

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

Optimización del proceso de producción de materiales de construcción en
la Concesión Minera Villamil Rock ubicada en General Villamil Playas

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero de Minas

Presentado por:

Gabriel Antonio Carriel Aguilera

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2022

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mis padres y mi hermana, porque gracias a sus esfuerzos he culminado esta etapa de estudios y aprendizaje.

AGRADECIMIENTOS

Mis más sinceros agradecimientos a todos los involucrados en el proyecto, Directora y Tutores por la ayuda durante este proceso, a la gente de la concesión que me brindo su acogida en las instalaciones y a mi hermana por ayudarme en todo.

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, me corresponden conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Gabriel Antonio Carriel Aguilera* y doy mi consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



GABRIEL ANTONIO CARRIEL AGUILERA

EVALUADORES

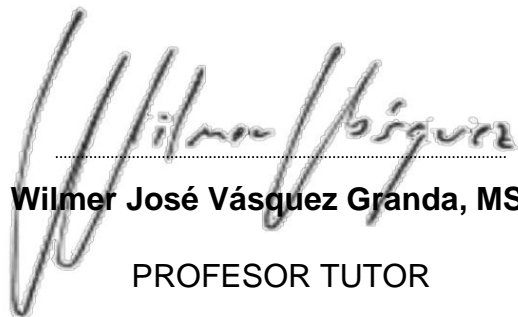


Samantha Tamara Jiménez Oyola, Ph.D

PROFESOR DE LA MATERIA

Christian Marcelo Alvear Gallardo, MSc.

PROFESOR TUTOR



Wilmer José Vásquez Granda, MSc.

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en la concesión minera “Villamil Rock” ubicada en el km 19 vía Progreso – Playas. La concesión minera posee 76 ha, pertenece al consorcio Tritur y se dedica a la extracción de materiales de construcción, en específico cascajo. Las actividades que componen el ciclo de minado son el destape, extracción y carguío. Su sistema de extracción se realiza mediante corte directo. El objetivo del proyecto fue optimizar el proceso de producción mediante el análisis de los criterios técnicos y económicos a través de un levantamiento de información sobre los costos relacionados al proceso de extracción de materiales de construcción. El estudio consistió en tres fases; la primera fase fue la revisión bibliográfica y análisis de datos referentes a las operaciones mineras; la segunda fase, la toma de datos en el frente de explotación; y la tercera fase implicó el procesamiento y análisis de los datos obtenidos, para finalmente presentar la propuesta de optimización. En base a los datos obtenidos del tiempo de ciclo, tiempo de ocupación y rendimiento de la maquinaria se logró identificar el valor de los costos operativos en 0.76 \$/m³, costos legales en 0.19 \$/m³ y costos administrativos en 0.28 \$/m³, lo que generó un costo por unidad de extracción de 1.21 \$/m³. Este proyecto presentó la importancia de fortalecer los conocimientos y criterios técnicos aplicados en la extracción de materiales de construcción, además de una propuesta para la reducción de los costos operativos del 12% en comparación a la situación actual de los trabajos realizados.

Palabras Clave: Cantera, Costo de operación, Rendimiento de maquinaria, Producción, Optimización

ABSTRACT

The following work was done in “Villamil Rock” mining concession located in km 19 “Progreso-Playas”, it has 76 acres belonging to the Tritur consortium and dedicated to the extraction of construction materials, such as gravel. The activities that make up the mining activities are clearing, extraction and load, their extraction system is by direct cut. The projects’ goal was to optimize the production process through technical criteria and economic analysis through the recollection of data about the related costs of the extraction process of construction materials. The study consisted of three phases, the first one was the bibliographical research and data analysis, following to the data collection in the exploitation front and finally a third phase that implied the process and analysis of obtained data, to conclude with an optimization proposal. According to the obtained results from the cycle times, occupation time and machinery performance it was possible to identify the operation costs of 0.76 \$/m³, legal costs of 0.19 \$/m³ and administrative costs of 0.28\$/m³, which generated a cost per extraction unit of 1.21\$/m³. This project presented the importance to strengthen knowledge and technical criteria applied to the extraction of construction materials, furthermore of a proposal to decrease the operation costs up to 12% in comparison to the actual situation of the works done.

Keywords: Quarry, Operation costs, Machinery performance, Production, Optimization.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
<i>ABSTRACT</i>	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS	VI
SIMBOLOGÍA	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
CAPÍTULO 1	1
1 Introducción	1
1.1 Descripción del problema	2
1.2 Justificación del problema.....	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo general	3
1.3.2 Objetivo específicos	3
1.4 Marco teórico	3
1.4.1 Ubicación	3
1.4.2 Geología.....	5
1.4.3 Sistemas operativos	6
1.4.4 Teoría de costos.....	8
1.4.5 Descripción de los trabajos de la cantera “Villamil Rock”	9
CAPÍTULO 2.....	12
2 Metodología	12
2.1 Tipo de estudio	13

