

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA



**“SELECCIÓN E INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DE
TRITURACIÓN DE PIEDRA PARA PROVEER A EL
PROYECTO DE AMPLIACIÓN NORTE DEL
METROPOLITANO POR OHL”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR
EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO

AUTOR: EDWIN VERGARA PINTO

ASESOR: Msc. ELISEO PAEZ APOLINARIO

Callao, 2021

PERÚ

INFORME DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL- Vegara Pinto



<p>Nombre del documento: INFORME DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL- Vegara Pinto.pdf</p> <p>ID del documento: 1dd15237122b4bfad5805fe2dd3206ca400c1345</p> <p>Tamaño del documento original: 3,36 MB</p>	<p>Depositante: FIME PREGRADO UNIDAD DE INVESTIGACION</p> <p>Fecha de depósito: 23/4/2024</p> <p>Tipo de carga: interface</p> <p>fecha de fin de análisis: 23/4/2024</p>	<p>Número de palabras: 13.456</p> <p>Número de caracteres: 92.205</p>
--	--	---

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes de similitudes

Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	spij.minjus.gob.pe https://spij.minjus.gob.pe/Graficos/Peru/2013/Febrero/16/RD-03-2013-MTC-14.pdf 6 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (232 palabras)
2	www.powerscreen.com https://www.powerscreen.com/docs/librariesprovider18/product-brochure/premiertrak-400x-r400x-... 2 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (152 palabras)
3	www.terex.com Criba de servicio pesado 883+ Precriba móvil Finlay https://www.terex.com/finlay/es/product/heavy-duty-screens/883 2 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (130 palabras)
4	go2fok.pe https://go2fok.pe/wp-content/uploads/2020/05/BROCHURE-EXCAVADORA-S-ORUGAS-EC350D-VOLV... 1 fuente similar	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (112 palabras)
5	repositorio.unu.edu.pe http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/4958/B69_UNU_INGENIERIACIVIL_2021_T_SAN... 1 fuente similar	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (46 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.usta.edu.co https://repositorio.usta.edu.co/bitstream/11634/4197/1/Hernandezmanuel2017.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (36 palabras)
2	repositorio.upn.edu.pe Implementación de mejora al sistema de una planta de t... https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/15264?show=full	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (37 palabras)
3	repositorio.usta.edu.co Elaboración de un plan de negocios para la incorporació... https://repositorio.usta.edu.co/handle/11634/4197	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (34 palabras)
4	dspace.uazuay.edu.ec Dspace de la Universidad del Azuay: Determinación de la ... https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/9047	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (28 palabras)
5	www.powerscreen.com Trituradora de mandíbulas Premiertrak 400X y R400X ... https://www.powerscreen.com/es/producto/trituradoras-de-mandibulas/400x	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (26 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas) Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

1	https://www.cialaroca.com/
2	http://www.cialaroca.com/
3	https://www.lhoist.com/es/preparación-y-refinación-de
4	https://www.metso.com/es/productos/chancadores/chancadores
5	https://apuntes-ing

(Resolución Nº156-2021-D-FIME)

**ACTA N° 77 DE EXPOSICIÓN DEL INFORME DE TRABAJO DE SUFICIENCIA
PROFESIONAL DEL III CICLO TALLER PARA LA OBTENCIÓN DE TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO E INGENIERO EN ENERGÍA**

**LIBRO 001 FOLIO No. 125 ACTA N° 077 DE EXPOSICIÓN DEL INFORME DE TRABAJO DE
SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO**

A los 13 días del mes noviembre, del año 2021, siendo las 15.17 horas, se reunieron, en la sala meet: <https://meet.google.com/ktd-ynee-ofn>, el **JURADO DE EXPOSICIÓN DEL INFORME DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL** para la obtención del título profesional de **Ingeniero Mecánico** de la **Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía**, conformado por los siguientes docentes ordinario de la **Universidad Nacional del Callao**:

Mg. ARTURO PERCEY GAMARRA CHINCHAY	: Presidente
Mg. JUAN CARLOS HUAMÁN ALFARO	: Secretario
Mg. ADOLFO ORLANDO BLAS ZARZOSA	: Miembro
Mg. RENZO IVAN VILA ARCE	: Suplente

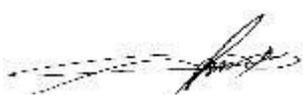
Se dio inicio al acto de exposición del informe de trabajo de suficiencia profesional del Bachiller **VERGARA PINTO EDWIN**, quien habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero **MECÁNICO**, sustenta el informe titulado "**SELECCIÓN E INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DE TRITURACIÓN DE PIEDRA PARA PROVEER A EL PROYECTO DE AMPLIACIÓN NORTE DEL METROPOLITANO POR OHL**", cumpliendo con la sustentación en acto público, de manera no presencial a través de la Plataforma Virtual, en cumplimiento de la declaración de emergencia adoptada por el Poder Ejecutivo para afrontar la pandemia del Covid-19, a través del D.S. N° 044-2020-PCM y lo dispuesto en el DU N° 026-2020 y en concordancia con la Resolución del Consejo Directivo N°039-2020-SUNEDU-CD y la Resolución Viceministerial N° 085-2020-MINEDU, que aprueba las "Orientaciones para la continuidad del servicio educativo superior universitario".

Con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la exposición de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la exposición, y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, acordó: Dar por **APROBADO** con la escala de calificación cualitativa **BUENO** y calificación cuantitativa **15 (QUINCE)**, la presente exposición, conforme a lo dispuesto en el Art. 27 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 245-2018- CU del 30 de Octubre del 2018

Se dio por cerrada la Sesión a las 15:41 horas del día 13 del mes de noviembre y año en curso.


Mg. ARTURO PERCEY GAMARRA CHINCHAY
PRESIDENTE


Mg. JUAN CARLOS HUAMAN ALFARO
SECRETARIO


Mg. ADOLFO ORLANDO BLAS ZARZOSA
MIEMBRO


Mg. RENZO IVAN VILA ARCE
SUPLENTE


Mg. ELISEO PAEZ APOLINARIO
ASESOR

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y DE ENERGÍA
III Ciclo Taller de Informe de Trabajo de Suficiencia Profesional 2021

Jurado de Exposición

I N F O R M E

Visto el Informe de Trabajo de Suficiencia Profesional titulado: **"SELECCIÓN E INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DE TRITURACIÓN DE PIEDRA PARA PROVEER A EL PROYECTO DE AMPLIACIÓN NORTE DEL METROPOLITANO POR OHL"**, presentado por el señor Bachiller en Ingeniería Mecánica **VERGARA PINTO EDWIN**

A QUIEN CORRESPONDA:

El Presidente del Jurado del señor bachiller en Ingeniería Mecánica **VERGARA PINTO EDWIN**, manifiesta que la Exposición de su Informe de Trabajo de Suficiencia Profesional, se realizó en forma virtual, mediante la sala [://meet.google.com/ktd-ynee-ofn](https://meet.google.com/ktd-ynee-ofn) el día sábado 13 de Noviembre del 2021 a las 15.17 horas, no encontrándose observación alguna, ni correcciones que incluir, el mismo que en su oportunidad fue cuidadosamente evaluado por cada uno de los miembros del Jurado, no presentando ninguna observación en su estructura metodológica y contenido temático.

En tal sentido, en mi calidad de Presidente de Jurado, emito el presente informe favorable para los fines pertinentes.

Bellavista, 13 de Noviembre del 2021



Mg. ARTURO PERCEY GAMARRA CHINCHAY
Presidente de Jurado de Exposición

**“SELECCIÓN E INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DE
TRITURACIÓN DE PIEDRA PARA PROVEER A EL PROYECTO
DE AMPLIACIÓN NORTE DEL METROPOLITANO POR OHL”**

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi familia por el soporte brindado en mi formación profesional, en especial a mi madre Fely, a mi amada esposa Estefania.

AGRADECIMIENTO

**Agradezco a la Universidad Nacional del
Callao, a mi facultad de Ingeniería Mecánica-
Energía y a mi profesor Ing. Eliseo Paez
Apolinario.**

INTRODUCCIÓN

En Perú, actualmente existe una gran brecha infraestructural que aún está lejos de ser cubierta, motivo por el cual, el estado y el sector privado necesitan construir obras. Siendo los agregados derivados de la piedra procesada la principal fuente para desarrollar y reducir las necesidades de infraestructura.

Como respuesta a estas necesidades se presenta este proyecto con la propuesta de instalar una planta de trituración, apuntando específicamente a proveer al proyecto “Ampliación Norte del metropolitano” ejecutado por OHL, proyecto de gran importancia para la conectividad de Lima.

El proyecto “Ampliación Norte del Metropolitano” es uno de los proyectos más significativos que tiene el país este año y definitivamente el más importante de la ciudad de Lima, ya que este proyecto tiene un recorrido de 10.2 Km de vía exclusiva y contará con 18 estaciones que representa un cambio de vida para los ciudadanos de los distritos de Independencia, Los Olivos, Comas, Carabayllo, y Puente Piedra.

Ser parte de este proyecto como proveedor, tiene un gran significado para nuestra empresa ya que siendo fieles a la filosofía empresarial de CIA La Roca de “Roca sobre Roca construimos el futuro” estamos construyendo el futuro de nuestro país y generando un gran impacto en las personas que se beneficiarán con este proyecto y mejorarán su calidad de vida.

En el presente trabajo se desarrolla todos los pasos necesarios para una exitosa selección e instalación de una planta de trituración de piedra, específicamente para la producción de 3 tipos de materiales que son los que se proveen al proyecto: (i) material de relleno, (ii) material base, (iii) material subbase. Los pasos van desde la selección de equipos y maquinarias idóneos para el trabajo, diseño del proceso de producción, distribución y ubicación de las líneas de producción, mantenimiento y otros puntos necesarios para la operación.

ÍNDICE

I. ASPECTOS GENERALES.....	7
1.1 Objetivos.....	7
1.1.1 Objetivo General.....	7
1.1.2 Objetivos específicos	7
1.2 Organización de la Empresa o Institución.....	7
1.2.1 Antecedentes históricos	7
1.2.2 Filosofía empresarial	9
1.2.3 Logo de la empresa	10
1.2.4 Ubicación de la cantera.....	11
1.2.5 Estructura organizacional.....	11
1.2.6 Cargos y funciones	12
II. FUNDAMENTACIÓN DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL.....	14
2.1 Marco Teórico	14
2.1.1 Bases teóricas	16
2.1.2 Aspectos normativos.....	23
2.1.3 Simbología técnica.....	27
2.2 Descripción de las actividades desarrolladas	28
2.2.1 Etapas de las actividades	28
2.2.2 Diagrama de flujo	36
2.2.3 Cronograma de actividades.....	40
III. APORTES REALIZADOS	42
3.1 Planificación, ejecución y control de etapas	42
3.1.1 La selección de la maquinaria.....	42
3.1.2 Definición del proceso.....	51
3.1.3 Instalación de las máquinas y líneas de producción	51
3.1.4 El personal y capacitación del personal	54
3.1.5 Controles de calidad.....	56
3.1.6 Elaboración del programa de mantenimiento	56
3.1.7 Indicadores de Gestión	60
3.2 Evaluación técnica – económica.....	60
3.3 Análisis de resultados	73

IV. DISCUSIÓN.....	75
V. CONCLUSIONES.....	76
5.1 Conclusiones	76
VI. RECOMENDACIONES	78
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	79
ANEXOS	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Logo CIA La Roca.....	10
Figura 2. Logo CIA La Roca.....	11
Figura 3. Organigrama CIA La Roca.....	12
Figura 4. Piedra Caliza.....	17
Figura 5. Etapas de la producción de agregados.....	18
Figura 6. Trituradoras de mandíbulas.....	19
Figura 7. Trituradoras de impacto.....	19
Figura 8. Trituradoras cónicas.....	19
Figura 9. Molino de bolas.....	20
Figura 10. Agregados por su composición mineralógica.....	21
Figura 11. Partes del cargador frontal.....	22
Figura 12. Partes de la excavadora.....	22
Figura 13. Partes de la zaranda vibratoria.....	23
Figura 14. Flujo Proceso de producción de material Base.....	37
Figura 15. Flujo Proceso de producción de material Sub base.....	38
Figura 16. Proceso de Producción de material de Relleno.....	39
Figura 17. Cronograma de ejecución.....	41
Figura 18. Excavadora de oruga foto real en cantera.....	43
Figura 19. Trituradora primaria de mandíbula foto real en cantera.....	45
Figura 20. Trituradora primaria de mandíbula foto real en cantera.....	46
Figura 21. Zaranda foto real en cantera.....	47
Figura 22. Trituradora cónica foto real en cantera.....	49
Figura 23. Cargador Frontal Caterpillar foto real en cantera.....	50
Figura 24. Mapa de distribución de maquinaria en Cantera.....	52
Figura 25. Línea de producción material de relleno foto real cantera.....	52
Figura 26. Línea de producción material Subbase foto real cantera.....	53
Figura 27. Línea de producción material Subbase foto real cantera.....	53
Figura 28. Línea de producción material base foto real en cantera.....	54
Figura 29. Línea de producción material base foto real en cantera.....	54

Figura 30. Charlas de seguridad y salud en el trabajo a todo el personal	55
Figura 31. Entrega de EPPs (Guantes de protección).....	56
Figura 32. Programa de mantenimiento chancadora primaria).....	57
Figura 33. Programa de mantenimiento Zaranda	57
Figura 34. Programa de mantenimiento Excavadora.....	58
Figura 35. Programa de mantenimiento chancadora cónica.....	58
Figura 36. Programa de mantenimiento cargador frontal.....	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Requisitos de los materiales.....	24
Tabla 2. Ensayos y frecuencias.....	24
Tabla 3. Tamizado y porcentaje que pesa	25
Tabla 4. Requerimiento Granulométricos para Subbase Granular.....	25
Tabla 5. Requerimiento Granulométricos para base Granular.....	26
Tabla 6. Subbase granular requerimientos de ensayos especiales	26
Tabla 7. Características físico mecánicas Base Granular.....	27
Tabla 8. Detalle Suministro de material requerido	28
Tabla 9. Resultado análisis de muestras de roscas.....	34
Tabla 10. Resultado estudio de granulometría por tamizado	35
Tabla 11. Máquinas y Equipos	61
Tabla 12. Gasto de personal	61
Tabla 13. Resumen de costos de operación por hora de extracción	61
Tabla 14. Costeo Chancado material de relleno.....	62
Tabla 15. Costeo de personal material de relleno.....	62
Tabla 16. Costeo gastos de alimentación hospedaje y otro material relleno	62
Tabla 17. Resumen Costo Operación de material relleno.....	63
Tabla 18. Costo de humectación.....	63
Tabla 19. Costo total de humectación.....	64
Tabla 20. Costo de producción de relleno.....	64
Tabla 21. Máquinas y Equipos	64
Tabla 22. Gasto de personal	65
Tabla 23. Costeo gastos de alimentación hospedaje y otro material relleno	65
Tabla 24. Resumen Costo Operación de material relleno.....	66
Tabla 25. Costo de humectación.....	66

Tabla 26. Costo total de humectación.....	66
Tabla 27. Costo de producción.....	67
Tabla 28. Máquinas y Equipos	67
Tabla 29. Gasto de personal	67
Tabla 30. Costeo gastos de alimentación hospedaje y otro material relleno	68
Tabla 31. Resumen Costo Operación de material relleno.....	68
Tabla 32. Costo de humectación.....	69
Tabla 33. Costo total de humectación.....	69
Tabla 34. Costo de producción.....	69
Tabla 35. Resumen de costos de producción.....	70
Tabla 36. Gastos de operación Relleno	70
Tabla 37. Gastos de operación Sub base	71
Tabla 38. Gastos de operación Base.....	72
Tabla 39. Estado de pérdidas y ganancias al 20/09/2021	73

I. ASPECTOS GENERALES

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo General

Seleccionar e instalar una planta de trituración de piedra para proveer agregados al proyecto OHL - ampliación norte del metropolitano

1.1.2 Objetivos específicos

- Identificar las especificaciones técnicas correspondientes al proyecto de ampliación del metropolitano por OHL
- Definir la capacidad de producción planta requerida para cubrir los alcances del proyecto de ampliación del metropolitano ejecutado por OHL
- Determinar los procesos para obtener el producto final de acuerdo a las especificaciones técnicas del proyecto.
- Seleccionar los equipos complementarios para realizar el proceso de manera eficiente y cubrir la capacidad productiva de planta
- Elaborar un plan de implementación de la planta y hacer la ejecución del mismo.
- Realizar la evaluación económica y financiera al proyecto.

1.2 Organización de la Empresa o Institución.

1.2.1 Antecedentes históricos

CIA MINERA LA ROCA S.A.C. es una empresa peruana nacida en el año 2003 y que está inscrita en la partida del registro de personas jurídicas de SUNARP con RUC 20507759093 y número

de partida Nro. 70258827, cuya actividad principal según resolución administrativa es: “Actividades de apoyo para otras actividades de explotación de minas y canteras”.

