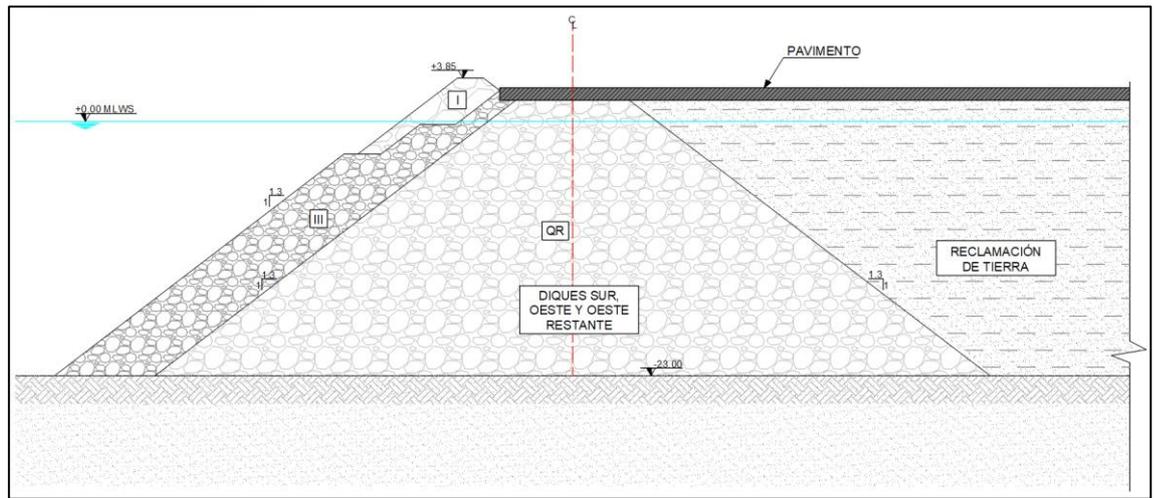


Figura N 33: Sección típica del dique rompeolas de las zonas Sur, Oeste y Oeste restante
Fuente: Adaptada del proyecto A.

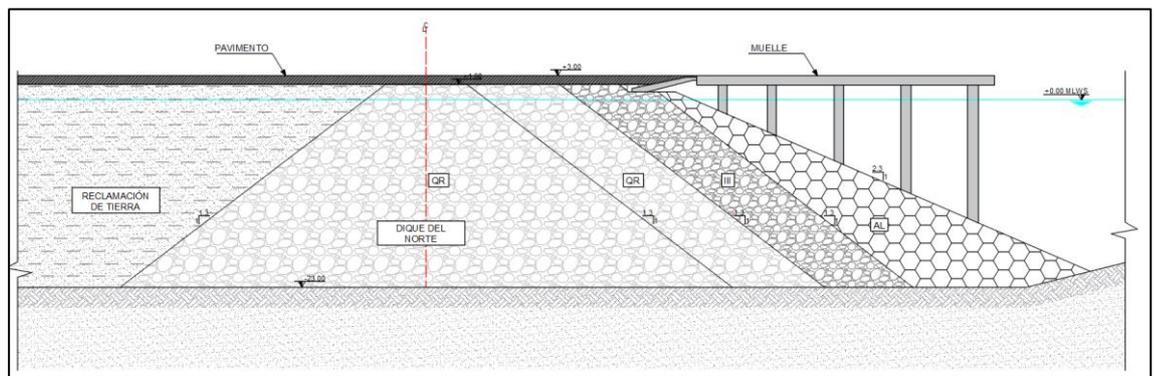


Figura N 34: Sección típica del dique rompeolas de la zona Norte
Fuente: Adaptada del proyecto A.

2.4. Definición de Términos Básicos

Quarry Run

Material de cantera, es un tipo de suelo conformado por rocas y arena, con un tamaño máximo de 9 pulgadas (25 cm aproximadamente) y un contenido máximo menor que el tamiz #200 < 5% del peso de la muestra, con una densidad media de 2500 kg/m³.

Roca Tipo III

Son rocas con masas comprendidas entre los 30-300 kg y tamaños entre los 25-50 cm aproximadamente, con una densidad media de 2500 kg/m³.

Roca Tipo I

Son rocas con masas comprendidas entre los 700-2000 kg y tamaños entre los 65-95 cm

aproximadamente, con una densidad media de 2500 kg/m³.

Armour Layer

Son rocas con masas comprendidas entre los 25-950 kg y tamaños entre los 20-75 cm aproximadamente, con una densidad media de 2500 kg/m³.

Huso Granulométrico

Es la zona comprendida entre dos curvas granulométricas.

Procesos

Es una serie de tareas interrelacionadas que, juntas transforman las entradas en salidas.

CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis

3.1.1. General

El modelo de la explotación de materiales en canteras costeras abastecería con eficiencia la construcción de un dique rompeolas de protección de muelles.

3.1.2. Específicos

- a) El modelo del proceso de extracción de materiales en canteras costeras abastecería con eficiencia la construcción de la fase 1, 2, 3 y 4 de un dique rompeolas.
- b) El modelo del proceso de transporte interno de materiales en canteras costeras abastecería con eficiencia la construcción de la fase 1, 2, 3 y 4 de un dique rompeolas.
- c) El modelo del proceso de la ejecución del acopio de materiales en canteras costeras abastecería con eficiencia la construcción de la fase 1, 2, 3 y 4 de un dique rompeolas.

3.2. Variables

3.2.1. Definición Conceptual de Variables

Tabla N 13
Definición de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional
Explotación de materiales	Procedimientos de explotación mediante el cual se obtiene materia prima que serán utilizadas para la construcción de infraestructuras civiles.	Es la medición de los procesos que constituyen las fases desde la extracción hasta la liberación del material explotado.
Dique rompeolas	Se divide en 4 fases que tiene como propósito la conformación de un dique de abrigo. Estas fases están conformadas por diferentes materiales extraídos de una cantera seleccionada.	Es la cantidad y calidad de material que compone la conformación de las capas de un dique rompeolas.
Extracción	Es la fase de la explotación de materiales que comprende la fragmentación de la roca de acuerdo a las características de cada tipo de material.	Es el volumen extraído por cada tipo de material.
Transporte interno	Procedimiento mediante el cual se realiza el carguío de material extraído en volquetes y se transporta hacia un acopio según la clasificación de material.	Es la medición de los procesos que constituyen las fases desde el carguío hasta la descarga de material en los acopios.

Acopio	Lugar donde se almacena y se libera el material extraído según su clasificación provenientes de la zona de extracción.	Es la medición de la ejecución de los acopios que constituyen las fases para su liberación.
Fase 1: Rocas QR	Es la construcción del núcleo del dique conformado por rocas tipo Quarry Run.	Es el volumen total que conforma la fase del núcleo del dique rompeolas.
Fase 2: Roca Tipo III	Es la construcción del manto principal del dique conformado las rocas tipo III que se colocaran en la zona Sur, Oeste, Norte, Faro y Oeste Restante del dique rompeolas.	Es el volumen y calidad de material total que conforma la fase del revestimiento en las zonas Sur, Oeste, Norte, Faro y Oeste Restante del dique rompeolas.
Fase 3: Roca Tipo I	Es la construcción del manto principal del dique donde se emplea las rocas Tipo I en las zonas Sur, Oeste, Faro y Oeste Restante.	Es el volumen y calidad de material total que conforma la fase del revestimiento en las zonas Sur, Oeste, Faro y Oeste Restante del dique rompeolas.
Fase 4: Roca Armour Layer	Es la construcción del manto principal del dique donde se emplea las rocas Tipo Armour Layer en la zona Norte.	Es el volumen y calidad de material total que conforma la fase del revestimiento en la zona Norte del dique rompeolas.

Fuente: Elaboración propia.