2.1.1	Técnicas de investigación	13
2.2	Metodología de levantamiento de información	14
2.2.1	Costos operativos.....	14
2.2.2	Costos administrativos	15
2.2.3	Costos legales.....	15
2.3	Fórmulas empleadas en el estudio	17
2.3.1	Maquinaria utilizada	17
2.3.2	Costo horario, combustibles y reparaciones	17
CAPÍTULO 3.....		21
3	Resultados y análisis	21
3.1	Costos operativos	22
3.1.1	Costo de destape	23
3.1.2	Costo de extracción.....	26
3.1.3	Costo de carguío.....	28
3.1.4	Resumen de costos operativos	31
3.2	Costo administrativos.....	34
3.3	Costos legales	36
3.4	Costo por unidad de extracción	37
3.5	Costo del ciclo de minado.....	39
3.6	Optimización del proceso de extracción minera	41
CAPÍTULO 4.....		44
4	Conclusiones y recomendaciones	44
4.1	Conclusiones	44
4.2	Recomendaciones	45

BIBLIOGRAFÍA.....	46
ANEXOS.....	48
ANEXO A Detalle de costos anuales de la cantera “Villamil Rock”	49
ANEXO B Datos históricos de la cantera “Villamil Rock”	50
ANEXO C Cálculos de rendimiento y costo horario	52
ANEXO D Especificaciones de la excavadora Volvo EC240CL.....	63
ANEXO E Polígono de la concesión “Villamil Rock”.....	64
ANEXO F Mapa geológico de la concesión “Villamil Rock”.....	65

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
Fm	Formación
IEPC	International Engineering Products and Consulting
SRI	Servicio de Rentas Interna
GAD	Gobierno Autónomo Descentralizado
RBU	Renta Básica Universal
Art	Artículo
SCU	Sistema de Costos Unitarios

SIMBOLOGÍA

cm	Centímetro
cm ³	Centímetro cúbico
m	Metro
ha	Hectárea
m ³	Metro cúbico
s	Segundo
min	Minuto
h	Hora
ton	Tonelada
KW	Kilovoltio
hp	Horsepower

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Ubicación de concesión minera "Villamil Rock"	4
Figura 1.2 Excavadora Volvo EC240CL	10
Figura 1.3 Carga y transporte Volvo EC240CL y Volqueta Hino.....	11
Figura 2.1 Flujograma de metodología	12
Figura 2.2 Organigrama de la concesión minera "Villamil Rock"	15
Figura 3.1 Costo destape \$/mes	25
Figura 3.2 Costo de extracción \$/mes	28
Figura 3.3 Costo carguío \$/mes.....	31
Figura 3.4 Resumen de ocupación de la maquinaria	33
Figura 3.5 Resumen de costos operativos por actividad	34
Figura 3.6 Resumen de costos administrativos	36
Figura 3.7 Costos legales que presenta la concesión.....	37
Figura 3.8 Costo unitario de extracción	38
Figura 3.9 Costo anual del ciclo de minado	40
Figura 3.10 Porcentaje de los costos anuales de minado.....	40
Figura 3.11 Costos operativos optimizados	42
Figura 3.12 Costo unitario optimizado	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Ubicación de los vértices de la Concesión Minera Villamil Rock Coordenadas UTM Datum WGS 84	4
Tabla 1.2 Datos de la concesión "Villamil Rock"	5
Tabla 2.1 Porcentaje aplicable a la maquinaria según condiciones (Gómez de las Heras, 1995).....	20
Tabla 3.1 Especificaciones técnicas de excavadora Volvo EC240CL	21
Tabla 3.2 Tiempo de ciclo en segundos de la excavadora Volvo EC240CL.....	21
Tabla 3.3 Tiempo de paradas o tiempo de espera de la excavadora EC240CL	22
Tabla 3.4 Resumen de costos de excavadora Volvo EC240CL	22
Tabla 3.5 Costo día en la fase de destape	23
Tabla 3.6 Rendimiento de la maquinaria durante el destape	23
Tabla 3.7 Materiales e insumos en fase de destape.....	24
Tabla 3.8 Costo unitario en la fase de destape.....	24
Tabla 3.9 Resumen de costos de la maquinaria durante la fase de destape.....	25
Tabla 3.10 Costo día en la fase de extracción.....	26
Tabla 3.11 Rendimiento de la maquinaria durante la extracción	26
Tabla 3.12 Costo unitario en la fase de extracción	27
Tabla 3.13 Resumen de costos de la maquinaria durante la fase de extracción	27
Tabla 3.14 Costo día en la fase de carguío	28
Tabla 3.15 Rendimiento de la maquinaria durante el carguío.....	29
Tabla 3.16 Costo unitario en la fase de carguío.....	30
Tabla 3.17 Resumen de costos de la maquinaria durante la fase de carguío	30
Tabla 3.18 Rendimiento de la maquinaria en cada fase de la operación.....	31
Tabla 3.19 Costo horario de la excavadora volvo EC240CL	32
Tabla 3.20 Tiempo de ocupación de la maquinaria en la jornada laboral	32
Tabla 3.21 Resumen de costos operativos por actividad.....	33
Tabla 3.22 Costo administrativos.....	35
Tabla 3.23 Costos legales que presenta la concesión.....	36
Tabla 3.24 Costo unitario de extracción.....	38