La empresa se dedica a la comercialización de materiales agregados, así como brindar servicios de triturado y construcción. Cuenta con más de 19 años de experiencia, siendo proveedores de importantes proyectos a nivel nacional y con más de 5 millones de metros cúbicos de piedra triturada producida. Cuenta con un pull de equipos de última generación que garantizan la calidad del producto y una óptima operatividad del servicio.

Algunos de los proyectos en los que ha participado son:

- Proyecto: Carretera tramo Il Espinar- Velille - Santo Tomas
 - Producto/servicio: Material de base y subbase y colocación de Slurry.
 - Cliente: Consorcio Vial Sierra
 - Año: 2018

- Proyecto: Carretera tramo Huilque – Limatambo región Cusco
 - Producto/servicio: Trituración y zarandeo de piedra.
 - Cliente: Concar SA
 - Año: 2014

- Proyecto: Carretera tramo Yauriviri – Puquio
 - Producto/servicio: Trituración de piedra y asfaltado.
 - Cliente Concar SA
 - Año:2015

- Proyecto: Carretera tramo Limatambo – Cunyac
 - Producto/servicio: Material base, sub base y asfaltado.

- Cliente: Survial SA
- Año: 2015
- Proyecto: Carretera tramo Jaquí – Cora Cora
 - Producto/servicio: zarandeo de piedra.
 - Cliente: Concar SA
 - Año:2016
- Proyecto: Eventos Catastróficos Challhuanca – Limatambo
 - Producto/servicio: Enrocado
 - Cliente: Concar SA
 - Año: 2018
- Proyecto: Ampliación del Aeropuerto Jorge Chavez
 - Producto/servicio: Material subbase y relleno
 - Cliente: Consorcio Nuevo Limatambo
 - Año: 2020

1.2.2 Filosofía empresarial

La filosofía que maneja la organización es: “Roca sobre roca construimos el futuro”

Visión

Ser los líderes de trituración y construcción a nivel nacional y ser parte de los proyectos de infraestructura que determinen el futuro del país.

Misión

Construir el futuro del país, brindando un servicio y productos de calidad, con equipos de última tecnología y un equipo humano capacitado y con experiencia.

Pilares

- Tecnología: Contamos con equipos de última generación y un área de ingeniería que siempre está en búsqueda de las últimas tendencias globales.
- Calidad: Contamos con procesos estandarizados y con continuos controles de calidad.
- Experiencia: Nuestro personal está capacitado y cuenta con años de experiencia brindando soluciones rápidas y eficaces a sus necesidades.
- Seguridad: Cumplimos con todas las normas de seguridad y salud en el trabajo y contamos con un programa de mantenimiento.

1.2.3 Logo de la empresa

El logo de la empresa fue inspirado en la filosofía de la empresa, la imagen muestra bloques sobre otros bloques que representan las rocas con las que se construye el futuro (ver Figura 1).



Figura 1. Logo CIA La Roca. Tomado de: Somos CÍA La Roca, por CÍA LA ROCA, (2016)

1.2.4 Ubicación de la cantera

La cantera se encuentra ubicada en el distrito de Puente Piedra. El nombre de la cantera es Esperanza 2 mantenemos un contrato de alquiler y explotación con los dueños de la misma. A continuación, un croquis con la ubicación (ver Figura 2).



Figura 2. Logo CIA La Roca. Tomado de: Somos CÍA La Roca, por CÍA LA ROCA, (2016)

1.2.5 Estructura organizacional

La empresa se encuentra organizada de la siguiente manera (ver Figura 3).

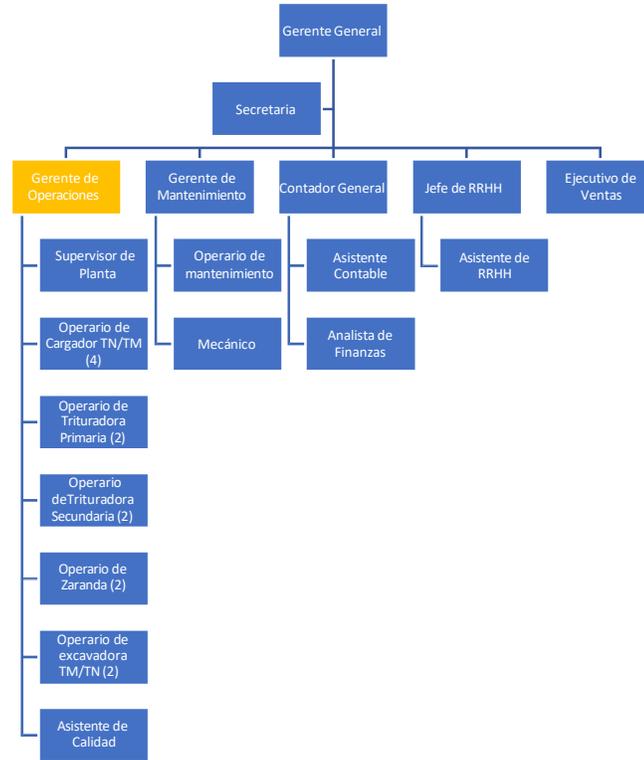


Figura 3. Organigrama CIA La Roca. Tomado de: Somos CÍA La Roca, por CÍA LA ROCA (2016)

1.2.6 Cargos y funciones:

Mi participación dentro de la organización es ocupando la posición de Gerente de Operaciones, siendo responsable de todas las operaciones de la empresa, mis principales funciones son:

- Elaborar y ejecutar el plan de producción mensual (horarios de producción, turnos, recursos, etc), para asegurar el abastecimiento del producto terminado y la utilización de los recursos.
- Liderar al equipo de operaciones, programar los turnos de trabajo del personal operativo.
- Controlar los indicadores productivos de la planta (costos, mano de obra, tasa de rendimiento total, volumen de producción, disponibilidad y productividad, etc), asegurar el cumplimiento del plan de producción.

- Configurar las maquinarias de producción, para garantizar las especificaciones de los productos existentes y nuevos.
- Coordinar la ejecución del programa de mantenimiento para asegurar el buen funcionamiento de la maquinaria.
- Coordinar la ejecución de programas de salud y seguridad ocupacional y medio ambiente, para garantizar una operación sostenible y sin incidentes.

II. FUNDAMENTACIÓN DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL

2.1 Marco Teórico.

Antecedentes Nacionales

- Urday, D. (2013) , “DISEÑO DE UNA PLANTA MÓVIL DE TRITURACIÓN DE CALIZA PARA UNA CAPACIDAD DE 50 TN/H” tesis para obtener el título de ingeniero mecánico, en la Pontificia universidad católica del Perú.

Análisis: El trabajo en mención detalla el diseño completo de una planta móvil de trituración de caliza, describe el desarrollo del diseño del proceso óptimo de trituración, así como la selección de equipos adecuados para dicho proceso, también el diseño de la estructura portante de la planta móvil y el montaje de los equipos en la estructura, que tendrá un flujo de producción de 50 TN/H.

- Colquehuanca, M. (2018). “IMPLEMENTACIÓN DE MEJORA AL SISTEMA DE UNA PLANTA DE TRITURACIÓN DE ROCA PARA OPTIMIZAR EL RENDIMIENTO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE AGREGADOS”, tesis para obtener el título de ingeniero industrial, en la Universidad privada del Norte.

Análisis: El trabajo en mención identifica y evalúa las oportunidades de mejora en las diferentes etapas de producción de agregados, estudiando las ratios de producción, la calidad de la materia prima y productos finales y los resultados económicos de cada actividad. La mejora propuesta reduce los tiempos y costos.

- Vásquez, E. (2019), “PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONFIABILIDAD PARA LAS PLANTAS DE TRITURACIÓN DE ROCA EN UNA EMPRESA”, tesis para obtener el título de

ingeniero industrial, en la universidad peruana de ciencias aplicadas.

Análisis: El trabajo en mención describe la implementación de un programa de mantenimiento basado en la confiabilidad para las plantas de trituración de roca, utilizando diferentes indicadores se llegó a reducir los costos de mantenimiento en un 38%.

Antecedentes internacionales

- Hernández, M. (2017) “ELABORACIÓN DE UN PLAN DE NEGOCIOS PARA LA INCORPORACIÓN DE UNA NUEVA LÍNEA DE TRITURACIÓN PORTÁTIL PARA PIEDRA, DIRIGIDA A LA EMPRESA MACROACERO LTDA”, tesis para obtener el título de ingeniero mecánico, en la Universidad de Santo Tomas, Bogotá, Colombia.

Análisis: El trabajo en mención detalla el desarrollo de una propuesta de implementar una nueva línea de trituración portátil para roca, que va desde la fabricación de las plantas fijas de trituración, clasificación de material mineral donde se desarrolla el proceso de trituración para producción de materiales base, considerando los altos costos de importación esta alternativa representaría una mejor opción.

- Aguilar, J. (2021) “ESTUDIO PARA EL DISEÑO DE UNA NUEVA PLANTA DE TRITURACIÓN MINERA EN LA EMPRESA “SOCIEDAD CIVIL MINERA GOLDMINS” UBICADA EN EL CANTÓN ZARUMA PROVINCIA DE EL ORO”, tesis para obtener el título de ingeniero industrial, en la Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

Análisis: El trabajo en mención detalla el proceso de análisis para determinar la factibilidad de instalar una planta trituradora

que parte desde el establecimiento del flujo de materia prima, los procesos necesarios para la trituración, selección de equipos a utilizarse y un análisis técnico-económico. Obteniendo como resultados una TIR de 48.38%, relación costo beneficio de 1,40 y un retorno del capital invertido en el segundo año de operaciones.

- Ortiz, D. y Pilatuña L. (2019) "DISEÑO DE UNA PLANTA VIRTUAL DE TRITURACIÓN DE PIEDRA CALIZA, PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO", tesis para obtener el título de ingeniero de mantenimiento, en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

Análisis: El trabajo en mención detalla el proceso de diseño de una planta virtual para trituración de piedra caliza. Para un posterior análisis de los activos considerados con el objetivo de establecer el plan de mantenimiento preventivo requerido.

2.1.1 Bases teóricas

Agregados

Son compuestos de materiales geológicos tales como, la piedra, la arena y la grava, se utilizan en todas las formas de construcción. Se pueden aprovechar en su estado natural o bien triturarse y convertirse en fragmentos más pequeños.

Producción de agregados

La caliza es la materia prima fundamental para el desarrollo del proceso. Es el material que posee mayor tamaño en la trituración. Es un mineral sedimentario cuyas propiedades físicas, químicas y mineralógicas le permiten ser empleadas en industrias alimenticias, químicas y de la construcción (ver Figura 4) .

La producción de agregados es aquel proceso productivo encargado de la trituración de rocas grandes para reducir su tamaño y clasificarlas dependiendo del uso para el que se destine. Estos materiales juegan un rol fundamental para la construcción ya que representan el 0.7 en fracción volumétrica de las mezclas asfálticas (Aguilera, 2017).



Figura 4. Piedra Caliza. Tomado de: Preparación y refinación de la piedra caliza, por Lhoist (2018)

El principio básico empleado en este tipo de procesos es sencillo, debido a que el material extraído de las canteras es triturado hasta obtener tamaños menores, para una posterior clasificación y almacenaje con base en diferentes criterios de granulometría (Gonzales, 2018).

Consta de operaciones básicas como lo son: trituración, clasificación y lavado de las piedras (ver Figura 5). Con la principal característica que los productos finales obtenidos son aptos para el trabajo en obra.



Figura 5. Etapas de la producción de agregados. Tomado de: Procesos de producción de agregados pétreos y su control de calidad, por Olguín (2016)

Trituración

Se lo puede definir como aquella etapa de la producción de agregados donde los materiales son reducidos, para lo cual debe sufrir una serie de procesos físicos (Aguilar, 2021).

La trituración es un proceso que puede ser llevado a cabo en varias etapas dependiendo del tamaño de material que se requiera obtener:

- Trituración primaria: Es el proceso en el cual el material se fragmenta en granos de 15 a 20 cm. En este tipo de procesos se emplean trituradoras: de mandíbulas (ver Figura 6), giratorias y de impacto (ver Figura 7)
- Trituración secundaria: Se lo realiza cuando se requieren partículas entre 5 a 6 cm. Por lo general esta etapa requiere de trituradoras: giratorias, cónicas (ver Figura 8), de impacto (ver Figura 7) y de rodillo

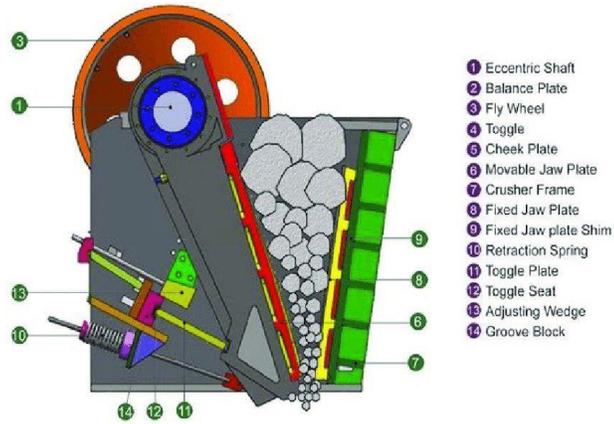


Figura 6. Trituradoras de mandíbulas. Tomado de: Opciones para una minería de oro, que cumpla con las normas ambientales, en la Guayana venezolana, por Lozada (2017)



Figura 7. Trituradoras de impacto. Tomado de: Tituradoras de impacto, por Miranda (2016)

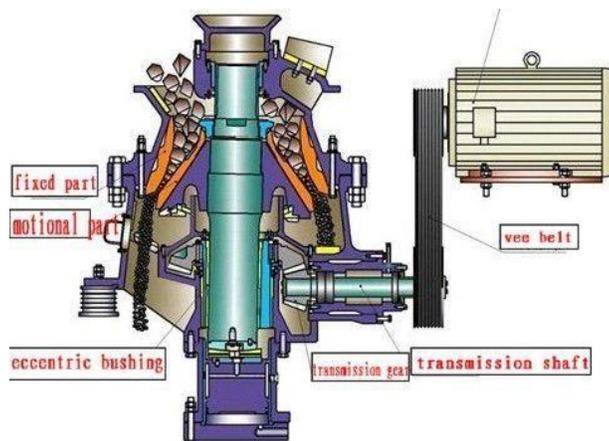


Figura 8. Trituradoras cónicas. Tomado de: Hidráulica trituradora de cono de Symons Nordberg en África, por Metso (2020)

- Trituración terciaria: Etapa que permite obtener partículas cuyas dimensiones son inferiores a 1.5 cm. Para su obtención se pueden emplear: trituradoras cónicas (ver Figura 8), molino de barras y molino de bolas (ver Figura 9)

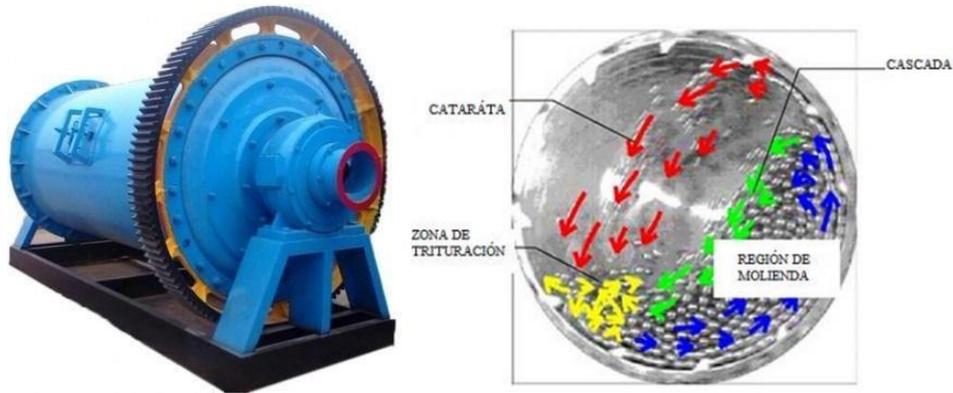


Figura 9. Molino de bolas. Tomado de: Determinación cinética de molienda de una pulpa de barbotina considerando variación en la concentración de sólidos, por Espinoza (2019)

Tipos de agregados

Pueden ser clasificados empleando diferentes criterios, así se tiene:

- Por su modo de fragmentación
Puede ser de tres clases:
 - Naturales: Proviene de yacimientos naturales, no se requiere triturar
 - Artificiales: Son aquellos que requieren procesos de trituración ya que no se encuentran listo para el uso de forma natural
 - Industriales: Se obtienen mediante procesos de fabricación para mejorar sus prestaciones
- Por su tamaño
Pueden ser de dos clases:

- Grava: Puede ser tamizado en mallas de 3 in
 - Arena: Puede ser tamizado en malla N° 4
 - Por su color
 - Por su composición mineralógica
- Pueden ser de tres clases (ver Figura 10):
- Agregados ígneos
 - Agregados sedimentarios
 - Agregados metamórficos