3.2.2. Operacionalización de variables

Tabla N 14
Operacionalización de variables

OBJETIVOS	VARIABLES PRINCIPALES	
OBJETIVO GENERAL	X: Explotación de materiales	Y: Dique rompeolas
Proponer un modelo de explotación de materiales en canteras costeras con la finalidad de abastecer eficientemente la construcción de un dique rompeolas de protección de un muelle a través de un análisis documentario.	DIMENSIONES DE X X1: Extracción X2: Transporte Interno X3: Acopio INDICADORES DE X X11 Extracción mecánica X13 Extracción de materiales con plasma X21 Diseño de Rutas X21 Mantenimiento de Rutas X31 Presentación X32 Ensayos X33 Mejoramiento	DIMENSIONES DE Y Y1: Fase 1: Rocas QR Y2: Fase 2: Roca Tipo III Y3: Fase 3: Roca Tipo I Y4: Fase 4: Roca Armour Layer INDICADORES DE Y Y11 Roca Quarry Run Y12 Roca Tipo I Y13 Roca Tipo III Y14 Roca Armour Layer

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV: MARCO METODOLÓGICO

4.1. Tipo de Investigación

4.1.1. Enfoque

Según lo descrito por (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014) un enfoque mixto representa un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación e implican la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos.

Se desarrolló la investigación bajo este enfoque mixto, debido a que la investigación presenta dos variables con enfoques diferentes. Teniendo la variable independiente “Explotación de materiales” un enfoque cualitativo y cuantitativo porque se recolectó y analizó datos de tiempos, métodos, clasificaciones, volúmenes, capacidades, etc, mientras que la variable dependiente “Dique” tiene un enfoque cualitativo ya que su análisis y participación en el desarrollo de la tesis se basó en conocer las fases de construcción y los tipos de rocas que lo conforman.

4.1.2. Nivel

La investigación tuvo un alcance descriptivo porque se mostró y se identificó hechos, situaciones o características de las variables de estudio con el fin de analizar y entender la situación encontrada.

También, presentó un nivel correlacional porque relaciona los propósitos con las finalidades de acuerdo a las mejoras propuestas en el modelo de explotación.

4.1.3. Diseño

De acuerdo a (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014) un diseño no experimental transversal correlacional-causal se recolectan datos de un momento único con el propósito de describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado.

La investigación se realizó bajo un diseño no experimental, ya que no se manipuló los valores de las variables si no que se describieron los procesos enfocados en la explotación de materiales para identificar sus deficiencias y

proponer mejoras a través de un modelo de explotación, mas no se recolectó valores de este modelo aplicados a un proyecto en ejecución.

4.1.4. Método

Se utilizó el método hipotético-deductivo debido a que se buscó comprobar las hipótesis mediante procesos deductivos.

4.2. Objeto de Estudio y Muestra

4.2.1. Objeto de Estudio

La presente investigación tiene como objeto de estudio los procesos de explotación de materiales de canteras que tienen como fin abastecer a obras tipo dique de protección o rompeolas.

4.2.2. Muestra

El autor (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014) en su libro de metodología de la investigación señala que la muestra no probabilística es aquella que no depende de la probabilidad, ni se basa en formulas, sino de causas vinculadas con las características de la investigación.

El tipo de muestra que se utilizó para la representación del objeto de estudio es no probabilístico, ya que se seleccionó un proyecto encargado de explotar y suministrar de materiales a una obra de ampliación de un puerto peruano. Debido a que se contó con el acceso a la información, las características y un contexto útil para el desarrollo de la investigación.

4.3. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

4.3.1. Técnicas

Para Ñaupas, Mejía, Novoa y Villagómez (2014) las técnicas de investigación son los métodos especiales o particulares aplicadas a cada etapa de la investigación científica, cuantitativa o cualitativa, variando en su naturaleza de acuerdo al enfoque.

Las técnicas para la recolección de datos que se emplearan fueron: encuestas (Ver Anexo B), observación y análisis documentario.

Se realizaron encuestas a personal involucrado en los tres procesos estudiados: la de extracción, transporte interno y acopio; para describir mejor como se llevan los procesos en la obra estudiada.

4.3.2. Instrumentos

Los instrumentos de investigación lo definen como las herramientas conceptuales o materiales que sirven a las técnicas de investigación especialmente a las técnicas de recolección de datos. Los instrumentos utilizados fueron: cuestionarios e informes técnicos.

El cuestionario empleado para el modelo de explotación de materiales consta de preguntas con respuestas basadas en función de la escala de Likert. El cuestionario comprende de 11 preguntas, 3 que corresponden al problema específico 1, 4 para el problema específico 2 y 4 al problema específico 3.

Para la validación de la encuesta se llevó a cabo a través de un juicio de profesionales ligados al tema, se solicitó la opinión a 3 profesionales que tengan experiencia en trabajos de explotación de minas y canteras, a los cuales se les entregó la encuesta, la matriz de consistencia y la ficha de validación. Estas fichas se adjuntan en el Anexo C.

Tabla N 15
Niveles de Validez de los Instrumentos

Rangos	Nivel de validez
81-100	Excelente
61-80	Muy bueno
41-60	Bueno
21-40	Regular
0-20	Deficiente

Fuente: Elaboración propia.

En promedio los resultados de juicio de los expertos fueron positivos por lo que el instrumento de recolección de datos cumple con el objetivo para el cual fue diseñado. De la Tabla N 15 se observa que el nivel de validez del instrumento se encuentra en un Rango muy bueno.

Otro indicador para la confiabilidad del instrumento es hallar el coeficiente de Cronbach, la cual se puede observar sus cálculos en el Anexo C dando como resultado un coeficiente de 0.84 que estaría en el rango de Bueno del coeficiente.

4.4. Descripción y Procedimiento de análisis

Con la finalidad de empezar a recolectar datos y emplearlos en nuestra investigación se solicitó al gerente del proyecto la aprobación del uso de los datos obtenidos en las fichas utilizadas en la cantera. sin embargo, se completó el levantamiento de información valiéndonos de los cuestionarios mencionados, así como el uso de encuestas realizadas a los ingenieros residentes encargados de los procesos de extracción y del personal involucrado.

CAPÍTULO V: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. Resultados

Los resultados obtenidos que se presentaran a continuación están enfocados en cumplir los objetivos propuestos en la investigación. Estos resultados son los modelos propuestos para cada objetivo específico que en su conjunto representará el objetivo general.

5.1.1. Modelo de Extracción Propuesto

De acuerdo a lo estipulado en el objetivo específico 1, el modelo planteado para el proceso de extracción es el siguiente, el cual se realizó bajo el programa Lucidchart.