Tabla 3.25 Costo total del ciclo de minado	39
Tabla 3.26 Tiempos de ciclos optimizados	41
Tabla 3.27 Rendimientos optimizados	42
Tabla 3.28 Costos operativos optimizado	42
Tabla 3.29 Costo unitario optimizado.....	43

CAPÍTULO 1

1 INTRODUCCIÓN

La minería es una actividad económica basada en procesos de extracción, explotación y comercialización de los minerales o materiales que se encuentran tanto en el suelo como subsuelo de la superficie terrestre. La actividad minera puede referirse a la explotación de minerales ya sean metálicos como no metálicos o materiales de construcción. A su vez, la minería puede dividirse según el tamaño de la producción de cada concesión, ya sea pequeña minería 500 toneladas métricas por día, mediana minería 501 a 1000 toneladas métricas por día o minería a gran escala aquella que supere los volúmenes máximos establecidos para la modalidad de mediana minería (Ley de minería del Ecuador, 2018).

El Ecuador es un país con un amplio potencial minero, que tiene reservas de oro, plata y cobre, además de una variada oferta de productos mineros. Las provincias de mayor participación en la actividad minera son: Zamora Chinchipe, Morona Santiago, Azuay, Imbabura, El Oro, Cotopaxi y Bolívar. Estas provincias poseen proyectos de mediana minería y gran minería, dedicados principalmente a la minería metálica. En la provincia del Guayas la minería se basa en la extracción de minerales no metálicos y materiales de construcción (Banco Central del Ecuador, 2022).

En el cantón general Villamil playas de la provincia del Guayas, la actividad minera es muy escasa. Las actividades que se realizan son de pequeña minería, ya sea la extracción de minerales no metálicos o de materiales de construcción, siendo los materiales de mayor interés la caliza y los agregados para la construcción. Actualmente, existen cinco concesiones mineras dedicadas a la extracción de materiales de construcción, de las cuales solo tres están en fase explotación. Las operaciones realizadas dentro de estas concesiones se realizan de una manera desorganizada, no existe un diseño o planificación de explotación y producción del material a extraer.

La empresa que está a cargo de la concesión “Villamil Rock” se dedica a la venta de materiales de construcción como: cascajo, tierra fina, piedra escollera. Las dificultades

que presenta esta cantera están relacionadas con la deficiencia de los procesos realizados en la misma, el sistema de extracción por corte directo se realiza de manera empírica, lo que provoca en ocasiones la extracción de una cantidad mayor de material de la que pueden despachar ocasionando una sobreproducción innecesaria; mientras que el sistema carguío y transporte presenta múltiples carencias debido a la escasez de personal capacitado, falta de equipos apropiado y los tiempos muertos. Todos estos problemas representan una falta de planificación minera.

1.1 Descripción del problema

“Villamil Rock”, es una concesión minera que lleva desde el 2018 en actividad, posee un sistema de explotación por corte directo, todas las operaciones se realizan con la ayuda de una excavadora Volvo EC240CL que cumple la función de extraer la roca del talud para luego llenarla en los volquetes. Al realizar todas las operaciones con sólo una maquinaria y falta de personal calificado, ocasiona deficiencia en todo el sistema de producción, aumentando los tiempos muertos, los costos durante todo el ciclo y disminuyendo la producción. Es por ello por lo que es necesario un estudio técnico y económico de todo el sistema de producción.

1.2 Justificación del problema

La Concesión minera “Villamil Rock” posee 76 ha. de donde se extrae materiales para la construcción, presentando deficiencia en todo su sistema de producción; partiendo del método de extracción del material hasta los procesos de carga y transporte, afectando los tiempos de producción y los costos de las operaciones además de presentar un bajo rendimiento en todas las operaciones unitarias.

En el presente trabajo, mediante una adecuada toma de datos con información de los parámetros operativos, tiempos de acarreo y costos que se generan durante el ciclo de minado, se va a proponer un esquema modificado de la planeación minera con el fin de optimizar los procesos de producción, evitando gastos y procedimientos innecesarios, cómo una sobreproducción de material extraído.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Optimizar el proceso de producción mediante el análisis de los criterios técnicos y económicos a través de un levantamiento de información sobre los costos relacionados al proceso de extracción de materiales de construcción en la Concesión Minera “Villamil Rock” ubicada en General Villamil Playas.

1.3.2 Objetivo específicos

- Determinar el ciclo de minado de la cantera a través del estudio de las operaciones mineras para obtener una guía base de los procedimientos realizados.
- Definir los procesos y actividades que generan costos durante el ciclo de minado previamente establecido.
- Identificar los procesos que impactan agresivamente en la economía de la concesión minera.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Ubicación

La concesión minera “Villamil Rock” se encuentra ubicada en la provincia del Guayas, cantón General Villamil – Playas, en la Tabla 1.1 se observan los puntos de los vértices del perímetro de la concesión, la ubicación referenciada se ilustra en la Figura 1.1 y los datos generales de la concesión se presentan en la Tabla 1.2.