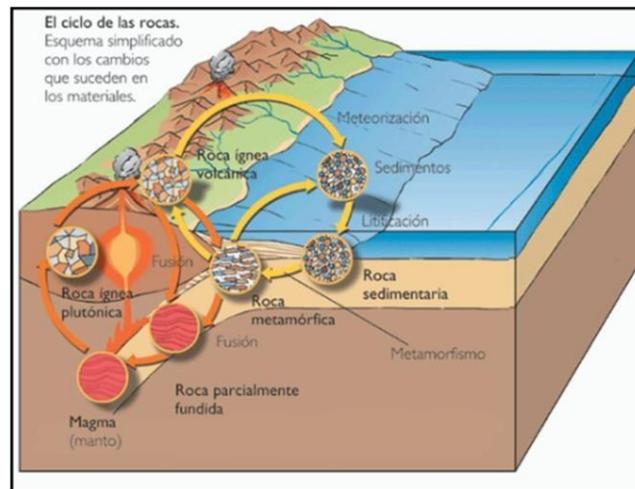


Figura 10. Agregados por su composición mineralógica. Tomado de: Procesos de producción de agregados pétreos y su control de calidad, por Olgúin (2016)

- Por su masa unitaria
- Pueden ser de tres tipos:
- Agregados ligeros: Masa unitaria $< 1900 \text{ kg/m}^3$
 - Agregados de masa normal: $1900 \text{ kg/m}^3 < \text{Masa unitaria} < 2400 \text{ kg/m}^3$
 - Pesados: Masa unitaria $> 2400 \text{ kg/m}^3$

Equipos

Para la producción de agregados es necesario el uso de los siguientes equipos:

- Cargador Frontal: Maquinaria pesada empleada en la etapa de extracción para retirar o remover escombros, desechos y/o desperdicios existentes en el área de trabajo. Así como también, permite el transporte del material del lugar de extracción al de trituración. Consta de las siguientes partes (ver Figura 11):



Figura 11. Partes del cargador frontal. Tomado de “Seminario Cargador Frontal”, por Clemente (2020)

- Excavadora: Máquina empleada para la extracción y carguío del material. Así como también, se la usa para la descarga de la materia prima en la zona de acopio. Consta de las siguientes partes (ver):



Figura 12. Partes de la excavadora. Tomado de “Manual del usuario de la Excavadora Hidráulica CAT 330 GC”, por CAT (2020)

- Zaranda: Máquina empleada para la clasificación de las partículas posterior al triturado. Por lo general el material llega a esta mediante una faja transportadora. Poseen mallas tipo filtro de diferentes dimensiones para realizar el tamizaje. Se compone de los siguientes elementos (ver Figura 13):

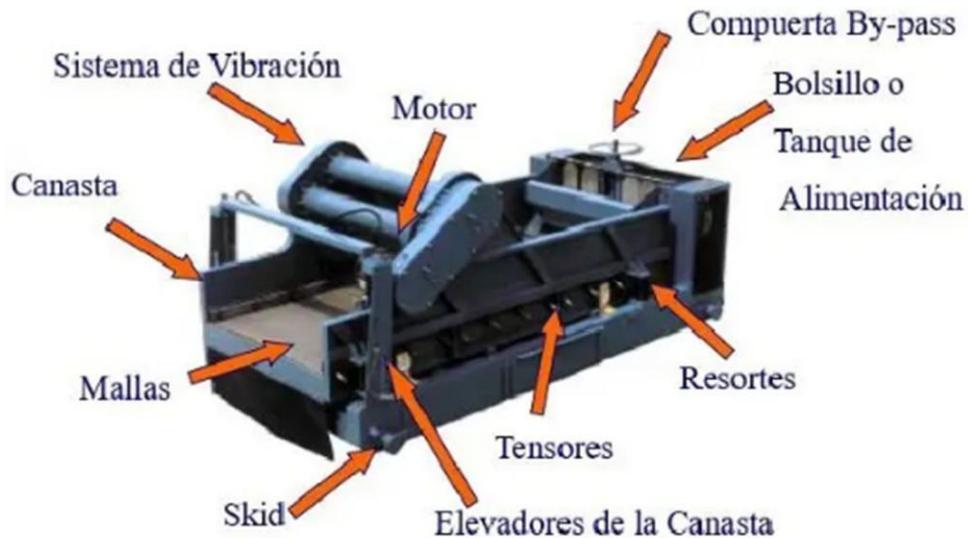


Figura 13. Partes de la zaranda vibratoria. Tomado de “Zaranda Vibratoria”, por Hermoza (2018)

2.1.2 Aspectos normativos

Para el desarrollo del proyecto se definió la normativa a emplear:

- **Manual de Carreteras, Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (MTC):** Manual elaborado por el ministerio de transporte y comunicaciones, se establecen ciertas normas, requisitos y procedimientos para todos los proyectos del estado
En la sección de 205 Terraplenes, detalla los requisitos de los materiales, siendo estos:
 - Los materiales que se empleen en la construcción de terraplenes deberán provenir de las excavaciones de la

explanación, de préstamos laterales o de fuentes aprobadas (canteras).

- Deberán estar libres de sustancias deletéreas, de materia orgánica, raíces y otros elementos perjudiciales.
- Los materiales que se empleen en la construcción de terraplenes deberán cumplir los requisitos en la Tabla 1

Tabla 1. *Requisitos de los materiales*

Condición	Partes del Terraplén		
	Base	Cuerpo	Corona
Tamaño máximo (cm)	15	10	7.5
% Máximo de fragmentos de roca > 7.62 cm	30	20	
Índice de plasticidad (%)	<11	<11	<10

Nota: Tomado de: "Manual de carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción" (2013)

Los materiales que se empleen en la construcción también deberán cumplir los siguientes requisitos de calidad:

- Desgastes de los ángeles: 60% máx. (MTC 207)
- Tipo de material: A-1-a, A-1-b, A-2-4, A-2-6 y A-3
- En la Tabla 2 y Tabla 3 se especifican las normas y frecuencia de los ensayos a ejecutar para asegurar las condiciones de la Tabla 1

Tabla 2. *Ensayos y frecuencias*

Material o Producto	Propiedades y características	Método de ensayo	Norma ASTM	Norma AASHTO	Frec.	Lugar de muestreo
Terraplén	Granulometría	MTC E 204	D 422	T 29	1 cada 1000 m ³	Cantera
	Límites de consistencia	MTC E 111	D 4318	T 89	1 cada 1000 m ³	Cantera
	Contenido de material orgánico	MTC E 118			1 cada 3000 m ³	Cantera

	Abrasión de los ángeles	MTC E 207	C 131	T 96	1 cada 3000 m ³	Cantera
	Relación densidad-humedad	MTC E 115	D 1557	T 180	1 cada 1000 m ³	Pista
	Compactación base y cuerpo	MTC E 117	D 1556	T 191	1 cada 500 m ³	Pista
	Compactación corona	MTC E 124	D 2922	T 238	1 cada 250 m ³	Pista

Nota: Tomado de: "Manual de carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción" (2013)

Tabla 3. Tamizado y porcentaje que pesa

Tamiz	Porcentaje que pesa					
	A-1	A-2	C	D	E	F
50 mm (2")	100					
37.5 mm (1 1/2")	100					
25 mm (1")	90-100	100	100	100	100	100
19 mm (3/4")	65-100	80-100				
9.5 mm (3/8")	45-80	65-100	50-85	60-100		
4.75 mm (N° 4)	30-65	50-85	35-65	50-85	55-100	70-100
2.0 mm (N° 10)	22-52	33-67	25-50	40-70	40-100	55-100
425 µm (N° 40)	15-35	20-45	15-30	25-45	20-50	30-70
75 µm (N° 200)	5-20	5-20	5-15	5-20	6-20	8-25

Nota: Tomado de: "Manual de carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción" (2013)

Requerimientos de Granulometría para cada tipo de material:

- Subbase granular: El material debería cumplir con los requerimientos granulométricos de la Tabla 4

Tabla 4. Requerimientos Granulométricos para Subbase Granular

Tamiz	Porcentaje que Pesa en Peso			
	Gradación A	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm (2")	100	100		
25 mm (1")		75-95	100	100
9.5 mm (3/8")	30-65	40-75	50-85	60-100
4.75 mm (N° 4)	25-55	30-60	35-65	50-85
2.0 mm (N° 10)	15-40	20-45	25-50	40-70
425 µm (N° 40)	8-20	15-30	15-30	25-45
75 µm (N° 200)	2-8	5-15	5-15	8-15

Nota: Tomado de: "Manual de carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción" (2013)

Base granular: El material debería cumplir con los requerimientos granulométricos de la Tabla 5

Tabla 5. *Requerimiento Granulométricos para base Granular*

Tamiz	Porcentaje que Pesa en Peso			
	Gradación A	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm (2")	100	100		
25 mm (1")		75-95	100	100
9.5 mm (3/8")	30-65	40-75	50-85	60-100
4.75 mm (N° 4)	25-55	30-60	35-65	50-85
2.0 mm (N° 10)	15-40	20-45	25-50	40-70
425 µm (N° 40)	8-20	15-30	15-30	25-45
75 µm (N° 200)	2-8	5-15	5-15	8-15

Nota: Tomado de: "Manual de carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción" (2013)

Requerimientos de calidad por tipo de material:

- Subbase granular: Debe cumplir con los requerimientos de ensayos especiales de la Tabla 6

Tabla 6. *Subbase granular requerimientos de ensayos especiales*

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimiento	
				< 3000 msnm	≥3000 msnm
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	C 131	T 96	50 % máx.	50 % máx.
CBR (1)	MTC E 132	D 1883	T 193	40 % máx.	40 % máx.
Límite Líquido	MTC E 110	D 4318	T 89	25 % máx.	25 % máx.
Índice de plasticidad	MTC E 111	D 4318	T 90	6 % máx.	4 % máx.
Equivalente de Arena	MTC E 114	D 2419	T 176	25 % máx.	35 % máx.
Sales Solubles	MTC E 219			1 % máx.	1 % máx.
Partículas chatas y alargadas		D 4791		20 % máx.	20 % máx.

Nota: Tomado de: "Manual de carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción" (2013)

- Base Granular: Debe cumplir con las características físico-mecánicas y químicas establecidas en la Tabla 7

Tabla 7. Características físico mecánicas Base Granular

Valor Relativo de Soporte CBR (1)	Tráfico en ejes equivalentes ($<10^6$)	Min. 80%
	Tráfico en ejes equivalentes ($\geq 10^6$)	Min. 100%

Nota: Tomado de: "Manual de carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción" (2013)

2.1.3 Simbología técnica

Para el desarrollo de las actividades profesionales es necesario definir la siguiente simbología técnica:

- **Metro cúbico (m^3):** Unidad de volumen, que se utiliza para medir la producción de agregados.
- **Cantera:** Lugar de donde se extrae piedra u otras materias primas de construcción, generalmente son a cielo abierto.
- **Material Bases granulares:** Es un material granular que puede incluir algún tipo de estabilizador o ligante, debidamente aprobados, que se colocan sobre una subbase, afirmado o subrasante.
- **Material Sub base granulares:** Es un material granular grueso compuesto por triturados, arena y material grueso. Se emplea como capa en la instalación de pavimentos asfálticos y de concreto.
- **Agregado fino:** Se denominará así a los materiales que pasan la malla N°4, que podrían provenir de fuentes naturales, procesados o combinación de ambos.
- **Granulometría:** Estudio de la distribución estadística de los elementos de un material sólido fraccionado que componen una muestra.
- **Calicatas:** Son una de las técnicas de prospección empleadas para facilitar el reconocimiento geotécnico, estudios edafológicos o pedológicos de un terreno. Son excavaciones de

profundidad pequeña a media, realizadas normalmente con pala retroexcavadora para ver la calidad de la tierra.

- **Humectación:** Es la actividad de mojar el material para llegar al % de humectación requerido.
- **Chancadora:** Maquina que tritura piedra puede ser de mandíbula, cónica, entre otros.

2.2 Descripción de las actividades desarrolladas.

2.2.1 Etapas de las actividades

El presente proyecto constó de las siguientes etapas:

Identificar las especificaciones técnicas del proyecto

Según el contrato de suministro celebrado entre OHL y Minera la Roca, está se compromete a suministrar el material descrito en la Tabla 8 a la empresa para el desarrollo del proyecto Ampliación Norte Metropolitano

Tabla 8. *Detalle Suministro de material requerido*

Descripción	Unidad	Cantidad
Base Granular	m ³	19,475.00
Relleno con material de cantera	m ³	3,915.00
Relleno con material de préstamos seleccionado	m ³	37,800.00
Sub base granular	m ³	35,400.00
Humectación	m ³	1.00

Nota: Elaboración propia

Otros detalles del acuerdo son:

- Plazo del proyecto: es de 9 meses, con opción a ampliarse.
- Tipo de suministro: el suministro es periódico según programación. Se ha acordado en cumplir con el siguiente suministro diario:
 - Subbase granular: 500 m³ diarios
 - Base granular: 500 m³ diarios

- Relleno (material de cantera y préstamos): 2,000 m³ diarios
- Especificaciones del material a suministrar: El material que se provea al proyecto debe cumplir con todas las normas y requisitos establecidos en el Manual de carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, los cuales se detallan en el punto la sección 2.1.2

Definir la capacidad de producción planta requerida para cubrir los alcances del proyecto de ampliación del metropolitano norte ejecutado por OHL

Para poder cubrir los requerimientos necesarios para el proyecto la planta debe tener una capacidad de producción mínima de 3,000 m³ diarios entre los 3 materiales, es decir una capacidad de 333.33 m³ por hora si se trabajara solo 1 turno de 9 horas o en el caso se trabaje doble turno 166.67 m³ por hora.

Determinar los procesos para obtener el producto final de acuerdo a las especificaciones técnicas del proyecto.

En el presente punto se realiza el diseño de los procesos óptimos para la elaboración de los 3 tipos de material que se proveerá al proyecto de ampliación norte del metropolitano, se desarrollaron 3 procesos diferentes.

Los procesos se definieron comparando los costos, tiempos y calidad de producto final, de cada equipo que interviene para la obtención de los materiales requeridos para el proceso, teniendo como objetivo hacerlo lo más eficientemente para disminuir los costos sin dejar de cumplir con los requerimientos de calidad, como resultado se establecieron los siguientes procesos:

- Proceso para Material de relleno:

- El proceso inicia con la extracción del material rocoso de la cantera, esto se realiza utilizando una excavadora de oruga operada por un personal especializado, quien lleva el material que contiene rocas que pueden llegar a ser de hasta 1 metro de ancho hacia la chancadora primaria.
 - En la chancadora primaria se realiza el proceso de trituración principal de la piedra, en esta máquina las rocas pasan de hasta 1 metro a 6 pulgadas de tamaño.
 - El material resultante pasa por un control de calidad siendo inspeccionado por un asistente de calidad propio y por el responsable de calidad de OHL para luego ser transportado con cargadores a los volquetes. Si el material no pasa el control de calidad se regresa a la chancadora y se mezcla con otro material hasta cumplir con los requisitos.
 - El material se despacha a través de camiones volquetes que llevan el material a la obra.
- Proceso de material base:
 - El proceso inicia con la extracción del material rocoso de la cantera, esto se realiza utilizando una excavadora de oruga operada por un personal especializado, quien lleva el material que contiene rocas que pueden llegar a ser de hasta 1 metro de ancho hacia la chancadora primaria.
 - En la chancadora primaria se realiza el proceso de trituración principal de la piedra, en esta máquina las rocas pasan de hasta 1 metro a 6 pulgadas de tamaño.
 - Luego el material pasa a la zaranda donde se elige la malla según el requerimiento en este caso se utiliza una malla de 1 pulgada. El material que no pase la malla, es decir que es mayor a 1 pulgada pasa a trituración en la chancadora secundaria.

- La chancadora secundaria tritura las piedras hasta los 19 mm y se vuelve a pasar a la zaranda para que pase por la malla de 1 pulgada.
 - Todo el material que pase la malla de la zaranda pasa por un control de calidad siendo inspeccionado por un asistente de calidad propio y por el responsable de calidad de OHL para luego ser transportado con cargadores a los volquetes.
 - El material se despacha a través de camiones volquetes que llevan el material a la obra.
- Proceso de material Sub base:
 - El proceso inicia con la extracción del material rocoso de la cantera, esto se realiza utilizando una excavadora de oruga operada por un personal especializado, quien lleva el material que contiene rocas que pueden llegar a ser de hasta 1 metro de ancho hacia la zaranda.
 - En la zaranda se elige la malla según el requerimiento de material en este caso se utiliza una malla de 2 pulgadas. El material que no pase la malla, es decir que es mayor a 2 pulgada se utiliza para otros materiales.
 - Todo el material que pase la malla de la zaranda pasa por un control de calidad siendo inspeccionado por un asistente de calidad propio y por el responsable de calidad de OHL para luego ser transportado con cargadores a los volquetes
 - El material se despacha a través de camiones volquetes que llevan el material a la obra.

Seleccionar los equipos complementarios para realizar el proceso de manera eficiente y cubrir la capacidad productiva de planta.