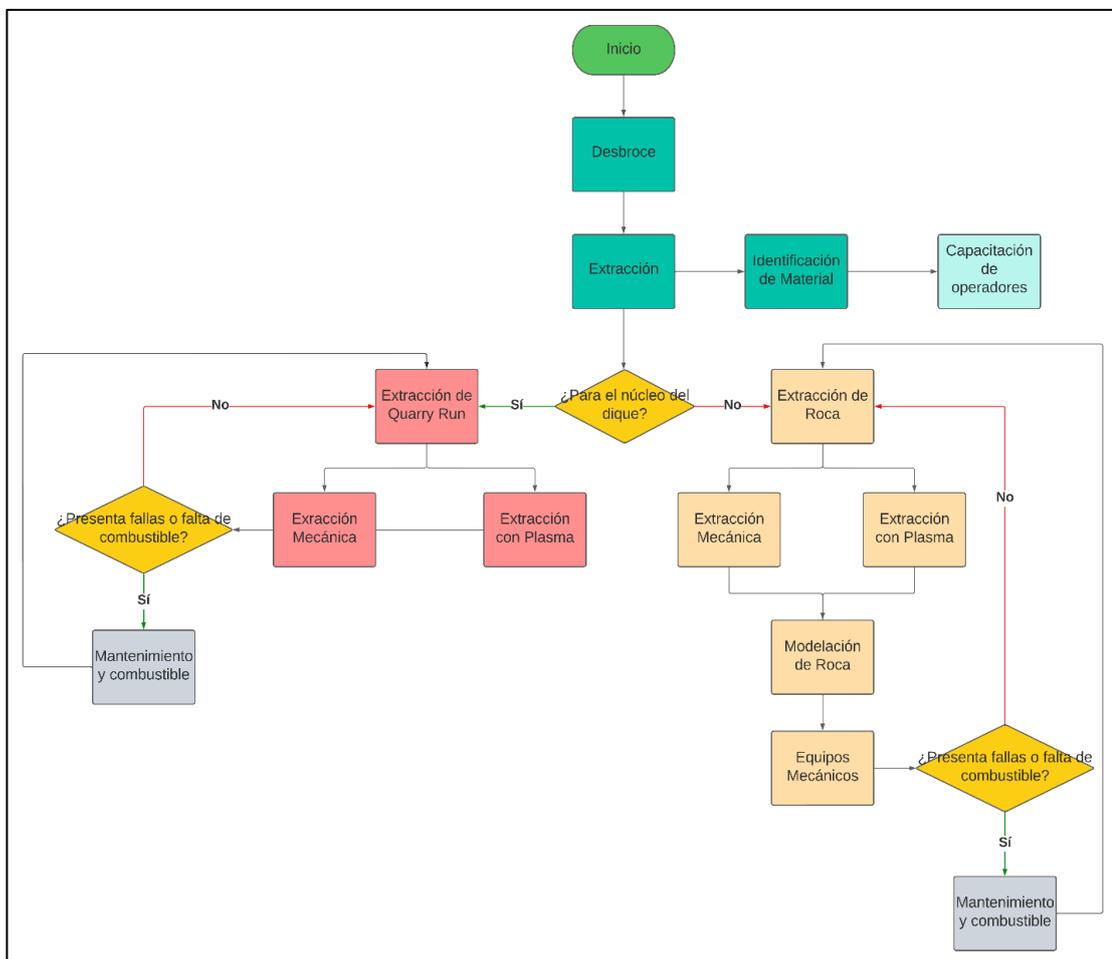


Figura N 35: Modelo de extracción de materiales
Fuente: Elaboración Propia

5.1.2. Modelo de Transporte Interno Propuesto

De acuerdo a lo estipulado en el objetivo específico 2, el modelo planteado para el proceso del transporte interno es el siguiente, el cual se realizó bajo el programa Lucidchart.

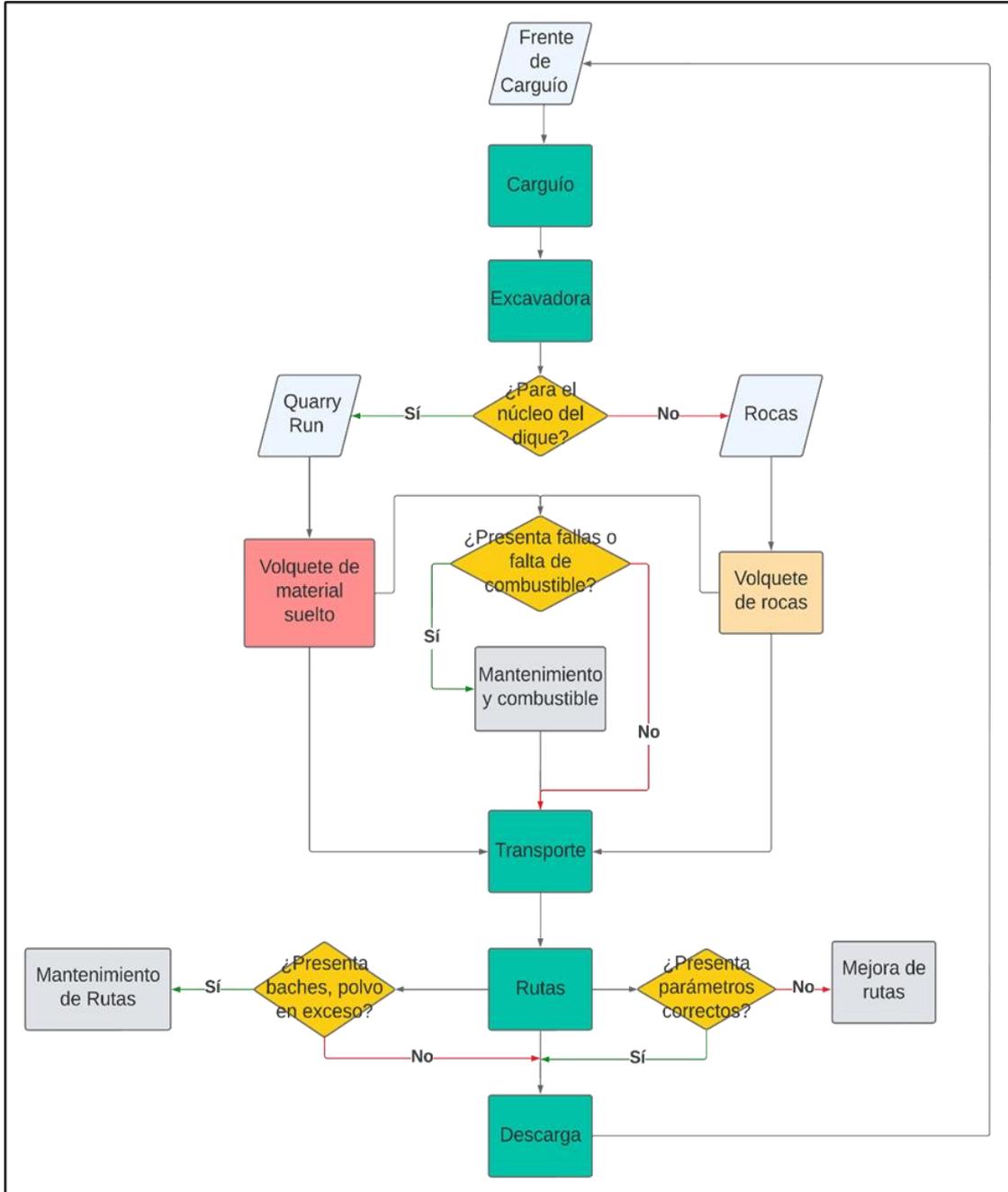


Figura N 36: Modelo de transporte interno
Fuente: Elaboración Propia

5.1.3. Modelo de Ejecución de Acopio

De acuerdo a lo estipulado en el objetivo específico 3, el modelo planteado para el proceso de ejecución del acopiado es el siguiente, el cual se realizó bajo el programa Lucidchart.