El punto de acceso a la concesión “Villamil Rock” se encuentra en el Km 19, vía Progreso-Playas, General Villamil; la servidumbre minera posee una extensión de 1.27 Km hasta el inicio de la concesión y para llegar al frente de explotación, donde actualmente se encuentran los trabajos, hay una distancia de 2.8 Km desde la vía principal Progreso-Playas.

Tabla 1.1 Ubicación de los vértices de la Concesión Minera Villamil Rock Coordenadas UTM Datum WGS 84

PUNTOS	X	Y
P1	564943.292	9716528.984
P2	564943.564	9717125.889
P3	565443.831	9717125.660
P4	565443.740	9716926.692
P5	565743.900	9716926.554
P6	565743.808	9716727.585
P7	566043.968	9716727.446
P8	566043.876	9716528.477
P9	566444.089	9716528.291
P10	566443.903	9716130.353
P11	565743.533	9716130.679
P12	565743.717	9716528.616

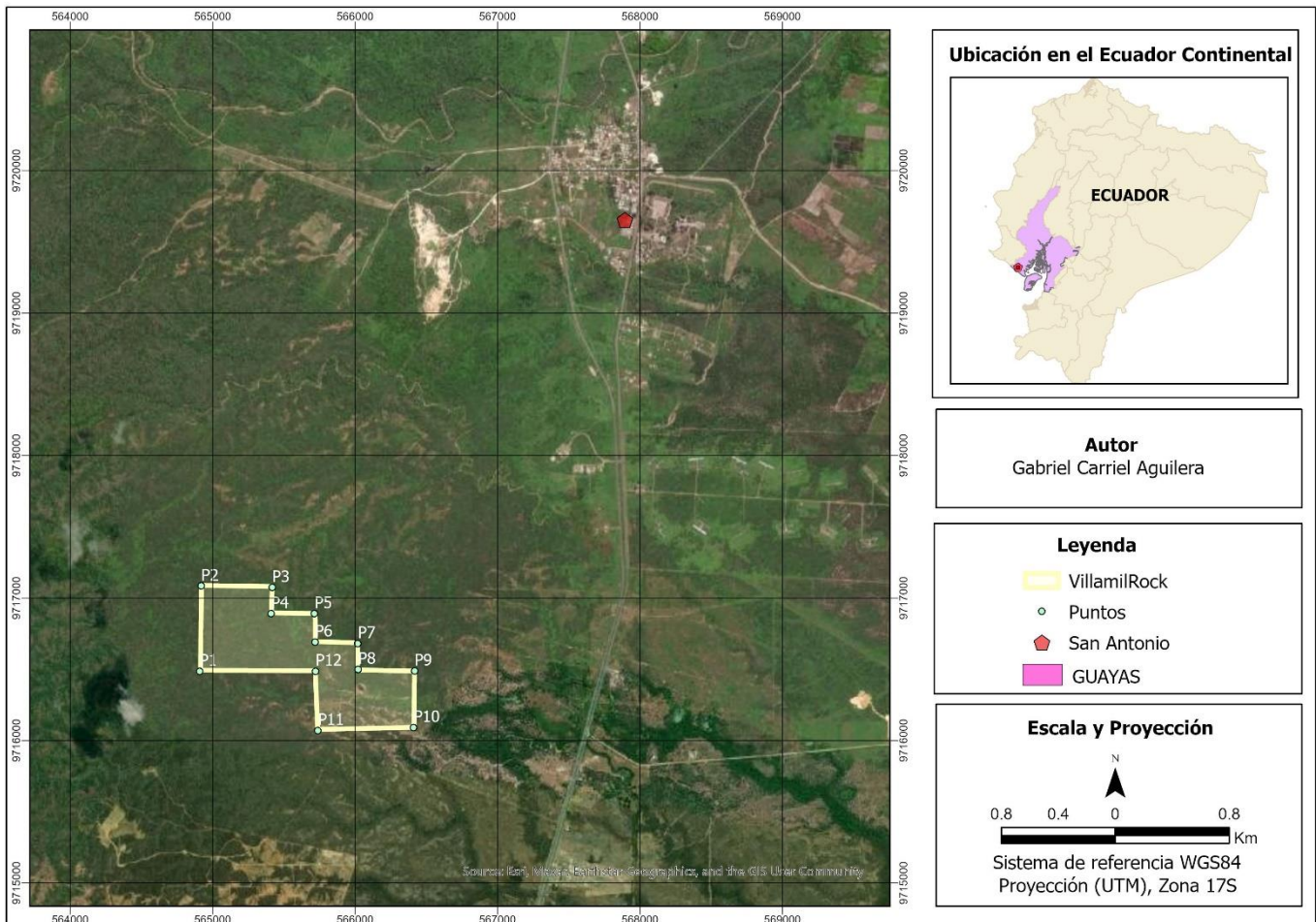


Figura 1.1 Ubicación de concesión minera "Villamil Rock"