Los equipos necesarios para el proceso de elaboración de

material de relleno, base y subbase son los siguientes:

- Excavadora de oruga

Para la selección de la trituradora se consideraron los siguientes requisitos:

- Capacidad del cucharón: mínimo de 2 tn
- Motor TIER 3
- Marca reconocida
- Que sea de oruga
- Fácil operación
- Horas trabajadas
- Año de fabricación

- Chancadora Primaria

Para la selección de la trituradora se consideraron los siguientes requisitos:

- Capacidad: mayor a 333 t/h para poder producir las 3,000 toneladas en un solo turno.
- Motor: TIER 3 para que pueda usar la combustible local.
- Volumen mínimo del producto final: el menor posible.
- Marca reconocida
- Fácil operación
- Horas trabajadas
- Año de fabricación

- Zaranda

Para la selección de la zaranda se consideraron los siguientes requisitos:

- Motor: TIER 3 debido a la calidad del combustible local.
- Capacidad: Mayor a 125 t/h

- Marca reconocida
 - Fácil operación
 - Horas trabajadas
 - Año de fabricación
- Cargador Frontal

Para la selección se consideró los siguientes requisitos:

- Motor: TIER 3
 - Capacidad: Capacidad del cucharón
 - Marca reconocida
 - Fácil operación
 - Horas trabajadas
 - Año de fabricación
- Chancadora Secundaria

Para la selección se consideraron los siguientes requisitos:

- Motor: TIER 3
- Capacidad mínima de 125 t/h
- Marca reconocida
- Horas trabajadas
- Año de fabricación

Elaborar un plan de implementación de la planta y hacer la ejecución del mismo

El plan de implementación de la planta, se divide en 3 fases:

- Fase 1: Obtención y firma del contrato proyecto con OHL

La primera que es la aplicación y obtención de la licitación para abastecer al proyecto “Ampliación norte del metropolitano” ejecutado por OHL.

Esto va desde la preparación de la postulación donde se debe presentar a la empresa, los años en el mercado, trabajos realizados, clientes en cartera, así como la propuesta económica. Hasta la firma del contrato una vez ganada la licitación.

- Fase 2: Preparación para inicio de operaciones

Los puntos claves para el desarrollo de la fase 2 fueron:

- Análisis de los suelos de la cantera: donde se evalúan diferentes variables para confirmar que el material es óptimo para utilizar como materia prima y que se podrá cumplir con los requerimientos del cliente, por ejemplo hay agregados que no podemos proveer a OHL debido a la calidad del material sólido de la cantera y definir las zonas específicas donde se realizarán las extracciones, para esto se realizaron varios estudios, los cuales se detallan a continuación, así como los resultados de los mismos.
- Análisis de 7 muestras de rocas efectuado por la UNI (ver Tabla 9)

Tabla 9. Resultado análisis de muestras de roscas

Muestras de roscas	% Cloruros	% Sulfatos	% Sales Solubles Totales	Densidad (TM/m ³)	Dureza (Mohs)
A	0.007	0.008	0.022	2.71	6.2
B	0.008	0.009	0.021	2.76	6.4
C	0.007	0.008	0.019	2.73	6.3
D	0.009	0.008	0.017	2.74	6.3
E	0.005	0.011	0.020	2.73	6.2
F	0.007	0.008	0.018	2.75	6.3
G	0.006	0.010	0.021	2.72	6.5

Nota: Tomado de: "Informe resultado estudio muestras de roca UNI (empresa)"

Del ensayo de agregados realizado a una muestra de piedra chancada de 1" se determinó que el tipo de gradación era de 3, que el porcentaje de desgaste era de 18.5% y la relación de

uniformidad era del 0.25.

También se realizó un estudio Petrominarológico elaborado por GEO Winsens consultoría. Que tuvo las siguientes conclusiones:

- Las muestras se presentan, en general, masivas, compactas y muy bien cohesionadas; características mecánicas óptimas para usos ingenieriles
- La presencia de vacuolas con relleno de clorita aumenta la elasticidad de la roca y, por ende, su resistencia frente a esfuerzos.
- La presencia de óxidos es muy baja y no afectar la alterabilidad de las rocas
- La carbonación moderada e interna (muestras A,D,G) afectan el comportamiento mecánico de las rocas al ser expuestas a medios ácidos

Y un estudio de granulometría por tamizado realizado por la consultora HCL Geotecnia, donde se obtuvieron los siguientes resultados (ver Tabla 10):

Tabla 10. Resultado estudio de granulometría por tamizado

Tamiz	Abertura (mm)	% Que Pasa
3"	75.000	100.00
2"	50.000	91.16
1 ½"	37.500	82.38
1"	25.000	75.39
¾"	19.000	73.01
3/8"	9.500	66.89
Nº4	4.750	59.99
Nº10	2.000	47.50
Nº 20	0.850	34.87
Nº 40	0.425	25.78
Nº 60	0.250	20.28
Nº 140	0.106	13.25
Nº 200	0.075	10.45

Nota: Tomado de: "Informe Estudio Granulometría por tamizado HCL Geotecnia"

Se concluyó que la descripción del suelo es arena bien gradada

con limo y grava. Otros resultados:

- Sales solubles totales se obtuvo un total de 8000 ppm.
- Contenido de Humedad 3.3%
- Equivalente de Arena (%promedio) 84%
- % Partículas chatas: 5%
- % Partículas alargadas: 0%
- % Partículas chatas y alargadas: 7%

Con los resultados obtenidos se determinó que el lugar donde habían obtenido las muestras era el indicado y se definió la zona de la cantera donde se realizaría la extracción.

- Elaboración de los procesos: para cada uno de los productos finales que se proveerán al proyecto.

Se elaboraron 3 procesos para los siguientes productos:

- Material de relleno
- Material base
- Material sub-base

2.2.2 Diagrama de flujo

Para cumplir con los requerimientos del proyecto se debemos producir los materiales de base (ver Figura 14), subbase (ver Figura 15) y relleno (ver Figura 16) cuyos flujos de producción se detallan a continuación

PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MATERIAL BASE

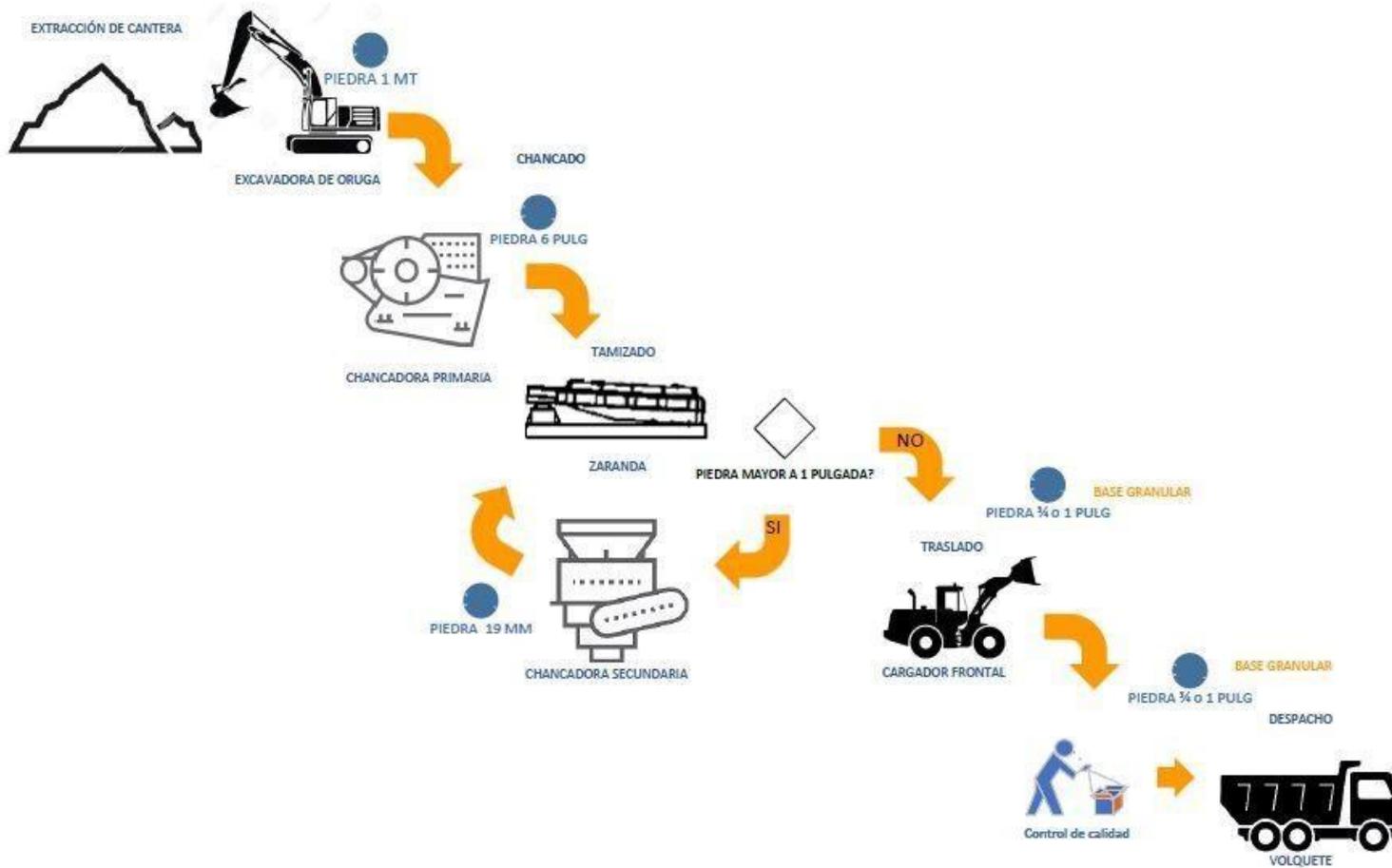


Figura 14. Flujo Proceso de producción de material Base. Nota: Elaboración Propia

PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MATERIAL SUB BASE GRANULAR

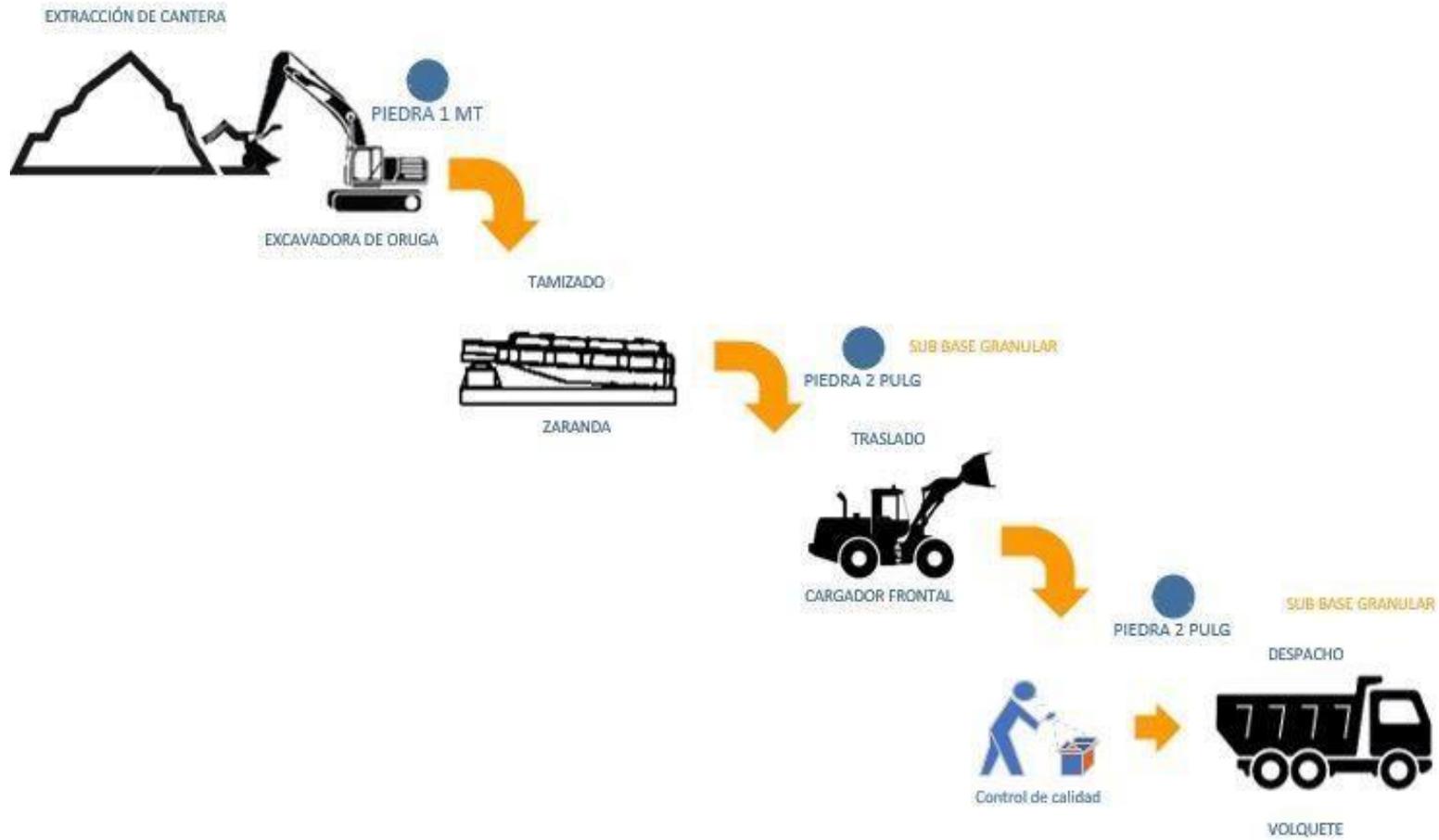


Figura 15. Flujo Proceso de producción de material Sub base. Nota: Elaboración Propia

PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MATERIAL RELLENO

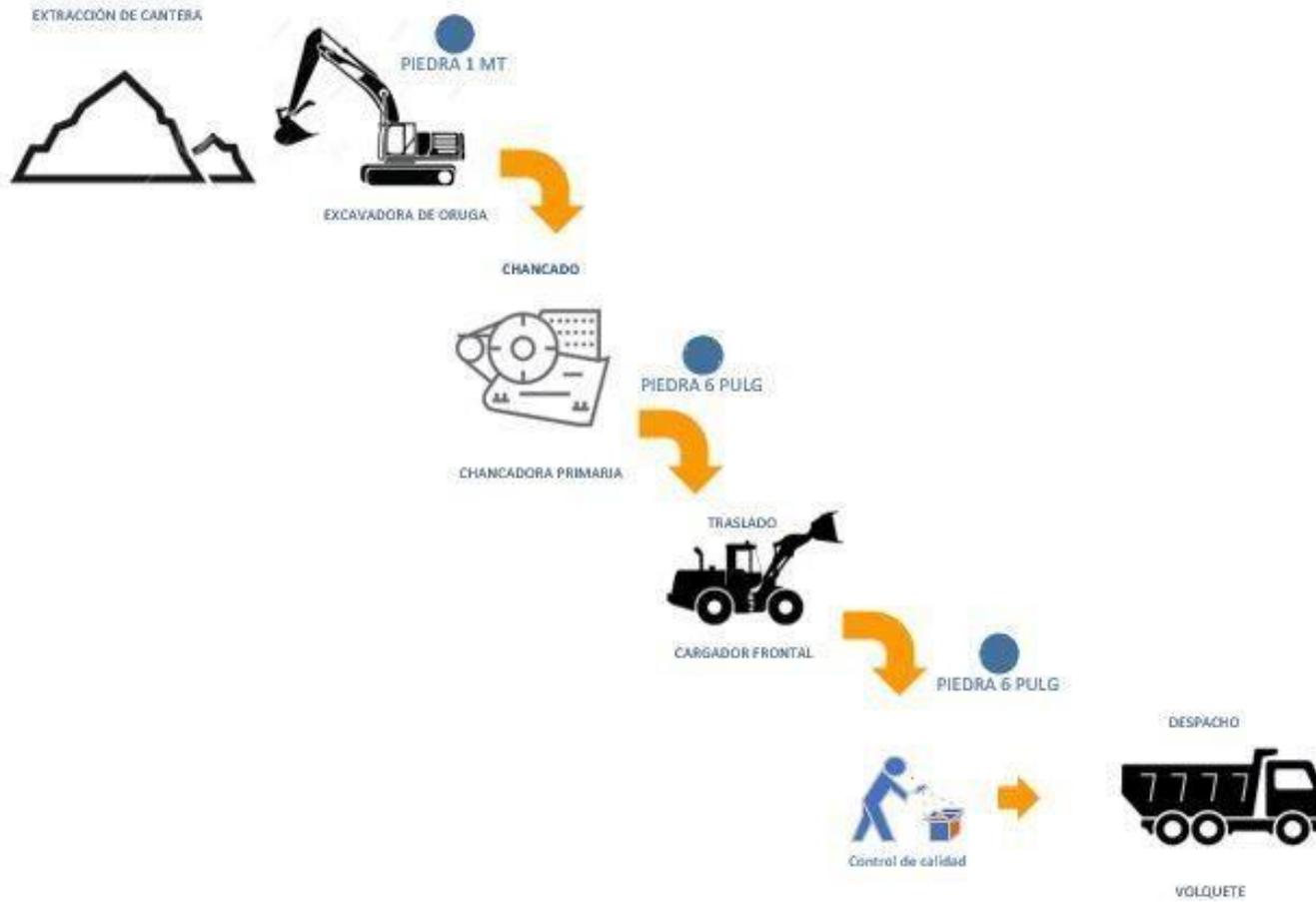


Figura 16. Proceso de Producción de material de Relleno. Nota: Elaboración Propia

2.2.3 Cronograma de actividades

A continuación, la Figura 17 muestra el cronograma de actividades desarrollado para la implementación del proyecto, el cronograma se ha dividido en 3 fases:

- Fase 1: Obtención del contrato ampliación norte Metropolitano con OHL.
- Fase 2: Preparación para iniciar operaciones
- Fase 3 Inicio de Operaciones

Las actividades se realizan entre los meses de abril y Julio, pero el proyecto sigue hasta la actualidad, pero para efectos del informe solo se considera este periodo.