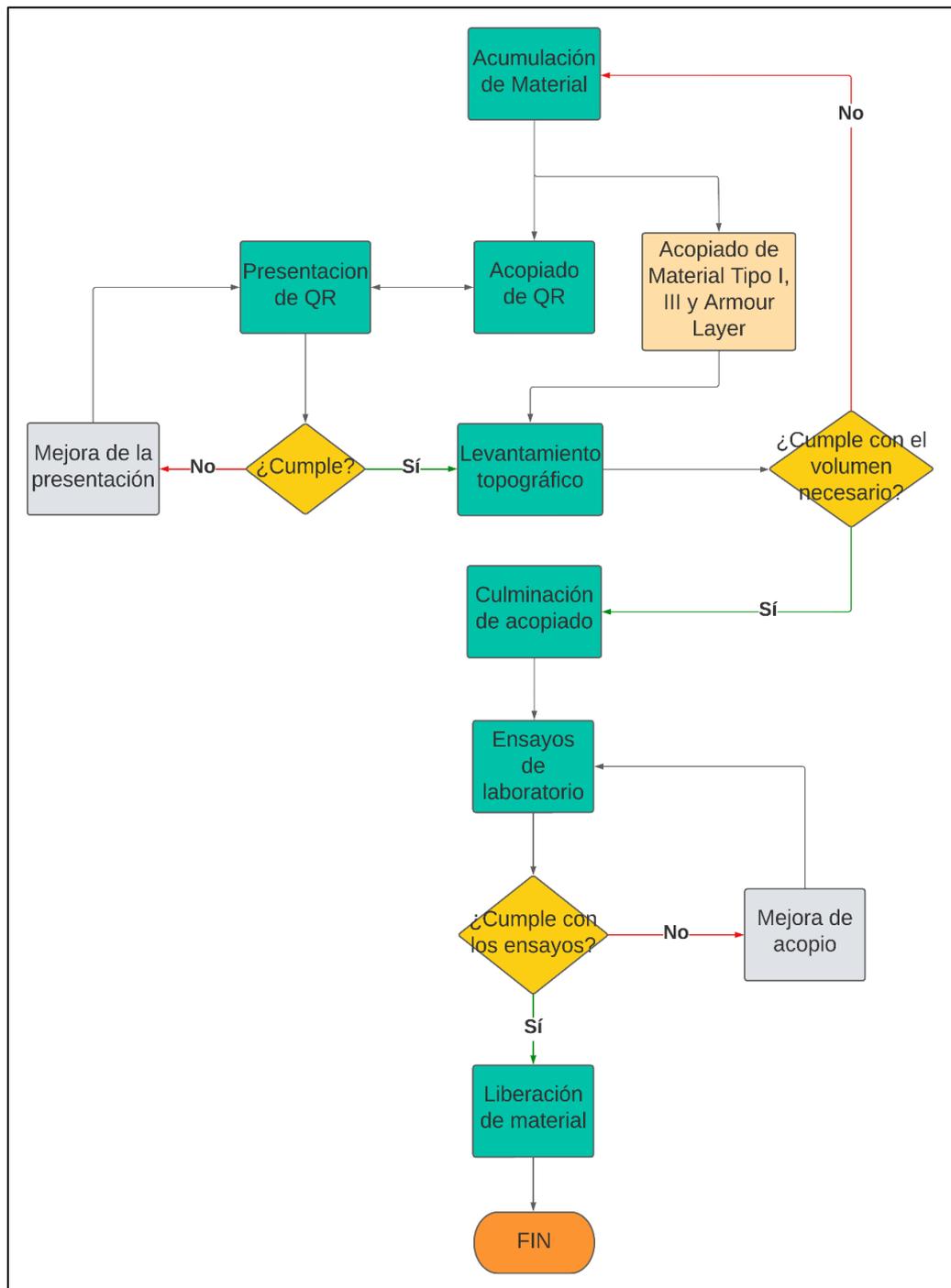


Figura N 37: Modelo de ejecución de acopio
Fuente: Elaboración Propia

5.1.4. Modelo de Explotación de Materiales

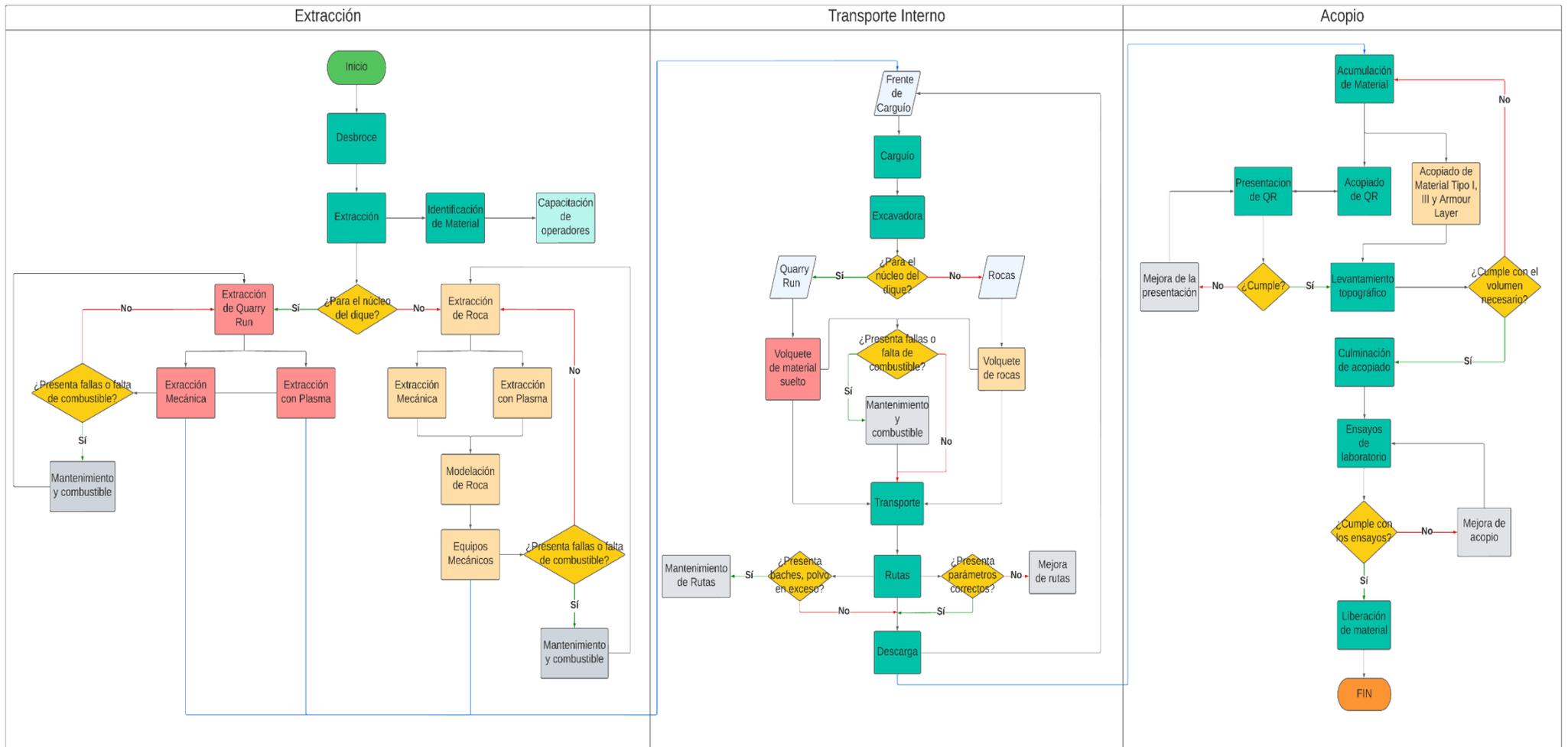


Figura N 38: Modelo de Explotación de Materiales
Fuente: Elaboración Propia.

5.2. Análisis o Discusión de Resultados

5.2.1. Análisis del modelo de Extracción

De acuerdo a lo planteado para el primer modelo que se refiere a la extracción de materiales se agregó las capacitaciones en cuestión de reconocimiento de material y en el mantenimiento constante de las maquinarias. Esto debido a que el material Quarry Run, Tipo I, Tipo III y Armour Layer no son habituales en las construcciones comunes como son edificaciones, puentes y carreteras; esto deriva en extracciones y trabajos de material fallidos durante este proceso, lo que termina afectando a la obra ya que se retrabaja el material y se invierte mayor cantidad de horas máquinas, al ser este un proceso parte de una cadena también afecta al suministro constante de materiales a la obra principal.

Como se observa en la Tabla N 16 la producción de material QR se vio beneficiado ya que se ve un aumento de un poco más de 2000 m³ en la extracción, después de la introducción de las capacitaciones de reconocimiento del material evitando el constante mejoramiento de los acopios.

Tabla N 16
Producción de Material Quarry Run

	Producción de Material QR SEM1-31 (m3)	Producción de Material QR SEM32-51 (m3)
Acumulado	314,237.91	247,163.75
Media Semanal	10,136.71	12,358.19

Fuente: Adaptada del proyecto A (Ver Anexo D).

Como se observa en la Figura N 39 la producción de Roca tipo III semanal tiende a un aumento constante debido a las capacitaciones constantes que se dan en los diferentes frentes de extracción, teniendo como estrategia la muestra de una correcta gradación del material en una zona estratégica para que cada operador conozca y produzca el material requerido.

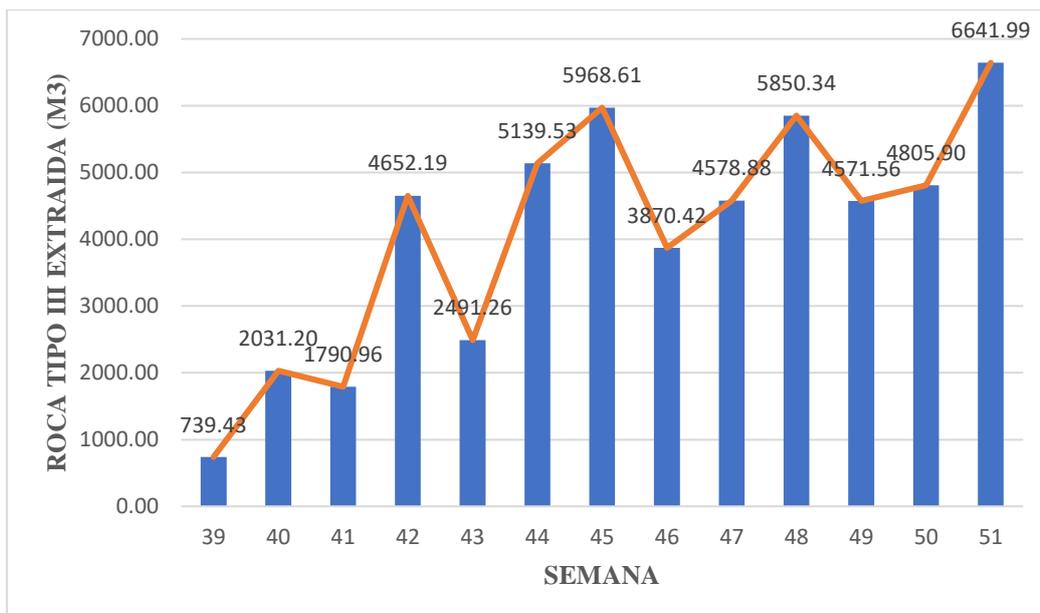


Figura N 39: Producción de Roca Tipo III
Fuente: Adaptada del proyecto A (Ver Anexo D).