Tabla 1.2 Datos de la concesión "Villamil Rock"

Código Catastral	70000561	Fecha de inscripción	23/3/2018
Titular	TRITUR	Mineral de interés	Áridos y pétreos
Provincia	Guayas	Tipo de solicitud	Concesión minera
Cantón	Playas	Fase de recurso	Exploración- Explotación
Plazo (meses)	300	Superficie	76 ha
Régimen	Pequeña minería	Estado actual	Inscrita
Sistema de referencia: WGS84 UTM 17S			

1.4.2 Geología

1.4.2.1 Grupo Azúcar

El nombre de Azúcar fue utilizado en primera instancia por Olsson (1939) y por los geólogos petroleros Gallagher (1944), Landes (1944), Smith (1947) y Garner (1956), en informes inéditos. Marchant (1958) introdujo el término de Grupo Azúcar.

Aflora en los Cerros de Azúcar, al SE del pueblo de Azúcar, así como también en los Cerros de la Estancia, Chanduy y Saya, los cuales constituyen el núcleo principal de afloramientos de Azúcar. Según Garnert la localidad tipo se ubica a lo largo del Río Mango, también conocido como Río Cuyuyo. Se encuentran también afloramientos al Oeste de Playas.

Posteriormente ha sido objeto de varios estudios, Benítez y Moreno (1982) y Moreno (1984). Asimismo, fue encontrado en la mayor parte de los pozos perforados en el Campo Ancón.

Los geólogos de la IEPC (1944) subdividieron al Grupo Azúcar en Ancón, en las formaciones: Estancia, Chanduy y Engabao. La Fm Estancia está constituida por areniscas grises micáceas, color rojo ladrillo debido a la meteorización, con niveles de guijarros cuarcíticos que alternan con lutitas negras duras y capas finas de areniscas micáceas.

La Fm Chanduy consta de areniscas grises, silíceas; conglomerados de cuarcitas y alternancia de areniscas, conglomerados y lutitas negras hacia el tope.

La Fm Engabao está constituida por areniscas masivas suaves; areniscas grises marrones con intercalaciones de capas delgadas de lutitas y areniscas; a veces hay predominancia de lutitas y localmente conglomerados de cuarcitas. La potencia máxima reportada del Grupo Azúcar es de 2750 m (Ordóñez, 2006).

1.4.2.2 Formación Tablazo

Podemos observar a esta unidad, en algunos sectores de la cuenca del Guayas, en la península de Santa Elena, en la isla Puná, en el área de Manta y en general a lo largo del perfil costero ecuatoriano, incluyendo el norte del Perú (Núñez, 2003).

La Fm Tablazo se encuentra en discordancia sobre las rocas cretácico - paleógenas de la Península de Santa Elena. Está conformada por coquinas y areniscas calcáreas, localmente conglomerádicas. Su potencia varía entre 50 y 100 m (Ordóñez, 2006).

Sobre los estratos de areniscas que se caracterizan por presentar estratificación cruzada, se encuentran capas subhorizontales de limolitas finas y arcillolitas de color gris claro, de espesores milimétricos a centimétricos y bandas de arenas sueltas gris oscuras interestratificadas. Los afloramientos de Punta Brava y Subida Alta presentan una rica fauna de pelecípodos y gasterópodos (Ordóñez, 2006).

1.4.3 Sistemas operativos

1.4.3.1 Carga y transporte

Constituyen las acciones que definen la principal operación en una explotación minera. Estos son responsables del movimiento del mineral o estéril que ha sido fragmentado por arranque mecánico o un proceso de voladura. En las faenas de gran movimiento de tierra es crucial un diseño eficiente donde la operación de carga trabaja de forma integrada con el transporte, que en la mayoría de las aplicaciones conforman un elemento de alto costo. Por lo tanto, estas dos operaciones unitarias componen un sistema, ya que se encuentran estrechamente ligadas entre sí. Para una óptima planificación y operación de minas se consideran todos los factores que afectan los costos y productividad de estos sistemas. El transporte y la carga no pueden trabajar solos como una herramienta efectiva de movimiento de tierra, excepto en raras circunstancias (Manzaneda, 2015).

El objetivo de la carga y transporte es retirar el material del frente de trabajo y transportarlo adecuadamente a su lugar de destino, lo cual se puede resumir en la siguiente secuencia:

- Preparación de la zona de trabajo.
- Posicionamiento de equipos.
- Carga.
- Transporte del material a su lugar de destino (planta, acopio, botaderos, etc.).
- Descarga del material.
- Retorno del equipo de transporte al punto de carga (si es que se requiere su retorno).

La secuencia se cumple hasta que haya sido retirado el material requerido del frente. Este proceso productivo es el más influyente en los costos de operación (45% al 65% del costo mina), por lo que es de gran importancia garantizar un ambiente apto para lograr los mejores rendimientos de los equipos involucrados, tanto en la parte física (material, equipos, mantención, disponibilidad e insumos, etc.), como en la parte humana (operadores, mantenedores y jefes de turno, etc.) (Seguridad Minera, 2017).