CRONOGRAMA		ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO			
Nro	DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES	1 SEM	2 SEM	3 SEM	4 SEM	1 SEM	2 SEM	3 SEM	4 SEM	1 SEM	2 SEM	3 SEM	4 SEM	1 SEM	2 SEM	3 SEM	4 SEM
	FASE 1: OBTENCIÓN DEL CONTRATO AMPLIACIÓN OHL																
1	PREPARACIÓN DE POSTULACIÓN A LICITACIÓN	■															
2	POSTULACIÓN A LA LICITACIÓN		■														
3	RESULTADO DE LA LICITACIÓN			■													
4	OBTENCIÓN DE LA LICITACIÓN Y FIRMA DEL CONTRATO				■												
	FASE 2: PREPARACIÓN PARA INICIAR OPERACIONES																
5	ANÁLISIS DE CANTERA CON CALICATAS PARA DETERMINAR CALIDAD DEL MATERIAL					■											
6	ELECCIÓN DE LA ZONA DONDE SE REALIZARÁ LA EXCAVACIÓN						■										
7	DEFINICIÓN DEL PROCESO							■									
8	SELECCIÓN DE LA MÁQUINARIA								■								
9	BÚSQUEDA Y CONTRATACIÓN DE LA MAQUINARIA								■	■							
10	TRANSPORTE MAQUINARIA A LA ZONA									■	■						
11	FABRICACIÓN DE LAS MALLAS PARA CUMPLIR CON LOS REQUISITOS DEL PROYECTO									■	■	■					
12	INSTALARON LAS MAQUINAS												■				
13	PRUEBAS AL VACÍO													■			
14	PRUEBAS CON CARGA													■			
15	INSTALACIÓN TANQUES DE AGUA PARA LA HUMECTACIÓN DEL MATERIAL												■				
16	BÚSQUEDA Y CONTRATACIÓN DE PROVEEDOR DE TRANSPORTE									■	■						
17	SELECCIÓN DEL PERSONAL OPERATIVO										■	■					
18	CAPACITACIÓN DEL PERSONAL (SST)												■	■			
19	ELABORACIÓN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO												■	■			
20	ELABORACIÓN PLAN DE PRODUCCIÓN MENSUAL									■	■						
	FASE 3: INICIO DE OPERACIONES																
20	PRIMERA PRODUCCIÓN														■	■	
21	CONTROL DE CALIDAD DEL MATERIAL														■		
22	INSTALACIÓN DE TURNOS														■		
23	MANTENIMIENTO DE LAS MÁQUINAS															■	
24	DESPACHO A CLIENTE															■	

Figura 17. Cronograma de ejecución. Nota: Elaboración propia

III. APORTES REALIZADOS

3.1 Planificación, ejecución y control de etapas.

En el presente capítulo de aportes realizados se desarrollará los puntos clave que se realizaron para la selección e instalación de la planta de trituración de piedra para el proyecto “Ampliación norte del metropolitano” ejecutado por OHL.

3.1.1 La selección de la maquinaria

Se realizó conforme a las opciones que ofrecía el mercado considerando características como marca, capacidad y especificaciones técnicas y ventajas que ofrecían.

A continuación, se describirá las máquinas seleccionadas para el proyecto y sus respectivas descripciones:

- Excavadora de Oruga:

Descripción de la máquina seleccionada (ver Figura 18):

Marca: VOLVO

Modelo: EC 350 D

Tipo: Excavadora de oruga

Motor: VOLVO D8K

Capacidad de cucharón: 2 Tn

Características y Ventajas:

- Los componentes de la carrocería son grandes y fuertes lo que garantizan una operación sin problemas y una larga vida de servicio al trabajar en aplicaciones de carga de alta amortiguación.
- La sólida y duradera estructura del bastidor principal absorbe fácilmente los impactos transferidos del equipo de excavación. El brazo y pluma reforzado permiten que

la máquina funcione en las aplicaciones más severas y de uso pesado.

- La sólida carrocería de tres piezas y el bastidor de acero de alta tensión en forma de X están fabricados para soportar condiciones arduas.
- Placas adicionales entre el extremo del brazo y el área de montaje de la cuchara protegen el cojinete (rodamiento) del extremo del brazo y las placas de desgaste lateral se pueden reemplazar fácilmente en el campo.
- El nuevo sistema electro hidráulico y la válvula de controlar principal utilizan tecnología inteligente para controlar el flujo bajo demanda y la eficacia.
- Incluye un sistema exclusivo de modo de trabajo que permite un óptimo rendimiento de la máquina y eficacia en el combustible.
- La tecnología de flote opcional de la pluma reduce el tiempo del ciclo y mejora el control en operaciones de nivelación al utilizar la fuerza gravitacional para hacer “flotar” la pluma sobre el suelo.



Figura 18. Excavadora de oruga foto real en cantera. Nota: Elaboración propia

- Chancadora Primaria

Descripción de la máquina seleccionada (ver Figura 19 y Figura 20):

Marca: POWERSCREEN

Modelo: PREMIERTRAK 400X/R400X

Tipo: Trituradora de Mandíbula Primaria

Motor: TIER 3: CATERPILLAR C9 de 194 KW

Capacidad: Hasta 400 t/h

Características y Ventajas:

- Alta producción y excelente capacidad de reducción.
- Tolva de alimentación resistente al desgaste con plegado hidráulico y sistema de fijación por cuñas hidráulicas.
- Excelente acceso a la parte inferior de la trituradora para retirar la tela metálica gracias al sistema hidráulico de subida y bajada del transportador de productos.
- Alimentador de rejilla escalonado autolimpiable con tamiz inferior opcional.
- Canal de descarga de finos profundo para reducir obstrucciones de material.
- Acción de trituración agresiva con mandíbulas de gran oscilación que fomentan la entrada de material en la cámara de trituración.
- Ajuste hidráulico de la trituradora para controlar totalmente el tamaño del producto y la protección contra sobrecarga de la trituradora.
- Retención reforzada del revestimiento de manganeso para proteger los soportes de las mandíbulas oscilantes y fijas.
- Funcionamiento económico gracias a un sistema muy eficiente de transmisión directa de bajo consumo.

- La movilidad de las orugas para reducir el tiempo de instalación (normalmente inferior a 30 min)
- Cubierta de la unidad motriz de fácil acceso.
- Sistema de control PLC con función de arranque automático.
- Control remoto por cable.
- Facilidad de instalación.
- Transportador de derivación de 650 mm de anchura
- Pasarelas totalmente inclinadas.

Medidas:

- Peso: 46,500 Kg
- Anchura en posición de transporte: 2,8 m
- Longitud en posición de transporte: 15.02 m
- Altura en posición de transporte: 3.4 m
- Anchura en posición de trabajo con transportador lateral: 4.33 m
- Longitud en posición de trabajo: 14.66 m
- Altura en posición de trabajo: 4.13m



Figura 19. Trituradora primaria de mandíbula foto real en cantera. Nota: Elaboración propia



Figura 20. Trituradora primaria de mandíbula foto real en cantera. Nota: Elaboración propia

- Zaranda

Descripción de la máquina seleccionada (ver Figura 21):

Marca: TEREX FINLAY

Modelo: 883

Tipo: Zaranda de alta resistencia (malla vibratoria)

Motor: TIER 3: CATERPILLAR C4 83KW

Capacidad: a una velocidad de hasta 600 toneladas por hora.

Características y Ventajas:

- Caja de cribado de configuración modular con criba de piso superior de 4,8 x 1,5 m y criba de piso inferior 4,8 x 1,5 m.
- De forma predeterminada, cada transportador de descarga integrado se alimenta mediante un circuito hidráulico independiente.
- Ahora, el ancho estándar del transportador de fino es de 900mm.
- El perfil de plátano y el área aumentada del nuevo piso inferior maximiza el cribado de materiales finos.

- El extremo de descarga de la caja de cribado se puede elevar 500mm hidráulicamente para facilitar el acceso de forma eficiente y sencilla a la hora de realizar labores de mantenimiento y recambio de materiales.
- Se incluyen transportadores laterales totalmente reversibles de forma predeterminada, que ofrecen una flexibilidad superior al cliente dependiendo de sus requisitos específicos.
- Se puede alimentar mediante un triturador móvil sobre orugas, una pala o una excavadora.

Medidas:

- Peso: 31,000 Kg
- Anchura en posición de transporte: 3 m
- Longitud en posición de transporte: 14.98 m
- Altura en posición de transporte: 3.4 m
- Anchura en posición de trabajo: 12.8 m
- Longitud en posición de trabajo: 14.98 m
- Altura en posición de trabajo: 4.8 m



Figura 21. Zaranda foto real en cantera. Nota: Elaboración propia

- Trituradora cónica

Descripción de la máquina seleccionada (ver Figura 22):

Marca: METSO

Modelo: Nordberg HP 200

Tipo: Trituradora cónica

Motor: Eléctrico 132 Kw

Capacidad: 250 t/h

Características y Ventajas:

- El ángulo de ataque o mordida de la cavidad tiene una gran inclinación cercana a la vertical para un excelente agarre y mordida.
- Movimiento más agresivo del pitman para una eficiente compresión.
- Construcción del Bastidor libre de soldadura totalmente empernado.
- Resistencia excepcional a la fatiga.
- Operaciones en circuito cerrado.
- Las herramientas para el izaje y manejo de las partes de desgaste como las muelas, placas cachete y placa fusible vienen como estándar con el equipo.
- El tamaño del producto final es exacto y de excelente forma.

Medidas:

- Peso: 12,160 kg
- Diámetro de cabeza 940mm
- Abertura de alimentación 185 mm



Figura 22. Trituradora cónica foto real en cantera. Nota: Elaboración propia

- Cargador Frontal

Descripción de la máquina seleccionada (ver Figura 23):

Marca: CATERPILLAR

Modelo: 966 M XE

Tipo: Cargador frontal de ruedas.

Motor: TIER 3: CATERPILLAR C9.3 222 kW

Características y Ventajas:

- Hasta 25% más eficiente en el uso del combustible que los equivalentes en el mercado.
- El poder es transmitido a través de una unidad de variación (bomba hidráulica y motor) así como de un engranaje mecánico paralelo (mayor eficiencia) para maximizar la eficiencia de la transmisión sobre un ancho rango de condiciones operativas.
- Las cucharas son fáciles de cargar y mejora la retención del material.
- El sistema de acoplado CAT FUSION y herramientas de trabajo provee un amplio rango de herramientas de

trabajo y permite utilizar las mismas herramientas en diferentes tamaños de cargadores frontales.

- La tecnología ACERT de motores CAT reduce las emisiones de gas.
- Nueva generación de ejes con un tipo de disco estándar que provee una óptima tracción en las variantes condiciones de suelo que mejora la productividad.
- Nueva generación de sistema hidráulico de carga sensible que provee un óptimo control de las funciones de la máquina.
- Tecnología de avanzada con monitores conectados CAT que maneja y mejora las operaciones in situ.
- La capacidad de la cuchara es de entre 2.9 a 9.9 m³.

Medidas:

- Peso: 23,220 Kg
- Anchura en posición de transporte: 3 m
- Longitud en posición de transporte: 14.98 m
- Altura en posición de transporte: 3.4 m
- Anchura en posición de trabajo: 12.8 m
- Longitud en posición de trabajo: 14.98 m
- Altura en posición de trabajo: 4.8 m



Figura 23. Cargador Frontal Caterpillar foto real en cantera. Nota: Elaboración propia

3.1.2 Definición del proceso

Para el diseño del proceso se consideró la manera más eficiente para generar el menor costo por m³ de piedra, pero sin dejar de cumplir con los requerimientos de calidad especificados en la normativa del ministerio de transporte y que solicita el cliente. Se elaboró un proceso para cada uno de los productos que se le provee al proyecto y se estableció una línea de producción en la cantera para que las distancias sean las mínimas y así reducir el consumo de combustible y los tiempos. Los diagramas de flujo por producto se muestran a detalle en el punto 2.2.2.

3.1.3 Instalación de las máquinas y líneas de producción

Una vez que se contaba con los resultados de los estudios de suelos y se determinó las zonas idóneas para realizar las extracciones, se diseñaron los procesos y se seleccionaron las maquinarias y equipos a utilizar, se procedió a instalar los equipos y a establecer la línea de producción por tipo de material, es decir 3 líneas de producción,

En el siguiente mapa se puede ver la distribución de las tres líneas de producción instaladas en la cantera, que son del material de relleno, base y sub base, también los tanques de agua que se utilizan para la humectación del material (ver Figura 24).

A continuación, se muestran las fotos reales de cada una de las 3 líneas:

- Línea de producción de material de relleno: según el flujo detallado anteriormente se requieren 3 equipos la excavadora que retira el material de la cantera y alimenta la trituradora de quijada, para que luego un cargador frontal recoja el producto final y lo coloque en el volquete para su despacho (ver Figura 25).

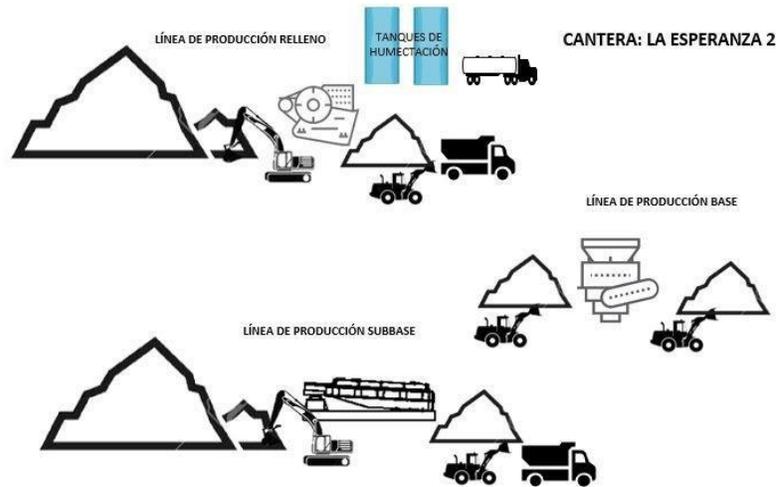


Figura 24. Mapa de distribución de maquinaria en Cantera. Nota: Elaboración propia



Figura 25. Línea de producción material de relleno foto real cantera. Nota: Elaboración propia

- Línea de producción de material Subbase: según el flujo detallado anteriormente se requieren 3 equipos la excavadora que retira el material de la cantera y alimenta a la zaranda, la cual tamiza el material y selecciona el material de hasta 2 pulgadas, para que luego un cargador frontal recoja el producto final y lo coloque en el volquete para su despacho (ver Figura 26 y Figura 27)



Figura 26. Línea de producción material Subbase foto real cantera. Nota: Elaboración propia



Figura 27. Línea de producción material Subbase foto real cantera. Nota: Elaboración propia

- Línea de producción material base: según el flujo detallado anteriormente para la producción del material base se utiliza el material de relleno obtenido de la chancadora primaria (trituradora de mandíbula) y pasa a una segunda fase de chancado en la chancadora secundaria (trituradora cónica) y el producto pasa nuevamente a la zaranda que selecciona el material

menor a 1 pulgada para que finalmente un cargador frontal recoja el producto final y lo coloque en el volquete para su despacho (ver Figura 28 y Figura 29).