Si bien es cierto la fragmentación de roca realizada por voladuras es lo más común a la hora de plantear un método de extracción, para este tipo de canteras que se ubican en la costa y que por lo general tienen poblaciones aledañas es una desventaja plantear estas extracciones con explosivos ya que pueden llegar a afectar a la salud y bienestar de los pobladores debido a que las explosiones emiten sonidos estruendosos que contribuyen a la contaminación acústica y afecta a la tranquilidad habitual de los pobladores. Además, esto puede causar a que se generen reclamaciones por parte de la población que si no son atendidas a tiempo pueden llegar a generar atrasos en todo el proceso de la explotación. Como lo menciona Arce y Bringas (2020) en sus conclusiones “Del análisis comparativo de las mediciones de los efectos de las vibraciones tanto en voladura convencional con el uso de explosivos y con el uso de la tecnología plasma, concluimos que, es perfectamente posible minimizar el impacto tanto en instalaciones, así como en el área de influencia del proyecto, el medio ambiente colindante, con mínimos niveles de vibración, inexistente emisión de gases tóxicos y evacuaciones. Además del favorecimiento a la optimización de recursos, que otros proyectos podrían aplicar”.

Con todo esto analizado es que se tomó en cuenta métodos de fragmentación de rocas alternativos que disminuya el riesgo de presentar los problemas

mencionados como son la fragmentación con capsulas de plasma y el empleo de maquinarias de corte: Ripper y martillo hidráulico.

5.2.2. Análisis del modelo de Transporte Interno

El modelo de transporte interno propuesto se enfocó en mejorar cuatro subprocesos detectados en la cantera estudiada: el mantenimiento de las maquinarias, la reducción del tiempo improductivo en los frentes de carguío, mantenimiento y mejora de las rutas.

En toda explotación de materiales en canteras costeras es indispensable que las maquinarias se encuentren habilitadas para garantizar un trabajo fluido, sin interrupciones por averías o por falta de combustible, por lo tanto debe existir un área de personal capacitado para el exclusivo mantenimiento de las maquinarias pesadas y de transporte, así como personal para abastecer de combustible y evitar pérdidas de tiempo en el transporte de los maquinarias hacia zonas de abastecimiento de combustible.

Los momentos donde se observó más tiempo que los volquetes no estaban trabajando fue en los frentes de carguío, ya que se observó colas de volquetes en espera en zonas de extracción de difícil maniobrabilidad lo que terminaba influyendo de manera negativa a la eficiencia del acarreo de los materiales. Por lo que un buen diseño teniendo en cuenta los adecuados parámetros para la plataforma de trabajo ayudaría a reducir los tiempos de cola de volquetes que suceden por la dificultad a la hora de maniobrar en espacios reducidos.

Como señala Pauca (2019) “Se observa que los tiempos improductivos en el proceso de acarreo de material en la mina Parcoy son la de: espera al volquete por parte del scoop, cola de volquetes (espera scoop), reparaciones mecánicas y la capacidad nominal de volquetes.”

También otro contratiempo que influyó en la demora del transporte interno fueron las condiciones y características de las rutas de acarreo, debido a que se presencié reducción de la velocidad de los volquetes por la presencia de baches y el levantamiento de polvo. Es por todo esto que se colocó en el modelo un apartado de mantenimiento y mejora de las rutas de acarreo, para el

mantenimiento se recomendó perfilado y compactado, reparación de baches en la trocha y riego de las rutas.

De la revista Construcción Minera en la edición Número 13 (2015) mencionan sobre la importancia de una gestión del mantenimiento de los caminos en minas señalando que “cada peso que se invierte correctamente en el mantenimiento de la red de caminos mineros, tiene asociado retornos económicos originados en el proceso de transporte de material, ya que un camino en mejores condiciones permite que el ciclo de carga-descarga se realice en menor tiempo y por lo tanto la producción de mineral aumente”.

5.2.3. Análisis del modelo de Ejecución del Acopio

Para mejorar la ejecución de los acopios se propuso tener un mejor control en la presentación del acopiado para el material Quarry Run, debido a que la gradación del material necesita estar bien homogénea a la hora de extraer la muestra para sus respectivos ensayos. La mala presentación del acopio podría conllevar a observaciones por parte de supervisión o del cliente, dichas observaciones deben ser corregidas lo más antes posible antes del ensayo de macro granulometría; estos problemas terminan afectando de manera negativa el tiempo de liberación del acopio. Como se observó en la Figura N 11 donde se demuestra que el 45% de los trabajadores observaron que se tuvo que realizar retrabajos por presentación de los acopios.

Otra propuesta para evitar retrabajar los acopios por defectos de la calidad del material, fue recomendar a una persona encargada la cual su función principal sea la de supervisar el material Quarry Run descargado en los acopios con el fin de evitar acumulación de material no competente. Para así evitar resultados como la de la Figura N 15 donde se observa que el 60% de los trabajadores encuestados observaron material no competente en los acopios.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

1. El modelo propuesto para el proceso de extracción de materiales abastecería eficientemente la construcción de las fases 1, 2, 3 y 4 de un dique rompeolas, en la figura N 35 se formuló un modelo a través de un flujograma para el proceso de extracción de materiales en canteras costeras el cual tiene como parte principal la capacitación de los operadores en el reconocimiento del material extraído para evitar retrabajos de extracción por material no competente.
2. El modelo propuesto para el proceso de transporte interno abastecería eficientemente la construcción de las fases 1, 2, 3 y 4 de un dique rompeolas, en la figura N 36 se formuló un modelo a través de un flujograma para el proceso de transporte interno de materiales en canteras costeras donde el diseño y mantenimiento de rutas es el eje principal de un flujo continuo del acarreo de materiales.
3. El modelo propuesto para el proceso de ejecución del acopio abastecería eficientemente la construcción de las fases 1, 2, 3 y 4 de un dique rompeolas, en la figura N 37 se formuló un modelo a través de un flujograma para el proceso de ejecución de acopio de materiales en canteras costeras resaltando que una buena presentación del acopio tanto como Quarry Run y Rocas Tipo I, III, Armour layer ayudaría a evitar retrabajos de mejoramiento y resultados no deseados en los ensayos.
4. El modelo propuesto de Explotación de materiales abastecería eficientemente la construcción de un dique rompeolas de protección de un muelle, en la figura N 38 se representó el modelo de explotación de materiales a través de la unión de los tres modelos propuestos para los procesos que abarca la explotación los cuales fueron: extracción, transporte interno y acopio.