1.4.3.2 Maquinaria

Excavadora Hidráulica. Existen dos configuraciones básicas: frontales y retros. La diferencia de diseño se centra en el sentido de movimiento del cazo y en la geometría del equipo de trabajo. Se utilizan en el arranque y carga de suelos y rocas con bancos de altura inferior a los 15 m (Manual de áridos: prospección, explotación y aplicaciones, 1994).

Volquetes Convencionales. Es el tipo de camión extravial más usado en el movimiento de tierras y, fundamentalmente en la minería a cielo abierto. Están constituidos por una caja que se apoya al chasis y que se bascula hacia atrás para la descarga mediante cilindros hidráulicos (Gómez de las Heras, 1995).

1.4.3.3 Cálculo de rendimientos

Para estimar el rendimiento de un equipo minero es preciso tener en cuenta los cuatro factores básicos de los que depende el desarrollo de la operación.

1. *Componentes de tiempo del ciclo de trabajo*; correspondientes a: carga, transporte o empuje, vertido, retorno, espera y maniobras.
2. *Factores de eficiencia y organización*; contempla pérdidas de tiempo o retrasos característicos de cualquier operativo, como traslados del equipo de carga interrupciones por voladura, malas condiciones climatológicas, tráfico, etc., o por factores como la experiencia del operador, equilibrio con los equipos auxiliares, etc.
3. *Factores de esponjamiento y densidades*; un material cuando se arranca se rompe en fragmentos menores que no pueden ajustarse entre sí como estaban en el estado natural, dando lugar a un aumento de su volumen.
4. *Capacidad nominal del equipo*; los fabricantes de maquinaria dan las capacidades de sus unidades de dos formas distintas, en peso y en volumen. Esto da una idea de lo que puede transportar una unidad de acarreo, en función de la densidad de cada material (Manual de áridos: prospección, explotación y aplicaciones, 1994).

1.4.4 Teoría de costos

Los costos son todos aquellos gastos en los que incurre una empresa para realizar una tarea, un trabajo o un proyecto determinado. Las dos principales clases de costos que se conocen son los costos directos e indirectos, que son los que conocemos a continuación.

Todas las empresas tienen gastos. Sin embargo, es necesario advertir que no todos los gastos son costos, pues sólo se les considera como tal a aquellos que forman parte de la actividad ordinaria de la empresa, los que están vinculados a los procesos internos y, por supuesto, los que sean indispensables para el desarrollo del proyecto.

1.4.4.1 Costos directos

Son los que guardan una relación estrecha con el producto, proyecto o servicio. De hecho, se establecen desde las primeras fases de producción y suelen reflejarse en los presupuestos o estimaciones de costos.

Es decir, son costos que se asocian de forma directa a la elaboración y terminación de un producto. También es un costo que incide en una actividad única, siendo proporcional al producto. Por lo que es fácilmente asignable y cuantificable.

1.4.4.2 Costos indirectos

Por el contrario, estos costes son los que se relacionan de manera tangencial con los proyectos o las tareas previstas. Es decir, no son aplicables a un producto específico.

El costo indirecto puede incidir en varias actividades o departamentos de la empresa, de ahí que sea complejo cuantificar y asignar, puesto que no se incorpora de forma física al producto finalizado, aunque sí es parte del proceso productivo (Perez, 2022).

1.4.5 Descripción de los trabajos de la cantera “Villamil Rock”

La cantera “Villamil Rock” se encuentra en la etapa de explotación, aplicando el método a cielo abierto debido a que el yacimiento se encuentra aflorando. El principal objetivo es la extracción de areniscas y lutitas, material pétreo utilizado para relleno en obras de construcción, debido a esto se utiliza equipos móviles de acuerdo con los requerimientos de las operaciones mineras de destape, extracción, carguío y transporte.

1.4.5.1 Horario laboral

En la cantera se realiza un turno diurno, iniciando a las 8:00 am con una hora de almuerzo entre las 12:00 y 1:00 pm y la hora de salida es a las 5:00 pm completando el turno de 8 horas. Este horario es el recurrente de lunes a sábado, mientras que los domingos no se trabaja.

1.4.5.2 Destape

Es la etapa inicial donde se realiza la extracción de la capa estéril o vegetal que no representa un beneficio económico, esta capa se encuentra cubriendo el material de interés por lo que es necesario su remoción, para ello se utiliza una excavadora Volvo EC240CL. El destape no es necesario en todo el frente ya que el afloramiento de material pétreo de este depósito se encuentra expuesto superficialmente.

1.4.5.3 Extracción

El material se extrae de manera mecánica mediante el uso de una excavadora marca Volvo modelo EC240CL, cuya capacidad de cucharón es de 1,4 m³; la excavadora ingresa al frente de explotación y arranca el material con el brazo de esta. En esta etapa no se emplea ningún tipo de sustancia explosiva debido a que el material se encuentra altamente diaclasado y fracturado. En la Figura 1.2 se puede apreciar la excavadora en el frente de explotación realizando la extracción del material pétreo para posterior comercialización.