Figura 28. Línea de producción material base foto real en cantera. Nota: Elaboración propia



Figura 29. Línea de producción material base foto real en cantera. Nota: Elaboración propia

3.1.4 El personal y capacitación del personal

Para el inicio de operaciones se seleccionó un equipo de personas capacitadas el personal de operaciones se conforma por:

- Supervisor de planta
- Operario de cargador (4)
- Operario de excavadora (2)

- Operario de Chancadora primaria (2)
- Operario de Chancadora secundaria (2)
- Operario de Zaranda (2)
- Asistente de Calidad
- Gerente de Mantenimiento
- Operario de mantenimiento
- Mecánico

Es importante cumplir con la normativa de Seguridad y Salud en el trabajo, para esto se debe tener un sistema de gestión de SST que implica identificar todos los riesgos que hay en la cantera a través de un IPER y una vez identificados los riesgos como serán mitigados o eliminados, a través de:

- EPP's (equipos de protección personal),
- Capacitación en diferentes temas de SST
- Señalización e identificación de peligros especialmente en las máquinas

A continuación, se muestran fotografías de las charlas y capacitaciones que se dan al inicio de cada jornada reforzando temas de seguridad y salud en el trabajo (ver Figura 30 y Figura 31).



Figura 30. Charlas de seguridad y salud en el trabajo a todo el personal. Nota: Elaboración propia



Figura 31. Entrega de EPPs (Guantes de protección). Nota: Elaboración propia

3.1.5 Controles de calidad

Contamos con un asistente de calidad propio que está constantemente analizando muestras de nuestros productos finales antes de ser despachados para no tener devoluciones de material de parte del cliente, lo que representa costos de falso flete importantes que afectarían la utilidad del proyecto. Así mismo OHL envía supervisores de calidad que hacen controles muestrales aleatorios ya que tiene que cumplir con los requisitos de calidad del ministerio de comunicación y transporte ya que incumplir con estas normas representarían un gran riesgo para el proyecto.

3.1.6 Elaboración del programa de mantenimiento

También se estableció un programa de mantenimiento para cada uno de los equipos se respeta el programa de mantenimiento sugerido por el fabricante, dicho programa de mantenimiento preventivo es clave para evitar que las máquinas se malogren lo

cual generaría retrasos en la entrega del material que se traducen en pérdidas monetarias, es por eso que se cumple rigurosamente y siempre se busca utilizar los repuestos más idóneos para las máquinas.

A continuación, se presentan los programas de mantenimiento para cada una de las máquinas (ver Figura 32 hasta Figura 36).



CUADRO DE MANTENIMIENTO CHANCADORA POWERSCREEN PREMIERTRAK R400													
Item	Código	Cant.	Descripción	50	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	Qty. Total
1	15.07.1001	1	Filtro de aire primario S(1931040)		X	X	X	X	X	X	X	X	8
2	15.07.1002	1	Filtro de aire secundario S(7686)		X	X	X	X	X	X	X	X	8
3	15.07.1026	1	Filtro de aceite lubricante	X	X	X	X	X	X	X	X	X	9
4	15.07.1005	1	Filtro de combustible	X	X	X	X	X	X	X	X	X	9
5	15.07.1031	1	Filtro Separador de Agua / Combustible S(1518512)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	9
6	2531-5253	1	Filtro hidráulico elemento					X				X	2
7	2531-5152	2	Filtro hidráulico de carga					X				X	2
8	10.22.5011	1	Filtro hidráulico de ventilación									X	1
9	15W - 40	10 Gal	Aceite de motor	X	X	X	X	X	X	X	X	X	9
10	ISO 46	118 Gal.	Aceite hidráulico					X				X	2
11	ISO 150	2.6 Gal.	Aceite de reductores de oruga	X				X				X	3
12	ISO 220	1.3 Gal.	Aceite del alimentador			X		X		X		X	4
13	50/50	15 Gal.	Refrigerante									X	1
14	NLGI-2	20GR	Grasa para los cojinetes de biela										Cada 08 horas de trabajo
15	NLGI-2	20GR	Grasa para los cojinetes exteriores										Cada 08 horas de trabajo
16	NLGI-2	10 oz.	Grasa para cojinetes transportador										2
													1

SCANIA S

Figura 32. Programa de mantenimiento chancadora primaria). Tomado de Powerscreen Manual



CUADRO DE MANTENIMIENTO ZARANDA ASTEC GT-2055													
Item	Código	Cant.	Descripción	50	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	Qty. Total
1	CO9018	1	Filtro de aire primario C(206-5234)		X	X	X	X	X	X	X	X	8
2	CO9019	1	Filtro de aire secundario C(206-5235)		X	X	X	X	X	X	X	X	8
3	CO9017	1	Filtro de aceite lubricante C(7W-2326)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	9
4	CO8004	1	Filtro de combustible C(299-8229)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	9
5	CO8003	1	Filtro Separador de Agua / Combustible	X	X	X	X	X	X	X	X	X	9
6	CO4203	1	Filtro hidráulico elemento S(KZ 25)					X				X	2
7	F00314	2	Filtro hidráulico de succión									X	1
8	CO0033	1	Filtro de ventilación tanque hidráulico					X				X	2
9	CO4762	1	Filtro hidráulico de metal									X	1
10	15W - 40	3.8 Gal.	Aceite de motor	X	X	X	X	X	X	X	X	X	9
11	ISO 46	130 Gal.	Aceite hidráulico									X	1
12	80W-90	0.85 Gal.	Aceite de reductores de oruga	X		X		X		X		X	5
13	ISO 150	0.25 Gal.	Aceite de reductor de faja del nivel superior			X		X		X		X	4
14	ISO 150	0.75 Gal.	Aceite de reductor del alimentador			X		X		X		X	4
15	50/50	4 Gal.	Refrigerante									X	1
16	CO9178	2	Faja de ventilador									X	1
17	NLGI-2	5 oz.	Grasa para rodamientos de criba										Engrasar 15 bombasos cada 10 horas de trabajo
18	NLGI-2	3 oz.	Grasa para rodamientos de fajas transportadoras										Engrasar 12 bombasos cada 15 horas de trabajo

CATERPILLAR C
Schroeder S

Figura 33. Programa de mantenimiento Zaranda. Tomado de ASTEC manual

Equipo : EXCAVADORA
 Marca : VOLVO
 Modelo : EC 350 D
 Serie Equipo : A10001 and up
 Motor Diesel : 0
 Serie Motor : 0

O & M : PC350LC-8 N/S: A10001-UP
 0
 CSS : PC350LC-8 N/S: A10001-UP
 0

SISTEMA	Tipo de Lubricante (Temperatura Ambiente)	Fluidos Recomendados por VOLVO	Números de Parte NMP SA.		Capacidad de Relleno (Gln)	Frecuencia de Cambio (hrs.)
			Cilindro (55 Gln)	Balde (5 Gln)		
CARTER DEL ACEITE DE MOTOR (1)	Acete de Motor (-15 a 50 °C)	EO15W40DH	39P15405500	39P15400500	9.25	500
CAJA DE MAQUINA DE GIRO	Acete de Tren de Potencia (-30 a 50 °C)	TO30	39TO4305500	39TO4300500	4.36	1000
CAJAS DE MANDOS FINALES (2)					4.76	2000
CAJA DEL AMORTIGUADOR					0.34	2000
SISTEMA HIDRAULICO (3)	Acete de Tren de Potencia (-20 a 50 °C)	TO10	39TO4105500	39TO4100500	49.67	5000
BOQUILLAS DE ENGRASE, Croulo y Piñon de Giro. (4)	Grasa Hyper (-20 a 50°C)	G2-TE (Compl. Lito, NLGI 2).	39VV610 (400 Lb)	39VV612 (35 Lb)	-	-
	Grasa de Lito (-20 a 50°C)	G2-L-S (Lito, cMoG2, NLGI 2).	39SMOLY0400	39SMOLY0035		
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	Super refrigerante AF-NAC	Super Coolant AF-NAC	62140016SH1	621400164H1 (1 Gln)	8.45	4000

NOTAS:
 (1) El intervalo de cambio de aceite cumple solo si el contenido de Azufre en el combustible es inferior al 0.5% y usando el lubricante recomendado. Para porcentajes mayores a 0.5% y menores a 1% el cambio de aceite se debe realizar a las 250hrs.
 (2) La capacidad de relleno es considerada para ambos lados.
 (3) Si realiza operaciones con martillo hidráulico debe reducir el intervalo de cambio del fluido hidráulico según el grafico del manual de mantenimiento.
 (4) Llevar a cabo el engrase cada 10 horas por las primeras 50 horas de operación en una maquina nueva. Luego según indica el manual de O&M.
 Engrasar cada 50 horas los puntos de lubricacion y cada 250 horas el circuito de giro.

Figura 34. Programa de mantenimiento Excavadora. Tomado de VOLVO manual



CUADRO DE MANTENIMIENTO CHANCADORA CÓNICA METSO HP200

Item	Código	Cant.	Descripción	50	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	Qty. Total
1	279141	1	Filtro de aire primario D(P182041)		X	X	X	X	X	X	X	X	8
2	279142	1	Filtro de aire secundario D(P119370)		X	X	X	X	X	X	X	X	8
3	289433	1	Filtro de aceite lubricante C(1R-1807)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	9
4	289497	1	Filtro de combustible C(1R-0751)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	9
5	289427	1	Filtro Separador de Agua / Combustible C(326-1643)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	9
6	119937	1	Filtro hidráulico elemento					X				X	2
7	178515	1	kit de sellos					X				X	2
8	165048	2	Filtro hidráulico externo D(P173737)			X		X		X		X	4
9	180276	1	Filtro hidráulico de ventilación			X		X		X		X	4
10	15W - 40	7.4 Gal	Acete de motor	X	X	X	X	X	X	X	X	X	9
11	ISO 46	185 Gal.	Acete hidráulico									X	1
12	SAE 50	1.3 Gal.	Acete de reductores de oruga	X		X		X		X		X	5
13	ISO 220	2.5Gal	Acete del alimentador		X	X	X	X	X	X	X	X	8
14	50/50	9 Gal.	Refrigerante					X				X	2
15	289498	1	Faja de ventilador									X	1
16	SHC 007	32 oz.	Grasa semi-fluida para los cojinetes de biela										Cada 10 horas de trabajo
17	SHC 007	16 oz	Grasa semi-fluida para los cojinetes exteriores										Cada 10 horas de trabajo
18	SHC 220	1 oz.	grasa para el alimentador (Sintético)										Cada 10 horas de trabajo
19	NLGI-2	10 oz.	Grasa para cojinetes transportador										Cada 10 horas de trabajo

CATERPILLAR	C
METSO	D

Figura 35. Programa de mantenimiento chancadora cónica. Tomado de: METSO manual



		HORAS						
		8	50	100	250	500	750	1000
	Nivel de aceite	Comprobar	*	*	*			
	Aceite y filtro	Cambiar			*	*	*	*
	Elemento externo del filtro de aire	Cambiar			*	*	*	*
	Elemento interno del filtro de aire	Cambiar			*	*	*	*
	Prefiltro de aire	Limpiar	*	*	*	*	*	*
	Filtro de combustible	Cambiar			*	*	*	*
	Nivel del refrigerante	Comprobar	*	*	*	*	*	*
	Refrigerante	Cambiar						
	Separador agua/combustible	Vaciar/limpiar	*	*	*	*	*	*
	Tensión y estado correas del ventilador.	Comprobar		*	*	*	*	*
MOTOR	Huelgos de válvulas *	Comprobar/ajustar						
	Apriete pernos soporte del motor *	Comprobar/ajustar			*	*	*	*
	Velocidad de ralenti *	Comprobar/ajustar			*	*	*	*
	Máxima velocidad regulada *	Comprobar/ajustar			*	*	*	*
	Sujeción sistema de escape *	Comprobar/ajustar			*	*	*	*
	Nivel de aceite transmisión	Comprobar	*	*	*	*	*	*
TRANSMISIÓN Y MANDO FINALES	Aceite de la transmisión	Cambiar						*
	Filtro de la transmisión	Cambiar						*
	Niveles de aceite mando finales (cubos)	Comprobar		*	*	*	*	*
	Aceite mandos finales (cubos)	Cambiar						*
	Niveles de la diferencial y puente	Comprobar		*	*	*	*	*
	Aceite de la diferencial y puente	Cambiar						*
	Engrase de las crucetas del cardan	Comprobar	*	*	*	*	*	*
	Apriete de tuercas de las ruedas	Comprobar	*	*	*	*	*	*
Presiones y estado de los neumáticos	Comprobar	*	*	*	*	*	*	
SISTEMA HIDRÁULICO	Nivel del aceite	Comprobar	*	*	*	*	*	*
	Aceite	Cambiar						*
	Filtro de aceite	Cambiar						*
	Estado/fuga cilindros hidráulicos y mangueras	Comprobar	*	*	*	*	*	*
	Presión de sistema hidráulico *	Comprobar				*	*	*
Válvulas de control mandos *	Comprobar				*	*	*	
FRENOS	Nivel de aceite del sistema de frenos	Comprobar	*	*	*	*	*	*
	Aceite del sistema de frenos	Cambiar						*
	Estado/fuga de las mangueras	Comprobar	*	*	*	*	*	*
	Deposito de aire	Drenar				*	*	*
	Estado pastas de freno	Comprobar				*	*	*
	Accionamiento del freno y emergencia	Comprobar	*	*	*	*	*	*

Figura 36. Programa de mantenimiento cargador frontal. Tomado de: CATERPILLAR manual

3.1.7 Indicadores de Gestión

Se implementaron diferentes indicadores de gestión para poder llevar un control adecuado de los procesos de producción y costos. Los indicadores de gestión que se manejaron fueron:

- Producción:
 - o Toneladas/hora
 - o Toneladas/día
 - o Horas/máquina
 - o Toneladas despachadas/día
- Costos:
 - o Gastos de personal
 - o Gastos de Combustible
- Calidad:
 - o Humedad
 - o Granulometría
 - o Sales
 - o Equivalente de arena

Todos los indicadores se monitorean de manera diaria, para poder llevar un correcto control.

3.2 Evaluación técnica – económica.

Para poder hacer una evaluación económica primero se definieron los costos del proyecto por cada etapa del proceso para obtener un costo por hora que será convertido a costo por metro cúbico de material producido, los cuales se detallan a continuación:

- Costeo Material de relleno

- Extracción de material (ver Tabla 11 y Tabla 12)

Tabla 11. *Máquinas y Equipos*

Máquinas y equipos	Consumo d2 x hora	Costo d2	Costo por hora seco
Tractor	8		s/. 252.00
Consumibles y manto por hora			
	8	s/. 12.29	s/. 252.00

Nota: Elaboración Propia

Tabla 12. *Gasto de personal*

Alimentación, hospedaje y otros	UND	Cantidad	Precio unitario/día	Total s/
Alimentación	UND	1	21.00	s/. 21.00
Internet Bitel ilimitado	UND		2.33	s/. -
SCTR	UND		0.83	s/. -
Total alimentación, hospedaje y otros				s/. 21.00
Promedio horas trabajadas				10
Costo por hora				s/. 2.10

Nota: Elaboración Propia

Costo de m³ de piedra extraída: 3.92 soles (ver Tabla 13).

Tabla 13. *Resumen de costos de operación por hora de extracción*

Operación	Costo		
Maquinas INC manto	s/. 252.00		
Consumo d2	s/. 98.32		
Personal	s/. -		
Transporte	s/. -		
Instalación	s/. -		
Alimentación y hospedaje	s/. 2.10	Estimado solo piedra	
Costo total por hora	s/. 352.42	90	s/. 3.92
			Costo promedio x m ³

Nota: Elaboración Propia

- Chancado de material de relleno (ver Tabla 14 y Tabla 15)

Tabla 14. *Costeo Chancado material de relleno*

Máquinas y equipos	Consumo d2 x hora	Costo d2	Costo por hora seco
Cargador 966h 2	6		s/. 120.00
Excavadora 01	9		s/. 200.00
Primaria	9		s/. 429.00
Zaranda SCALPER	5		s/. 395.00
Movilidad	1		s/. 10.42
Luminaria			
Consumibles y manto por hora			s/. 200.00
	s/. 30.00	s/.11.96	s/. 1,354.42

Nota: Elaboración Propia

Tabla 15. *Costeo de personal material de relleno*

Personal	Monto
Supervisor de operaciones	s/. 4,500.00
Operador 1	s/. 3,000.00
Soldador	s/. 3,000.00
Jefe de calidad	s/. 4,500.00
Asistente de calidad	s/. 3,000.00
Logística	s/. 2,500.00
Agencia vigilancia ZENEN	s/. 4,500.00
	s/. 25,000.00
Promedio horas trabajadas mes	240
Cantidad personas	7
Costo por hora	s/. 104.17

Nota: Elaboración Propia

Tabla 16. *Costeo gastos de alimentación hospedaje y otro material relleno*

Alimentación, hospedaje y otros	UND	Cant.	Precio unitario/día	Total s/
Alimentación	UND	7	16.00	s/. 112.00
Hospedaje	UND		20.00	s/. -
Baño químico s/279xmes	UND		11.83	s/. -
Internet Bitel ilimitado s/69.9xmes	UND	1	2.33	s/. 2.33
Celular RPC ilimitados s/30.0xmes	UND	2	1.00	s/. -

SCTR	UND	7	0.83	s/. 5.83
Luz s/1000 mensuales	UND		66.67	s/. -
Agua para aspersión s./ 500 x mes	UND		500.00	s/. 500.00
Total alimentación, hospedaje y otros				s/. 620.16
Promedio horas trabajadas				10
Costo por hora				s/. 62.02

Nota: Elaboración Propia

Costo de chancado de m³ de piedra para material de relleno es de 10.34 soles (ver Tabla 17).