6.2. Recomendaciones

1. Tomar este modelo como punto de partida para crear modelos de explotación de canteras para diques con diferentes características.
2. Evaluar el proceso que involucra el transporte externo desde las canteras hacia las obras con el fin de mejorar el modelo propuesto.
3. Se recomienda tomar un enfoque de la investigación que abarque costos de los procesos de la explotación para complementar la investigación realizada.
4. Investigar sobre los demás estudios que involucran la explotación de canteras como: la exploración, impacto ambiental, cierre de canteras, para tener una base más sólida del estado del arte.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abril, M. (2019). *Sistema de gestión del proceso productivo de agregados aplicado a la Cantera Borcons* (tesis de pregrado). Universidad de Especialidades Espíritu Santo, Samborondón, Ecuador.
- Arce, V. y Bringas, C. (2020). *Incidencia de la tecnología plasma en la variación de los efectos de las vibraciones producidas por operaciones de voladura en minería superficial, Cajamarca, 2020* (tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú.
- Bellamy, D. & Pravica, L. (2010), 'Assessing the impact of driverless haul trucks in Australian surface mining', *Resources Policy*, 36(2), p. 149-58.
- Building stones of Edinburgh: quarrying methods. (2015, November 24). MediaWiki,. Retrieved 22:35, October 2, 2022 from http://earthwise.bgs.ac.uk/index.php?title=Building_stones_of_Edinburgh:_quarrying_methods&oldid=23533.
- Calua, F. (2019). *Propuesta de minimización de tiempos improductivos para una mayor producción en carguío y acarreo en Cia. Minera Coimolache s.a.* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.
- Carlotto, R., Shady, R., Manosalva, D., Velarde, T., y Neyra, A. (2010). Las canteras y los minerales utilizados en la ciudad de caral. *Sociedad Geológica del Perú*, Pub. N°9, 1255-1258.
- Chiriboga, F., Pillasagua, J., y Santos, E. (2010). Rendimiento de Equipo Pesado para la Explotación de una Cantera de Cielo Abierto. Universidad de Especialidades Espíritu Santo, Samborondón, Ecuador.
- CIRIA, CUR, CETMEF (2007). *The Rock Manual. The use of rock in hydraulic engineering (2nd edition)*. C683, CIRIA, London
- Consejo de Competencias Mineras. (2018). Impacto de las nuevas tecnologías en las competencias requeridas por la industria minera. Recuperado de https://www.ccm.cl/wp-content/uploads/2020/09/IMPACTO-DE-LAS-NUEVAS-TECNOLOGÍAS_2018.pdf
- Díaz, P. (2008). Guía de buenas prácticas para la ejecución de obras marítimas. Puertos del Estado. España.

- Farr, J. (2014). “Lapis Ganibus: Tufo and the Economy of Urban Construction in Ancient Rome.” (Phd). Universidad de Michigan, Michigan, Estados Unidos.
- Fisher, B. & Schnittger, S. (2012). Autonomous and Remote Operation Technologies in the Mining Industry: Benefits and Costs, BAE Report 12.1, Canberra, Australia.
- Giurco, D., Prior, T., Mudd, G., Mason, L. and Behrisch, J. (2010), ‘Peak minerals in Australia: a review of changing impacts and benefits’, prepared for CSIRO Minerals Down Under Flagship, by the Institute for Sustainable Futures (University of Technology, Sydney) and Department of Civil Engineering (Monash University), March.
- Guerra-López, E. y Montes de Oca-Risco, A. (2018). Relación entre la productividad, el mantenimiento y el reemplazo del equipamiento minero en la gran minería. *Boletín de Ciencias de la Tierra*, 45, pp. 14-21.
- Herrera, J. (2006). Métodos de minería a cielo abierto. Universidad Politécnica de Madrid. Departamento de Explotación de Recursos Minerales y Obras Subterráneas, Madrid, España.
- Herrera, J. (2007). Diseño de Explotaciones de Cantera. Universidad Politécnica de Madrid. Departamento de Explotación de Recursos Minerales y Obras Subterráneas, Madrid, España.
- Herrera, A. (2019). *Explotación de la cantera Papujune para el abastecimiento de los agregados a las operaciones de la mina Quellaveco* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú.
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M. (2014). Metodología de la Investigación. Ciudad de México, México: Mc Graw-Hill.
- Mager, J. (1998). Minas y Canteras. En T. A. Hethmon y K. B. Dotson. (Ed.), Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo (pp. 74.20-74.24). Madrid, España: MTASSGP.
- Medina, J. R., y Vidal, C. (2014). Diseño y construcción de diques rompeolas. *Ingeniería Del Agua*, 18(1), 29–38. <https://doi.org/10.4995/ia.2014.3074>
- Ñaupas, H., Mejía, E., Novoa, E., y Villagómez, A. (2014). *Metodología de la investigación Cuantitativa – Cualitativa y Redacción de la Tesis*. Bogotá, Colombia: Ediciones de la U.
- Pauca, M. (2019). *Selección y reemplazo de equipo de acarreo para optimizar tiempos y reducir costos operativos - mina Parcoy consorcio minero horizonte - jjd*

- contratistas s.a.c.* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú.
- Ramirez Silva, M. (2016). Estudio técnico económico en la aplicación de plasma para la explotación de bancos de producción según método Bench and Fill para el control de la dilución en minería el Peñon. Tesis de Licenciatura, Universidad de Antofagasta, Chile.
- Sigurdarson, S., Bjarki, O. & Viggosson, G. (2000). Design Considerations of Berm Breakwaters. *International Conference on Coastal Engineering*. Sydney, Australia.
- Taype, E. (2016). *Diseño de explotación de cantera para agregados, distrito de Huayucachi* (tesis de pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.
- Vidal, C., Losada, M. Ángel, Medina, R., y Losada, I. (1994). Análisis de la estabilidad de diques rompeolas. *Ingeniería Del Agua*, 1(1), 17–34. <https://doi.org/10.4995/ia.1994.2629>
- Zhou, H., Xie, X., & Feng, Y. (2018). Rock breaking methods to replace blasting. *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 322

ANEXOS

Anexo A: Matriz de Consistencia

Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Independiente	Dimensiones	Indicador
¿De qué manera se mejoraría el proceso de explotación de materiales en canteras costeras con la finalidad de abastecer eficientemente la construcción de un dique rompeolas de protección de un muelle?	Proponer un modelo de explotación de materiales en canteras costeras con la finalidad de abastecer eficientemente la construcción de un dique rompeolas de protección de un muelle a través de un análisis documentario.	El modelo de explotación de materiales en canteras costeras abastecería con eficiencia la construcción de un dique rompeolas de protección de muelles.	Explotación de materiales	Extracción	Extracción mecánica Extracción con plasma
				Transporte Interno	Diseño de Rutas Mantenimiento de Rutas
				Acopio	Presentación Ensayos Mejoramiento
Problema Específico	Objetivo Específico	Hipótesis Específicas	Variable Dependiente	Dimensiones	Indicador
¿De qué manera se mejoraría el proceso de extracción de materiales de las canteras para el eficiente abastecimiento en la construcción de la fase 1, 2, 3 y 4 de un dique rompeolas?	Proponer un modelo del proceso de extracción de materiales en canteras costeras para el eficiente abastecimiento de la construcción de la fase 1, 2, 3 y 4 de un dique rompeolas.	El modelo del proceso de extracción de materiales en canteras costeras abastecería con eficiencia la construcción de la fase 1, 2, 3 y 4 de un dique rompeolas.	Dique Rompeolas	Fase 1: Rocas QR	Roca Quarry Run
¿Cómo se agilizaría el transporte interno de materiales en canteras costeras para el eficiente abastecimiento en la construcción de la fase 1, 2, 3 y 4 de un dique rompeolas?	Proponer un modelo del proceso de transporte interno de materiales en canteras costeras para el eficiente abastecimiento de la construcción de la fase 1, 2, 3 y 4 de un dique rompeolas.	El modelo del proceso de transporte interno de materiales en canteras costeras abastecería con eficiencia la construcción de la fase 1, 2, 3 y 4 de un dique rompeolas.		Fase 2: Roca Tipo III	Roca Tipo III
¿Cómo se ejecutaría el acopio de los materiales extraídos de las canteras costeras que servirán para el eficiente abastecimiento en la construcción de la fase 1, 2, 3 y 4 de un dique rompeolas?	Proponer un modelo del proceso de ejecución del acopio de los materiales en canteras costeras para el eficiente abastecimiento de la construcción de la fase 1, 2, 3 y 4 de un dique rompeolas.	El modelo del proceso de la ejecución del acopio de materiales en canteras costeras abastecería con eficiencia la construcción de la fase 1, 2, 3 y 4 de un dique rompeolas.		Fase 3: Roca Tipo I	Roca Tipo I
				Fase 4: Roca Armour Layer	Roca Armour Layer

Anexo B: Protocolos o Instrumentos utilizados

		ESCALA DE LIKERT				
		TD	ED	I	DA	TDA
ÍTEM	PREGUNTAS	1	2	3	4	5
DIMENSIÓN 1: EXTRACCIÓN						
1	¿Ha habido inconvenientes por explotar material sin las características requeridas por un tema de falta de capacitación en el reconocimiento del aspecto del material Quarry Run, Tipo I, Tipo III y Armour Layer ?					
2	¿Cree que una buena capacitación para el reconocimiento de los materiales ayuda a evitar el retrabajo en la extracción?					
3	¿Ha habido demoras por avería o falta de combustible en las maquinarias de extracción?					
DIMENSIÓN 2: TRANSPORTE INTERNO						
4	¿Consideras que los tiempos de espera en las zonas de extracción o frentes de carguío son altos?					
5	¿Consideras que el mantenimiento de las rutas hacia los acopios es el adecuado?					
6	¿Ha habido demoras por avería o falta de combustible en los volquetes?					
7	¿Considera que el diseño de las rutas de trabajo en la cantera ocasiona tiempos improductivos?					
DIMENSIÓN 3: ACOPIO						
8	¿Considera que el material esta bien distribuido o bien homogéneo en los acopios?					
9	¿Se realiza el mejoramiento de los acopios para su liberación frecuentemente?					
10	¿Ha habido material no competente (sobre tamaños, material pequeño, material muy fino y contaminación) en los acopios?					
11	¿Ha habido observaciones por parte de la supervisión para la mejora de la presentación de los acopios de Quarry Run?					