Figura 1.2 Excavadora Volvo EC240CL

1.4.5.1 Carga

En la cantera no se realiza transporte interno de material, las volquetas de los clientes ingresan hasta el frente de explotación y se utiliza la misma excavadora Volvo EC240CL para cargar el material en las mismas, como se representa en la Figura 1.3, según el material de interés que quieran adquirir los clientes la excavadora realiza un desplazamiento entre 100 y 200 metros.



Figura 1.3 Carga y transporte Volvo EC240CL y Volqueta Hino

1.4.5.2 Comercialización

La comercialización del material se realiza en la garita, a la entrada de la servidumbre minera aproximadamente a 2.8 Km del frente de explotación, el valor de la venta depende de la capacidad de la volqueta, desde capacidades de 8m³ hasta volquetas tipo bañeras con capacidad de 21 m³.

CAPÍTULO 2

2 METODOLOGÍA

Para el presente proyecto de investigación se realizó un proceso sistemático con el firme propósito de cumplir los objetivos planteados. Los pasos por seguir van desde la recopilación de información de diversas fuentes bibliográficas, visitas de campo y levantamiento de información. El proyecto se realizó en base a las fases detalladas en la Figura 2.1.

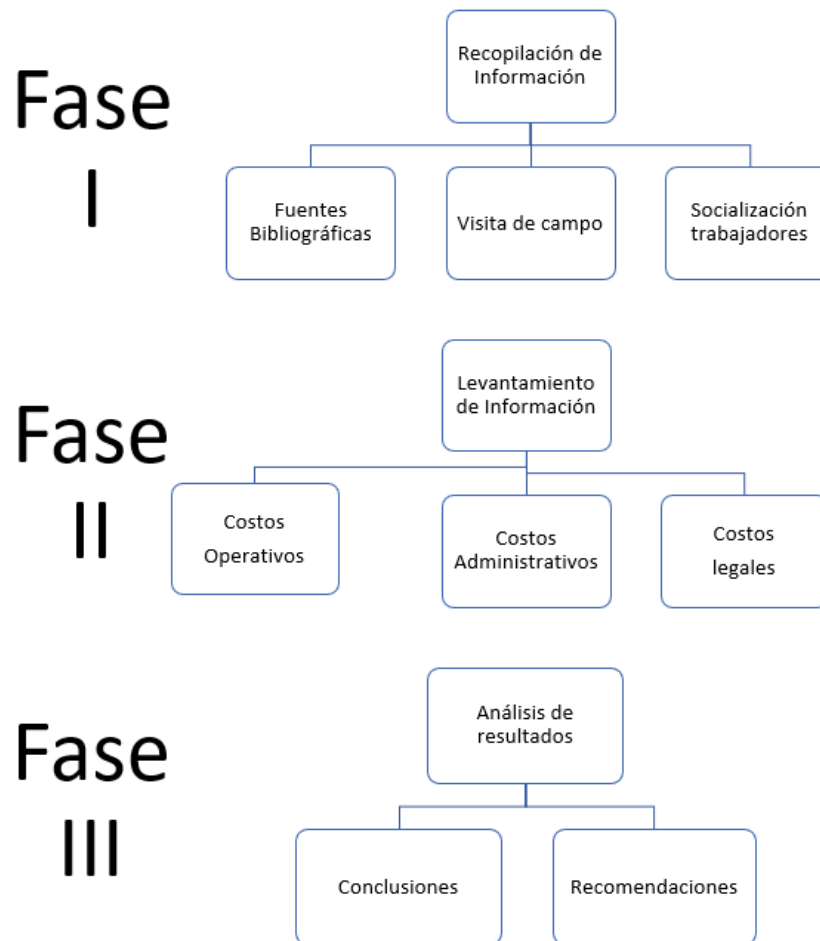


Figura 2.1 Flujograma de metodología

2.1 Tipo de estudio

En el proyecto el tipo de estudio que se realizó fue: Analítico, descriptivo y de campo.

Analítico; dado que se analiza la información preexistente de la empresa “Tritur”, esto con relación a los costos de operación, basados en los informes de producción.

Descriptivo; dado que se detallan todos los procesos de extracción, porque esto permite determinar y realizar un análisis de los costos de operación que se desarrollan en el área minera Villamil Rock para la extracción de los materiales de construcción.

De campo; esto dado que la recopilación de información se lo realizó en el lugar de estudio, es decir en la concesión minera, aplicando métodos de recolección apropiados.

2.1.1 Técnicas de investigación

Las técnicas que se emplearon para el desarrollo del proyecto fueron:

- La recopilación de la información sobre el área minera con la ayuda de informes de producción, información bibliográfica adicional relacionada al estudio correspondiente y entrevistas con los trabajadores de la misma concesión “Villamil Rock”.
- El levantamiento de la información sobre los costos de operación con la ayuda de hojas de cálculo que permiten la elaboración de gráficos estadísticos y diagrama de resultados.
- El análisis de resultados.