Tabla 17. *Resumen Costo Operación de material relleno*

Operación	Costo		
Maquinas INC manto	s/. 1,354.42		
Consumo d2	s/. 30.00		
Personal	s/. 104.17		
Transporte	s/. -		
Instalación	s/. -		
Alimentación y hospedaje	s/. 62.02	Estimado solo piedra	
Costo total por hora	s/. 1,550.60	150	s/. 10.34
			Costo promedio x m ³

Nota: Elaboración Propia

Costo humectación por m³ de material producido es de 2.7 soles (ver Tabla 18 y Tabla 19).

Tabla 18. *Costo de humectación*

Humectación					
GLN	Tiempo	GLN/min	m ³ /hr	m ³ /min	GL/m ³
2500.0	75.0	33.3	150.0	2.5	13.3
Cisterna de agua					
Precio tanque	Precio GLN	GLN/min	Costo hum /m ³		
150	0.06	s/.2.00	0.8		

Batido (Excavadora)

Costo hora + Comb.	Rend.	Costo
380	200	s/. 1.90

Nota: Elaboración Propia

Tabla 19. Costo total de humectación

Agua	s/. 0.80
Equipo	s/. 1.90
Costo total	s/. 2.70

Nota: Elaboración Propia

Costo total de producción de material de relleno es de 18.95 soles (ver Tabla 20).

Tabla 20. Costo de producción de relleno

Extracción	s/. 3.92
Chancado zaranda	s/. 10.34
Voladura s/m ³	s/. -
Royalty s/m ³	s/. 2.00
Humectación s/m ³	s/. 2.70
Costo total s/m³	s/. 18.95

Nota: Elaboración Propia

- Costeo material subbase
 - Extracción del material: el costo es el mismo que se detalló en el coste del material de relleno (ver Tabla 13).

Costo de m³ de piedra extraída: 3.92 soles.

- Proceso de tamizado con zaranda vibratoria (ver Tabla 21 hasta Tabla 23)

Tabla 21. Máquinas y Equipos

Máquinas y equipos	Consumo d2 x hora	Costo d2	Costo por hora seco
Volqueta 01	4		s/. 56.00
Cargador 966h2	6		s/. 120.00
Excavadora 01	9		s/. 200.00

Zaranda SCALPER	5		s/. 395.00
Movilidad	1		s/. 10.42
Luminaria			
Consumibles y manto por hora			s/. 200.00
	s/. 25.00	s/.11.96	s/. 981.42

Nota: Elaboración Propia

Tabla 22. Gasto de personal

Personal	Monto
Supervisor de operaciones	s/. 4,500.00
Operador 1	s/. 3,000.00
Soldador	s/. 3,000.00
Jefe de calidad	s/. 4,500.00
Asistente de calidad	s/. 3,000.00
Logística	s/. 2,500.00
Agencia vigilancia ZENEN	s/. 4,500.00
	s/. 25,000.00
Promedio horas trabajadas mes	240
Cantidad personas	7
Costo por hora	s/. 104.17

Nota: Elaboración Propia

Tabla 23. Costeo gastos de alimentación hospedaje y otro material relleno

Alimentación, hospedaje y otros	UND	Cant.	Precio unitario/día	Total s/
Alimentación	UND	7	16.00	s/. 112.00
Hospedaje	UND		20.00	s/. -
Baño químico s/279xmes	UND		11.83	s/. -
Internet Bitel ilimitado s/69.9xmes	UND	1	2.33	s/. 2.33
Celular RPC ilimitados s/30.0xmes	UND	2	1.00	s/. -
SCTR	UND	7	0.83	s/.5.83
Luz s/1000 mensuales	UND		66.67	s/. -
Agua para aspersión s/500 x mes	UND		500.00	s/. 500.00
Total alimentación, hospedaje y otros				s/.620.16
Promedio horas trabajadas				10
Costo por hora				s/. 62.02

Nota: Elaboración Propia

Costo de tamizado de m³ de piedra para material sub base es de 13.03 soles (ver Tabla 24)

Tabla 24. Resumen Costo Operación de material relleno

Operación	Costo		
Maquinas INC manto	s/. 981.42		
Consumo d2	s/. 25.00		
Personal	s/. 104.17		
Transporte	s/. -		
Instalación	s/. -		
Alimentación y hospedaje	s/.62.02	Estimado solo piedra	
Costo total por hora	s/. 1,172.60	90	s/. 13.03
			Costo promedio x m ³

Nota: Elaboración Propia

Costo de la humectación por m³ es de 3.23 soles (ver Tabla 25 y Tabla 26)

Tabla 25. Costo de humectación

Humectación					
GLN	Tiempo	GLN/min	m ³ /hr	m ³ /min	GL/m ³
2500.0	75.0	33.3	90.0	1.5	22.2
Cisterna de agua					
Precio tanque	Precio GLN	GLN/min	Costo hum /m ³		
150	0.06	s/. 2.00	1.33		
Batido (Excavadora)					
Costo hora + Comb.	Rend.	Costo			
380	200	s/. 1.90			

Nota: Elaboración Propia

Tabla 26. Costo total de humectación

Agua	s/.1.33
Equipo	s/. 1.90
Costo total	s/. 3.23

Nota: Elaboración Propia

Costo total de producción de material sub base es de 22.18 soles (ver Tabla 27)

Tabla 27. Costo de producción

Extracción	s/. 3.92
Chancado zaranda	s/. 13.03
Voladura s/m ³	s/. -
Royalty s/m ³	s/. 2.00
Humectación s/m ³	s/. 3.23
Costo total s/m³	s/. 22.18

Nota: Elaboración Propia

- Costeo de material base

Extracción del material: el costo es el mismo que se detalló en el coste del material de relleno. Costo de m³ de piedra extraída: 3.92 soles (ver Tabla 13).

- Proceso de chancado primaria y secundaria (ver Tabla 28 y Tabla 30)

Tabla 28. Máquinas y Equipos

Máquinas y equipos	Consumo d2 x hora	Costo d2	Costo por hora seco
Volquete 01	4		s/. 56.00
Volquete 02	4		s/. 56.00
Volquete 03	4		s/. 56.00
Cargador 966h 2	6		s/. 120.00
Excavadora 01	9		s/. 200.00
Chancado (primaria y secundaria)			s/. 800.00
Generador eléctrico	16		
Movilidad	1		s/. 10.42
Luminaria			
Consumibles y manto por hora			s/. 200.00
	s/. 44.00	s/. 11.96	s/. 1,498.42

Nota: Elaboración Propia

Tabla 29. Gasto de personal

Personal	Monto
Supervisor de operaciones	s/. 4,500.00
Operador 1	s/. 3,000.00

Soldador	s/. 3,000.00
Jefe de calidad	s/. 4,500.00
Asistente de calidad	s/. 3,000.00
Logística	s/. 2,500.00
Agencia vigilancia ZENEN	s/. 4,500.00
Operador volquete 1	s/. 2,500.00
Operador volquete 2	s/. 2,500.00
Operador volquete 3	s/. 2,500.00
	s/. 32,500.00
Promedio horas trabajadas mes	240
Cantidad personas	10
Costo por hora	s/. 135.42

Nota: Elaboración Propia

Tabla 30. Costeo gastos de alimentación hospedaje y otro material relleno

Alimentación, hospedaje y otros	UND	Cant.	Precio unitario/día	Total s/
Alimentación	UND	10	16.00	s/. 160.00
Hospedaje	UND		20.00	s/. -
Baño químico s/279xmes	UND		11.83	s/. -
Internet Bitel ilimitado s/69.9xmes	UND	1	2.33	s/. 2.33
Celular RPC ilimitados s/30.0xmes	UND	2	1.00	s/. -
SCTR	UND	10	0.83	s/. 8.33
Luz s/1000 mensuales	UND		66.67	s/. -
Agua para aspersión s/500 x mes	UND		500.00	s/. 500.00
Total alimentación, hospedaje y otros				s/. 670.66
Promedio horas trabajadas				10
Costo por hora				s/. 67.07

Nota: Elaboración Propia

Costo del chancado de primaria y secundaria por m³ de piedra para material base es de 21.81 (ver Tabla 31)

Tabla 31. Resumen Costo Operación de material relleno

Operación	Costo
Maquinas INC manto	s/. 1,498.42
Consumo d2	s/. 44.00
Personal	s/. 135.42
Transporte	s/. -
Instalación	s/. -

Alimentación y hospedaje	s/. 67.07	Estimado solo piedra	
Costo total por hora	s/. 1,744.90	80	s/. 21.81
			Costo promedio x m ³

Nota: Elaboración Propia

Costo de la humectación por m³ es de 3.40 soles (ver Tabla 32 y Tabla 33)

Tabla 32. Costo de humectación

Humectación					
GLN	Tiempo	GLN/min	m ³ /hr	m ³ /min	GL/m ³
2500.0	75.0	33.3	80.0	1.3	25.0
Cisterna de agua					
Precio tanque	Precio GLN	GLN/min	Costo hum /m ³		
150	0.06	s/. 2.00	1.5		
Batido (Excavadora)					
Costo hora + Comb.	Rend.	Costo			
380	200	s/. 1.90			

Nota: Elaboración Propia

Tabla 33. Costo total de humectación

Agua	s/. 1.50
Equipo	s/. 1.90
Costo total	s/. 3.40

Nota: Elaboración Propia

Costo total de producción de material base es de 31.13 soles (ver Tabla 34)

Tabla 34. Costo de producción

Extracción	s/. 3.92
Chancado zaranda	s/. 21.81
Voladura s/m ³	s/. -
Royalty s/m ³	s/. 2.00
Humectación s/m ³	s/. 3.40
Costo total s/m³	s/. 31.13

Nota: Elaboración Propia

Una vez se tienen los costos de producción se evalúan respecto al precio de venta que se acordó con el cliente OHL y se define que hay la siguiente utilidad por m³ de cada material (ver Tabla 35):

Tabla 35. Resumen de costos de producción

	Costo	Precio de venta (incluye humectación)	Utilidad
Material relleno	s/. 18.95	s/. 20.5	s/. 1.55
Material Sub base	s/. 22.18	s/. 29.25	s/. 7.07
Material base	s/. 31.13	s/. 40.75	s/. 10.02

Nota: Elaboración Propia

Adicionalmente a la evaluación económica de costeo que se realizó para definir los precios de venta y determinar la utilidad por m³ de cada material. Se realiza un análisis de la utilidad diario, de esa manera se pueden controlar los costos que se van dando en el día y si hay alguna pérdida solucionarlo en el momento.

A continuación, un ejemplo de los reportes de utilidad diarios por línea de producción:

- Línea de producción material de relleno del día 4 de setiembre 2021 (ver Tabla 36)

Tabla 36. Gastos de operación Relleno

Línea de producción	Primaria				
Producto	Relleno 4"				
Fecha	3 de Septiembre de 2021				
Turno	DÍA				
Rendimiento m ³ /hr	176.65				
Ingresos					
Producto	m ³	P.U.	TOTAL		
Relleno 4" humedecido	759.6	s/. 20.5	s/. 15,571.80		
Relleno Stock	0	0	0		
Total de ingresos	759.6		s/. 15,571.80		
Gastos operación					
Equipo	H. Inicial	H. Final	UND	P.U.	TOTAL

Excavadora CAT	4,676.00	4,685.10	9.1	s/. 170.00	s/. 1,547.00
Excavadora KOMATSU	5,305.00	5,307.00	2	s/. 170.00	s/. 340.00
Cargador Frontal K	7,822.40	7,831.50	9.1	s/. 120.00	s/. 1,092.00
Cargador Frontal M	8,489.60	8,497.20	7.6	s/. 120.00	s/. 912.00
Tractor CAT			0	s/. 205.00	s/. 0
Chancadora Primaria	3,415.75	3,420.05	4.3	s/. 440.00	s/. 1,892.00
Personal Operación					s/. 460.00
Personal Administrativo					s/. 158.33
Cisterna					s/. 211.00
Combustible			185.3	s/. 11.97	s/. 2,218.00
Regalías					s/. 1,519.00
Alimentación					s/. 125.00
Otros					s/. 100.00
Gatos de Operación					s/. 10,574.33
Utilidad					s/. 4,997.47

Nota: Elaboración Propia

-Línea de producción material Sub base (ver Tabla 37)

Tabla 37. *Gastos de operación Sub base*

Línea de producción	Zaranda				
Producto	Sub base				
Fecha	21 de Agosto de 2021				
Rendimiento m ³ /hr	179.50				
Ingresos					
Producto	m ³	P.U.	TOTAL		
Relleno 2" humedecido	1256.47	s/. 20.5	s/. 25,758.00		
Relleno Stock	0	0	0		
Total de ingresos	1256.47		s/. 25,758.00		
Gastos operación					
Equipo	H. Inicial	H. Final	UND	P.U.	TOTAL
Excavadora CAT 330	4,552.70	4,560.60	7.9	s/. 170.00	s/. 1,343.00
Cargador Frontal M	8,335.60	8,346.2	10.6	s/. 120.00	s/. 1,272.00
Tractor D6T	3,628.00	3,635.60	7.6	s/. 205.00	s/. 1,558.00
Zaranda	1,731.00	1,738.00	7	s/. 400.00	s/. 2,800.00
Personal Operación					s/. 416.67
Personal Administrativo					s/. 241.11
Cisterna					s/. 211.00
Combustible			261.8	s/. 11.97	s/. 3,134.00
Regalías					s/. 2,513.00
Alimentación					s/. 125.00
Otros					s/. 100.00

Volquete				s/. 417	s/. 208.50
Cargador Frontal 962H			2	s/. 120	s/. 240.00
Gatos de Operación					s/. 13,713.00
Utilidad					s/. 12,044.00

Nota: Elaboración Propia

- Línea de producción material base (ver Tabla 38)

Tabla 38. *Gastos de operación Base*

Línea de producción	Estática				
Producto	Base				
Fecha	3 de Septiembre de 2021				
Turno	DÍA				
Rendimiento m ³ /hr	118.17				
Ingresos					
Producto		m ³	P.U.	TOTAL	
Sub base		826	s/. 29.3	s/. 24,161.00	
		0	0	0	
Total de ingresos		759.6		s/. 24,161.00	
Gastos operación					
Equipo	H. Inicial	H. Final	UND	P.U.	TOTAL
Excavadora Volvo	6,874.50	6,882.70	9.1	s/. 170.00	s/. 1,394.00
Cargador Frontal H	16,163.00	16,172.90	9.4	s/. 120.00	s/. 1,128.00
Estática Secundaria	1,156.47	1,163.46	6.99	s/. 0	s/. 0
Estática Primaria	1,184.45	1,192.27	7.82	s/. 800.00	s/. 6,256.00
Volquete 1			1	s/. 417.00	s/. 417.00
Volquete 2			0	s/. 417.00	s/. 0
Volquete 3			0	s/. 417.00	s/. 0
Personal Operación					s/. 366.67
Personal Administrativo					s/. 158.33
Cisterna					s/. 211.00
Combustible			241.2	s/. 11.97	s/. 2,887.00
Regalías					s/. 1,652.00
Alimentación					s/. 155.00
Otros					s/. 100.00
Gatos de Operación					s/. 14,725.00
Utilidad					s/. 9,436.00

Nota: Elaboración Propia

Así mismo, para complementar la evaluación económica se hacen balances mensuales para ver el progreso del proyecto, ya que la utilidad diaria varía, así como también hay días con pérdida al

tener balances mensuales se consolidan todos las ganancias y pérdidas y se obtiene una utilidad global.

Se comparte un estado de pérdidas y ganancias del mes de setiembre del presente año (ver Tabla 39).

Tabla 39. Estado de pérdidas y ganancias al 20/09/2021

Descripción	Cant. m ³	P.V.	SUTOTAL
Ingreso por ventas de base granular	153.00	s/. 43.07	s/. 6,589.71
Ingreso por ventas de base granular	6252.00	s/. 42.77	s/. 267,398.04
Ingreso por ventas de sub. base granular	1872.00	s/. 29.5	s/. 55,224.00
Ingreso por ventas de sub. base granular	24073.00	s/. 29.21	s/. 703,172.33
Ingreso por ventas de relleno 6"	44288.00	s/. 17.7	s/. 783,897.60
Ingreso por ventas de relleno 6"	94622.00	s/. 18.88	s/. 1,786,463.36
Servicio de Humectación	33323.00	s/. 3.54	s/. 117,963.42
Servicio de Humectación	140674.00	s/. 5.31	s/. 746,978.94
Total ingreso por ventas			s/. 4,467,687.40
Total egresos			
Gastos de operación			s/. 3,911,793.50
Gastos de administración			s/. 46,547.00
Gastos de recursos humanos			s/. 128,939.59
Total gastos operativos			s/. 4,087,280.09
Ingresos-Egresos			s/. 380,407.31

Nota: Elaboración Propia

3.3 Análisis de resultados.

Si analizamos los resultados obtenidos en la evaluación económica del punto anterior, se puede concluir que el proyecto es rentable. Pero es necesario un control de costos constantes para no caer en pérdidas innecesarias que pueden afectar la utilidad del proyecto, los principales riesgos que podrían afectar la utilidad del proyecto son averías en las máquinas ya que no solo implica costos de reparación, sino que esto representa paras y retrasos en la entrega de material que podrían representar no cumplir con las entregas mínimas requeridas por el cliente y seríamos castigados con la aplicación de penalidad por

incumplimiento.