LEYENDA	
TD	Totalmente Desacuerdo
ED	En Desacuerdo
I	Indeciso
DA	De Acuerdo
TDA	Totalmente de Acuerdo

Anexo C: Tablas de confiabilidad y validez

Estimado ingeniero, luego de haber analizado el instrumento de recolección de datos se solicita calificar los criterios expuestos en la siguiente tabla, con el propósito de validar el instrumento y continuar con la recolección de datos para el desarrollo de la investigación.

Apellidos y Nombre: *Mauricio Torres Acosta*

Sexo: *Masculino*

Profesión: *Ing. civil*

Edad: *37*

Aspectos de la validación

Indicadores	Criterios	Deficiente 0-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Formulado con lenguaje apropiado de manera concisa					X
2. Objetividad	Expresado en conductas observables					X
3. Actualidad	De acuerdo al avance de la ciencia y tecnología			X		
4. Organización	Organizada de manera lógica y secuencial				X	
5. Suficiencia	Es suficiente para la caracterización de las dimensiones			X		
6. Consistencia	Basado en fundamentos teóricos y científicos					X
7. Coherencia	Las preguntas guardan relación con el propósito de la investigación					X

8. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico				X	
9. Pertinencia	El instrumento es adecuado para el propósito de la investigación					X
Promedio de validación						



CIP: 16914

Estimado ingeniero, luego de haber analizado el instrumento de recolección de datos se solicita calificar los criterios expuestos en la siguiente tabla, con el propósito de validar el instrumento y continuar con la recolección de datos para el desarrollo de la investigación.

Apellidos y Nombre: GUTIERREZ, HANS

Sexo: MASCULINO

Profesión: INGENIERO

Edad: 45

Aspectos de la validación

Indicadores	Criterios	Deficiente 0-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Formulado con lenguaje apropiado de manera concisa					X
2. Objetividad	Expresado en conductas observables				X	
3. Actualidad	De acuerdo al avance de la ciencia y tecnología				X	
4. Organización	Organizada de manera lógica y secuencial					X
5. Suficiencia	Es suficiente para la caracterización de las dimensiones					X
6. Consistencia	Basado en fundamentos teóricos y científicos					X
7. Coherencia	Las preguntas guardan relación con el propósito de la investigación					X

8. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico				X	
9. Pertinencia	El instrumento es adecuado para el propósito de la investigación					X
Promedio de validación		0.	0	0	3	6
		83.33%				



CIP: 84625

Estimado ingeniero, luego de haber analizado el instrumento de recolección de datos se solicita calificar los criterios expuestos en la siguiente tabla, con el propósito de validar el instrumento y continuar con la recolección de datos para el desarrollo de la investigación.

Apellidos y Nombre: Sima Gárate Frank Max

Sexo: Masculino

Profesión: Ingeniero Industrial

Edad: 36

Aspectos de la validación

Indicadores	Criterios	Deficiente 0-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Formulado con lenguaje apropiado de manera concisa					85
2. Objetividad	Expresado en conductas observables				75	
3. Actualidad	De acuerdo al avance de la ciencia y tecnología					82
4. Organización	Organizada de manera lógica y secuencial				70	
5. Suficiencia	Es suficiente para la caracterización de las dimensiones					85
6. Consistencia	Basado en fundamentos teóricos y científicos					81
7. Coherencia	Las preguntas guardan relación con el propósito de la investigación				78	

8. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico				78	
9. Pertinencia	El instrumento es adecuado para el propósito de la investigación				75	
Promedio de validación					376	333
		78.78%				

Alfa de Cronbach

	Item1	Item2	Item3	Item4	Item5	Item6	Item7	Item8	Item9	Item10	Item11	Suma
Sujeto 1	4	5	4	4	4	5	4	4	4	3	3	44
Sujeto 2	5	4	5	3	4	4	3	4	4	4	2	42
Sujeto 3	3	4	4	2	2	4	4	4	4	2	2	35
Sujeto 4	4	4	3	3	2	4	4	4	5	4	2	39
Sujeto 5	3	5	3	4	4	4	2	3	4	3	3	38
Sujeto 6	3	4	3	2	3	3	2	3	4	2	4	33
Sujeto 7	4	4	4	4	4	3	3	4	4	2	4	40
Sujeto 8	2	3	3	4	3	3	4	3	3	2	3	33
Sujeto 9	4	5	3	2	5	5	3	2	4	3	4	40
Sujeto 10	3	4	4	3	4	3	3	4	4	2	4	38
Sujeto 11	3	2	3	3	3	5	3	3	3	3	3	34
Sujeto 12	2	4	2	2	3	2	2	4	2	2	1	26
Sujeto 13	3	3	3	3	4	3	2	3	3	4	4	35
Sujeto 14	2	2	3	2	3	3	3	2	3	2	2	27
Sujeto 15	2	2	3	3	2	3	3	3	2	1	2	26
Sujeto 16	2	2	3	2	3	4	2	3	3	3	3	30
Sujeto 17	2	4	2	3	3	2	2	2	4	2	2	28
Sujeto 18	2	4	3	1	4	5	2	4	3	2	3	33
Sujeto 19	2	3	3	2	3	3	3	2	3	2	2	28
Sujeto 20	1	3	3	2	3	3	2	2	2	1	1	23
Varianzas	0.96	0.9475	0.46	0.71	0.61	0.8475	0.56	0.6275	0.64	0.7475	0.91	

α (alfa)= 0.84083431
 K (número de ítems)= 11
 Vi (varianza de cada ítem)= 8.02
 Vt (varianza total)= 34.04

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left[1 - \frac{\sum V_i}{V_t} \right]$$

Anexo D: Formatos y otros
 Formato de Ensayo de Macro-granulometría para Quarry Run

CONTROL DE CALIDAD		Fecha:
GRADING TESTING - QUARRY RUN		Centro de Costo:
Cirta C683 The Rock Manual and BS 13363		N° de Contrato:
PROYECTO :	REGISTRO N° :	0324
CLIENTE :	PROCEDENCIA :	
SUPERVISION DE OBRA :	UBICACIÓN :	ACOPIO N°10
CONTRATISTA :	TIPO DE MUESTRA :	QUARRY RUN
	CALICATA :	-
	FECHA MUESTREO :	
	FECHA ENSAYO :	
COORDENADAS : NORTE:		ESTE:
		COTA:

Tamaño del Tamiz (")	Tamaño del Tamiz (mm)	PESO PIEDRA (KG)	Peso Retenido	% Retenido	% Retenido acumulado	% Pasante
27	665.800	800.000	0.0	0.0	0.0	100.0
9	228.800	30.000	1656.0	31.4	31.4	68.6
4	101.800	2.840	1640.0	31.3	62.7	37.3
3	76.200	1.100	807.0	9.8	72.5	27.7
1 1/2	38.100	0.138	886.0	16.8	89.1	10.9
N° 4	4.750	0.00027	510.0	9.7	98.8	1.2
N° 200	0.075	0.0000001	49.0	0.9	99.7	0.3
Fondo			14.0	0.3	100.0	0.0

PESO PIEDRA (kg)		% PASANTE (EE.TT)		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	
30	1700.0	100	95	Peso Total (kg) = 5275
4	850.0	90	90	
0.20	30.0	50	50	Material mas fino que tamiz #200 (%) 0.3
0.005	2.30	20	20	
0.00005	1.00	10	10	

Requisitos de Clasificación		
	Kg	mm
D10	0.13	37
D15	0.33	51
D60	14.2	176
D85	174	411
D15 filter	220	445

Regla de Estabilidad Interna		
D60/D10 (<10)	4.79	Cumple EETT.
Retención inferior D15filter/D60base < 5 (Tipo B / Quarry Run)		
D15/D85 (<5)	1.08	Cumple EETT.
D/E=3-(%)	2.58	Cumple
Código "GRADING TESTING. TPOJIC"		

QUARRY RUN Ton

Grading curve showing Percentage que pasa (%) vs PESO Kg. The graph includes a blue curve for the sample, a black line for the minimum limit, and a green line for the maximum limit. Vertical dashed lines indicate sieve sizes: M5, M15, and M10.

Formato de Ensayo de Macro-granulometría para Roca Tipo III

		CONTROL DE CALIDAD		Fecha:
		GRADING TESTING-TIPO III		Centro de Costo:
		Cirta C683 The Rock Manual and BS 13363		N° de Contrato:
PROYECTO :		REGISTRO N° :	0325	
CLIENTE :		PROCEDENCIA :		
SUPERVISION DE OBRA :		UBICACIÓN :	ACOPIO N°05	
CONTRATISTA :		TIPO DE MUESTRA :	ROCA-TIPO III	
		CALICATA :	-	
		FECHA MUESTREO :		
		FECHA ENSAYO :		
COORDENADAS :	NORTE:	ESTE:	COTA:	

Rango de Pesos [Kg]	N° Total de Rocas en la Muestra	N° de Rocas de Mayor Peso Qm	Peso de Rocas [Kg]	% Referido Acumulado
25	1	3	25	0.1
30	4	10	107	0.4
40	14	29	466	1.7
60	43	28	1945.5	7.2
80	71	24	3866	14.3
100	95	42	6049.5	22.4
150	137	40	11315.5	41.9
200	177	15	18442.5	58.3
250	192	15	21946.5	80.9
300	207	2	25886.5	95.9
400	209	1	26992.5	98.5
500	210	1	27006.5	100.0

PESO PIEDRA [Kg]	LÍMITES ESPECÍFICOS [%]	
25	<2	ELL
30	<15	NLL
500	>85	NUL
400	>97	EUL

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
PESO TOTAL [kg]	27,007
N° TOTAL DE PIEDRAS	210

Regulativos de Clasificación			
Regla de Estabilidad Interna			
D80/D10 (-10)	1.38	Cumple las Especificaciones Técnicas	SI

Referencia rate= D10/finer/D85base < 6 (Tipo III / Quarry Run)	
0.99	Cumple BETT.

Kg	mm	
D10	69.2	302
D16	82.9	321
D60	183.7	419
D86	264	473
D86(Quarry Run)	115	358
Peso del 60 (%) (>90 kg)	166 kg	Cumple BETT.

ROCK TYPE III

EQUIPO UTILIZADO	

Producción de materiales hasta la Semana 51

CONTROL DE PRODUCCIÓN

VOL. ACUMULADO #####
EXTRACCIÓN REPORTE PROG.

INICIO																							
FIN																							
DESCRIPCION	UND	TOTAL	SEM1-31	SEM32	SEM33	SEM34	SEM35	SEM36	SEM37	SEM38	SEM39	SEM40	SEM41	SEM42	SEM43	SEM44	SEM45	SEM46	SEM47	SEM48	SEM49	SEM50	SEM51
PROGRAMADO CANTERA 1	m3	-																					
ACUM. CANTERA BIRRAK	m3	479,735.75		15,310	32,838	49,063	65,442	83,680	110,720	134,276	159,301	182,196	218,789	258,173	297,691	331,921	360,915	389,229	408,377	433,792	443,035	461,060.75	479,735.75
PROD. CANTERA BIRRAK	m3	18,675.00		15,310	17,528	16,225	16,379	18,238	27,040	23,556	25,025	22,895	36,593	39,384	39,518	34,230	28,994	28,314	19,148	25,415	9,243	18,026.00	18,675.00
DIA	m3	10,394.00	314,237.91	8,210	9,128	8,319	9,037	9,661	15,470	10,985	14,729	12,092	21,235	20,377	19,550	14,370	14,389	14,183	9,866	11,934	4,927	8,358.00	10,394.00
NOCHE	m3	8,281.00	128,769.19	7,100	8,400	7,906	7,342	8,577	11,570	12,571	10,296	10,803	15,358	19,007	19,968	19,860	14,655	14,131	9,282	13,481	4,316	9,668.00	8,281.00
PROGRAMADO CANTERA 2	m3	-																					
ACUM. CANTERA GAMBETA	m3	39,441.00		4,102	13,735	16,309	22,621	24,701	24,701	24,701	24,701	24,701	24,701	24,701	24,701	32,358	35,801	39,441	39,441	39,441	39,441	39,441.00	39,441.00
PROD. CANTERA GAMBETA	m3	-		4,102	9,633	2,574	6,312	2,080	-	-	-	-	-	-	-	7,657	3,443	3,640	-	-	-	-	-
DIA	m3	-	59,885.61	2,763	5,330	1,300	3,549	1,053	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,781	2,002	-	-	-	-
NOCHE	m3	-	29,926.46	1,339	4,303	1,274	2,763	1,027	-	-	-	-	-	-	-	4,589	1,662	1,638	-	-	-	-	-

VOL. ACUMULADO 1,196.00

PRODUCCIÓN ROCA TIPO I

INICIO																							
FIN																							
DESCRIPCION	UND	TOTAL	SEM1-31	SEM32	SEM33	SEM34	SEM35	SEM36	SEM37	SEM38	SEM39	SEM40	SEM41	SEM42	SEM43	SEM44	SEM45	SEM46	SEM47	SEM48	SEM49	SEM50	SEM51
PROGRAMADO	m3	-																					
ACUMULADO	m3	1,196.00	-	-	-	-	-	956.80	956.80	1,196.00	1,196.00	1,196.00	1,196.00	1,196.00	1,196.00	1,196.00	1,196.00	1,196.00	1,196.00	1,196.00	1,196.00	1,196.00	1,196.00
TOTAL DIA	m3	-	-	-	-	-	-	956.80	-	239.20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DIA	m3	-	-	-	-	-	-	956.80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NOCHE	m3	-	-	-	-	-	-	-	-	239.20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
								416.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
								-	-	104.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

VOL. ACUMULADO 56,349.45

PRODUCCIÓN ROCA TIPO III

INICIO																								
FIN																								
DESCRIPCION	UND	TOTAL	SEM1-31	SEM32	SEM33	SEM34	SEM35	SEM36	SEM37	SEM38	SEM39	SEM40	SEM41	SEM42	SEM43	SEM44	SEM45	SEM46	SEM47	SEM48	SEM49	SEM50	SEM51	SEM52
PROGRAMADO	ton	-																						
ACUMULADO	ton	56,349.45	-	-	-	-	-	-	-	739.43	2,770.63	4,561.59	9,213.78	13,043.05	18,446.03	25,003.48	29,426.20	34,479.66	40,330.00	44,901.56	49,707.46	56,349.45	56,349.45	
TOTAL DIA	ton	6,641.99	-	-	-	-	-	-	-	739.43	2,031.20	1,790.96	4,652.19	3,829.27	5,402.98	6,557.45	4,422.72	5,053.46	5,850.34	4,571.56	4,805.90	6,641.99	-	
DIA	ton	6,641.99	-	-	-	-	-	-	-	739.43	2,031.20	1,790.96	4,652.19	2,491.26	5,139.53	5,968.61	3,870.42	4,578.88	5,850.34	4,571.56	4,805.90	6,641.99	-	
NOCHE	ton	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,338.01	263.45	588.84	552.30	474.58	-	-	-	-	

Anexo E: Autorización de consentimiento de la organización, para realizar la investigación.

Lima, 10 de Octubre de 2022

Por la presente, autorizamos al Sr Luigi Rommel Palacios Cáceres a fin de que pueda utilizar los datos, figuras, o fotografías de la empresa para la elaboración de su tesis.

Sin otro particular, me despido

Atentamente,



.....

(Jefe de control de Calidad)

DNI: 43270893