IV. DISCUSIÓN

Muchos de los proyectos referenciados han presentado como principal dificultad para el contraste de resultados que el alcance de no fue más que un estudio en él se realizó un análisis de factibilidad. A diferencia del presente proyecto donde la implementación fue un hecho concreto y con en base en los registros económicos de la planta se obtuvieron los ingresos. Cabe destacar que la capacidad productiva de cada planta difiere.

Colequhuanca (2018) en su proyecto para la optimizar el rendimiento de la Planta de Trituración la Roca estimó que para la producción de 4130.67 m³ de material base. La capacidad productiva por hora de material debe ser de aproximadamente 36.70 m³/h para poder ofertar el producto final en 40.29 soles. Un caso muy parecido al del presente proyecto en el cual se requiere generar 3000 m³ de productos con una capacidad productiva de 24.69 m³/h de material base y un precio de venta de 40.75 soles.

Los demás autores citados como Urday (2013), Vásquez (2019), Hernández (2017), Aguilar (2021) y Ortiz (2019) hacen referencia a estudios de mercado, mediante los cuales se determina la oferta potencial para futuras plantas de trituración. Mismas que están conformados principal y fundamentalmente compuestos por los siguientes equipos: Cargador frontal, trituradora primaria, trituradora secundaria, zaranda y excavadora. Las cuales permiten obtener y generar varios tipos de agregados. Lo que los vuelve altamente competitivos en el mercado, destacando que esta es la principal maquinaria pesada seleccionada para la estructuración de la planta trituradora de piedra

V. CONCLUSIONES

5.1 Conclusiones

- Se cumplió con el objetivo principal del proyecto debido a que se seleccionó e instaló una planta de trituración de piedra para proveer agregados al proyecto OHL - ampliación norte del metropolitano. Misma que permite producir 3 tipos de materiales (relleno, base y sub base)
- Se identificaron las especificaciones técnicas correspondientes al proyecto de ampliación. Estableciendo como volumen total a producir: 19475. m³ de base granular, 3915 m³ de relleno con material de cantera, 37800 m³ de relleno con material de préstamos, 35400 m³ de subbase granular y 1 m³ de humectación.
- Partiendo de las especificaciones técnicas establecidas para la planta, se definió que la capacidad de producción diaria mínima es de 3000 m³. Distribuidos de la siguiente manera: 500 m³ de material subbase y base granular, y 2000 m³ de material de relleno. Por tal motivo, la planta está capacitada para proveer 333.33 m³/h en jornadas de 9 horas en un turno
- Una vez definidos los materiales a producir se determinaron los procesos necesarios para su obtención. Teniendo así que para el material de relleno se necesita ejecutar 4 etapas (extracción, trituración principal, inspección y reproceso de ser necesario), para el material base 6 etapas (extracción, trituración primaria, tamizado, trituración secundaria, inspección y reproceso de ser necesario) y para el material subbase 3 etapas (extracción, tamizado, inspección). Destacando que los requisitos técnicos de los materiales están definidos por el Manual de carreteras

- Siendo conocidos los procesos de fabricación requeridos, se seleccionaron los equipos complementarios necesarios para ejecutar cada una de las etapas. Determinando así, la necesidad de contar con: excavadora de oruga, chancadora o trituradora primaria, zaranda, cargador frontal y una chancadora o trituradora secundaria
- El plan de implementación y puesta en marcha de la planta fue dividido en 3 fases. La primera fue obtener la licitación del proyecto, seguido de una etapa de preparación para el inicio de operación donde fue necesario llevar a cabo un estudio del tipo de suelo de la cantera para conocer el tipo de material a extraer, mismo al que se sometió a un estudio Petrominológico para conocer sus propiedades mecánicas y químicas y un estudio de granulometría por tamizado. Finalmente, como etapa final donde se determinaron los procesos productivos requeridos, maquinaria necesaria y los planes de mantenimiento preventivo
- Como parte final del trabajo se realizó una evaluación económica y financiera. Para lo cual, fue necesario definir los costos de cada una de las etapas de producción de cada material. Obteniendo así, costos totales: 18.95 soles para material de relleno, 22.18 soles para material Sub base y 31.13 soles para material base. Mientras que los precios de venta: 20.5 soles para material de relleno, 29.25 soles para material Sub base y 40.75 soles para material base. Gracias a lo cual se determinó que para el mes de septiembre los ingresos por ventas ascienden a 4,467,687.40 soles, mientras que los gastos operativos se estiman en 4,087,280.09 soles. Generando así, una utilidad de 380,407.31 soles

VI. RECOMENDACIONES

- Previo a la instalación de la planta es necesario hacer un buen diagnóstico previo del suelo de la zona de extracción con la finalidad de conocer los materiales que se pueden producir y su calidad
- Las líneas de producción deben estar lo más cerca posible de las zonas de extracción para reducir el tiempo de transporte y así ahorrar en combustible y tiempo
- Se debe cumplir acorde a lo establecido el plan de mantenimiento preventivo de cada uno de los equipos. Ya que esto, permitirá reducir el número de paradas de planta no programadas y alargará la vida útil del activo
- Es recomendable contar con un laboratorista dentro del organigrama del proyecto, debido a que el control de calidad de los productos obtenidos es de vital importancia para el éxito del proyecto
- Verificar constantemente el cumplimiento de la normativa de Seguridad y salud en el trabajo, para evitar accidentes en el laborales que pudieran afectar la integridad de los operarios e instalaciones

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, J. 2021. Estudio para el diseño de una nueva planta de trituración minera en la Empresa “Sociedad Civil Minera Goldmins” ubicada en el Cantón Zaruma Provincia de El Oro. (Tesis de Grado). Guayaquil : Universidad de Guayaquil, 2021.
- Aguilera, I. 2017. Un enfoque gerencial de la teoría de las restricciones. 77, Cali : Universidad ICESI, 2017, Vol. 2.
- CAT. 2020. Manual del usuario de la Excavadora Hidráulica CAT 330 GC. s.l. : CAT, 2020.
- CÍA. La Roca. 2016. Somos La Roca. [En línea] 2016. [Citado el: 3 de Octubre de 2021.] <https://www.cialaroca.com/>.
- Clemente, J. 2020. Seminario Cargador Frontal. ASERCAP, 2020.
- Colquehuanca, M. 2018. Implementación de mejora al sistema de una planta de trituración de roca para optimizar el rendimiento en el proceso de producción de agregados. (Tesis de Grado). Lima : Universidad Privada del Norte, 2018.
- Espinoza, M. 2019. Determinación cinética de molienda de una pulpa de barbotina considerando variación en la concentración de sólidos. (Tesis de Grado). Cuenca : Universidad de Azuay, 2019.
- Gonzales, N. Agregados para concreto. 2018. 23, México : IMCYC, 2018, Vol. 2.
- Hermoza, D. 2018. Zaranda Vibratoria. México : FACSOL, 2018.
- Hernández, M. 2017. Elaboración de un plan de negocios para la incorporación de una nueva línea de trituración portátil para piedra, dirigida a la empresa Macroacero LTDA. (Tesis de Grado). Bogotá : Universidad Santo Tomás, 2017.

- Lhoist. 2018. Preparación y refinación de la piedra caliza. [En línea] Lhoist, 3 de Junio de 2018. [Citado el: 19 de Octubre de 2021.] <https://www.lhoist.com/es/preparaci%C3%B3n-y-refinaci%C3%B3n-de-la-piedra-caliza>.
- Metso. 2020. Agregados. Los Chancadores de Cono Nordberg® Serie MP™ son el estándar de la industria. [En línea] 3 de Julio de 2020. [Citado el: 19 de Octubre de 2021.] <https://www.metso.com/es/productos/chancadores/chancadores-trituradoras-de-cono/chancadores-trituradoras-de-cono-nordberg-serie-mp/>.
- Ministerio de Transporte y Comunicación. 2013. Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción . Lima : MTC, 2013.
- Miranda, J. 2016. Apuntes de ingeniería. Trituradoras de impacto. [En línea] 17 de Abril de 2016. [Citado el: 19 de Octubre de 2021.] <https://apuntes-ing-mecanica.blogspot.com/2014/04/trituradoras-de-impacto-i.html>.
- Olguín, D. 2016. Procesos de producción de agregados pétreos y su control de calidad. (Tesis de Grado). México D.F. : Universidad Nacional Autónoma de México, 2016.
- Lozada, J. 2017. Opciones para una minería de oro que cumpla con las normas ambientales en la Guayana venezolana. 2, Guayana Venezolana : Revista Geográfica Venezolana, 2017, Vol. 58.
- Ortiz, D. y Pilatuña, L. 2019. Diseño de una planta de trituración de piedra caliza, propuesta de un plan de mantenimiento preventivo. (Tesis de Grado). Riobamba : Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2019.
- Urday, D. 2013. Diseño de una planta móvil de trituración caliza para una capacidad de 50TN/H. (Tesis de Grado). Lima : Pontificia Universidad Católica de Perú, 2013.

Vásquez, E. 2019. Propuesta de implementación de un programa de mantenimiento basado en la confiabilidad para las plantas de trituración de roca en una empresa. (Tesis de Grado). Lima : Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2019.

ANEXOS

ANEXO A.1 Análisis de siete muestras de rocas



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

ANALISIS DE SIETE MUESTRAS DE ROCAS

SOLICITADO POR : **COMPAÑÍA MINERA LA ROCA S.A.C.**

Procedencia de muestras : Puente Piedra - Lima

Recepción de muestras : Lima, 27 de Julio del 2019

RESULTADO DEL ANALISIS DE MUESTRAS

Muestras de rocas	%Cloruros	%Sulfatos	%Sales Solubles Totales	Densidad (TM/m ³)	Dureza (Mohs)
A	0.007	0.008	0.022	2.71	6.2
B	0.006	0.009	0.021	2.76	6.4
C	0.007	0.008	0.019	2.73	6.3
D	0.009	0.006	0.017	2.74	6.3
E	0.005	0.011	0.020	2.73	6.2
F	0.007	0.008	0.018	2.75	6.3
G	0.006	0.010	0.021	2.72	6.2

Lima, 13 de Agosto del 2019


MSc. Atilio Mendoza A.
Jefe Lab. ESPECTROMETRÍA

ANEXO A.2 Ensayo de abrasión en agregados



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N°1 ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZALES DE LA COTERA"



Equipo de
 Tecnología
 de Ingeniería
 Civil

INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
 A : PROCMAS PERU SAC
 Ubicación : PUENTE PIEDRA - LIMA
 Asunto : Ensayo de Abrasión en Agregados
 Expediente N° : 16-2832
 Recibo N° : 51563
 Fecha de emisión : 11/07/2016

1.0. DE LA MUESTRA : PIEDRA CHANCADA, procedente de la cantera ESPERANZA II PUENTE PIEDRA.

2.0. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo "Los Angeles", marca ELE.
 Certificado de calibración: LD 0332-2016

3.0. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTE 400.020.2014.
 Procedimiento interno AT-FR-18.

4.0. RESULTADOS

MUESTRA	TNM	TIPO DE GRADACIÓN	PORCENTAJE DE DESGASTE (%)	RELACIÓN DE UNIFORMIDAD
PIEDRA CHANCADA	"	3	18.5	0.25

5.0. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Ing. R. Cachay H.
 Técnico : Sr. T. M. T.

Ma. Ing. Ana Torre Cerrillo
 Jefe (a) del Laboratorio

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

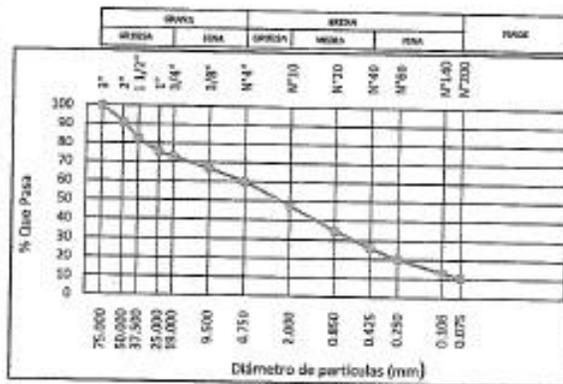
ANEXO A.3 Análisis granulometría por tamizado

	HLC LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES	HLC-LAB-INS002-F01	
	ÁREA DE SUELOS		
	GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO	Versión	05
		Fecha	20/02/2019

Cliente: Compañía Minera La Roa	Ubicación de muestras: Atopio en Cantero	Muestreado por: El cliente
Proyecto: -	Procedencia: Cartera Esperanza 2	F.Muestreo: 04/09/2019
Ubicación: -	Identificación: Material para Pelero	F.Recepción: 04/09/2019
Observación adicional: -	Profundidad: -	Código: P06001-M02-29-GR
Fecha de ensayo: 05/09/2019	Realizado por: H.S.M	Norma: ASTM D422

RESULTADO DEL ENSAYO

Tamiz	Abertura (mm)	% Que Pasa
3"	75.000	100.00
2"	50.000	91.36
1 1/2"	37.500	82.38
1"	25.000	75.39
3/4"	19.000	73.01
3/8"	9.500	66.89
N° 4	4.750	59.99
N° 10	2.000	47.50
N° 20	0.850	34.87
N° 40	0.425	25.78
N° 60	0.250	20.28
N° 140	0.106	13.25
N° 200	0.075	10.45



INFORMACIÓN OBTENIDA

BOLOMERÍA (Partículas > 3")

FRACCIÓN GRUESA	89.55 %
Grava (N°4 < a < 3")	44.7 %
Arena (N°200 < a < N°4)	55.3 %
Arena gruesa (N°10 < a < N°4)	25.2%
Arena media (N°40 < a < N°10)	43.8%
Arena fina (N°200 < a < N°40)	30.9%

FRACCIÓN FINA	10.45 %
C. de Uniformidad (Cu)	76.35
C. de Curvatura (Cc)	1.16

PLASTICIDAD DEL SUELO - ASTM D4318

Límite Líquido	-
Límite plástico	NP
Índice de Plasticidad	NP

CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)	SW-SM
DESCRIPCIÓN DEL SUELO	Arena bien gradada con limo y grava

Observaciones:

HLC GEOTECNIA
Especialistas en Materiales

Eduardo César Arevalo
Jefe de Laboratorio


HUGO JHON CANARI SUCA
INGENIERO CIVIL

Importante:
La norma ha sido consultada y mencionada por el cliente.

	HLC LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES		HLC-LAB-INV001-F01	
	ÁREA DE QUÍMICOS			
	SALES SOLUBLES TOTALES		Versión	01
		Fecha	10/01/2019	

Cliente:	Compañía Minera La Roca	Ubicación de muestreo:	Acopio en Caslera	Muestreado por:	El cliente
Proyecto:	-	Procedencia:	Cartera Esperanza 2	F. Muestreo:	03/09/2019
Ubicación:	-	Identificación Material para Referencia:	-	F. Recapóte:	04/03/2019
Observación adicional:	-	Profundidad:	-	Código:	PR001-MD-19-05T
Fecha de ensayo:	08/09/2019	Realizado por:	C.F.A.	Nota:	STP 508.152

Resultado de ensayo:

SALES SOLUBLES TOTALES	8000 ppm
------------------------	----------

Observaciones:

HLC GEOTECNIA
Especialistas en Materiales

Eduardo Gosal Arévalo
Jefe de Laboratorio


HUGO JHON CARRARI BUCA
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 220860

Impresión:

 HLC GEOTECNIA <small>ESPECIALISTAS EN MATERIALES</small>	HLC LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES		HLC-LAB-INA010-F01		
	ÁREA DE AGREGADOS			Versión	01
	EQUIVALENTE DE ARENA			Fecha	30/01/2019

Cliente:	Compañía Minera La Roca	Ubicación de muestra:	Acopio en Cantera	Muestreado por:	El cliente
Proyecto:	-	Procedencia:	Cantera Esperanza 2	F.Muestreo:	03/05/2018
Ubicación:	-	Identificación:	Material para Base	F.Recepción:	04/05/2018
Observación adicional:	-	Profundidad:	-	Código:	PR001-NA0-18-0A
Fecha de ensayo:	02/06/2018	Realizado por:	E.C.A.	Norma:	ASTM D2489

Resultado de ensayo:

Equivalente de arena (%) Promedio	84
-----------------------------------	----

Observaciones:


HLC GEOTECNIA
 Especialistas en Materiales
 Eduardo Cozar Arévalo
 Jefe de Laboratorio


 HUGO JHON CABARI SUCA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP Nº 226660