2.1.1.1 Selección de la propuesta en base a resultados técnico-económicos

Entre las alternativas disponibles para la evaluación de los costos se utilizó el sistema de costos por actividad, debido a que es el más factible e idóneo para la elaboración del presente proyecto. Este método es el más apto para la determinación y análisis de costos de operación de la cantera, ya que separa los costos unitarios por actividad, para calcular el costo de operación final.

2.1.1.2 Sistema de costos por actividad

Los objetivos primordiales que se plantearon para realizar un buen sistema de costos por actividad son los siguientes:

- Calcular, dentro de un período de tiempo determinado, el costo de producción de un proceso particular, identificando los elementos del costo que intervienen en cada uno.
- Los costos de cada actividad permitirán calcular los costos unitarios de las unidades producidas.
- Dotar a la administración de las herramientas necesarias para poder implementar mecanismos de control de la producción, que garanticen el uso más eficiente de los recursos.
- Contribuir en el proceso de toma de decisiones, mediante el reporte de informes y datos que agilicen los criterios para análisis de alternativas. (Bravo, 2013)

2.2 Metodología de levantamiento de información

2.2.1 Costos operativos

2.2.1.1 Maquinaria utilizada

La máquina utilizada en la concesión es una excavadora volvo EC240CL. Con la ayuda de este equipo se realizan todas las operaciones de destape, extracción y carguío. Se procedió a desarrollar un monitoreo de la excavadora con el fin de determinar la productividad y el coeficiente de utilización.

En el monitoreo se incluyeron los siguientes parámetros

1. Tiempos
 - a. Horas que durante la jornada laboral se destina para realizar cada proceso.
 - b. Tiempos muertos que se puedan presentar
2. Consumo de combustible
3. Especificaciones de la retroexcavadora

2.2.2 Costos administrativos

Mediante investigación se determinó cuál es el costo asignado para el capital humano, es decir el pago para el personal enrolado en la nómina de la compañía minera y recibe las prestaciones establecidas en la ley, el número de colaboradores se estableció a través de un organigrama de la concesión minera representado en la Figura 2.2.

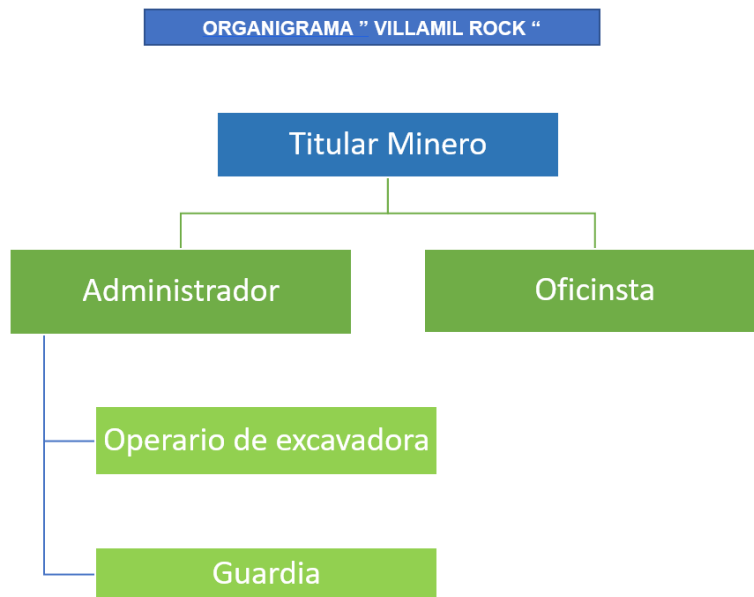


Figura 2.2 Organigrama de la concesión minera "Villamil Rock"

2.2.3 Costos legales

2.2.3.1 *Patentes de conservación*

Como está estipulado en la Ley de Minería, toda concesión debe pagar por concepto de patente de conservación un porcentaje según las hectáreas que tengas de concesión, dentro de la ordenanza municipal del cantón General Villamil Playas (art. 29) especifica que por concepto de patente de conservación minera para pequeña minería se debe pagar un equivalente al 2% de la remuneración básica unificada RBU, por cada hectárea concesionada.

A su vez en la misma ordenanza (art.30) esta estipulada la patente por conservación ambiental donde se debe cancelar una remuneración básica unificada RBU, por cada 10 hectáreas concesionadas.

2.2.3.2 Regalías mineras

Como se estipula en la ley de minería (art. 93) toda concesión debe pagar por concepto de regalía un porcentaje sobre la venta del mineral principal, un pago semestral a los gobiernos autónomos descentralizados municipales.

El porcentaje de regalía que deben pagar las concesiones que explotan material de construcción de calca en base a los costos de producción del semestre.

El valor se obtiene mediante la ecuación (2.1):

$$R = C * P \quad (2.1)$$

Donde:

R=Valor de la regalía a pagar

C=Costo de producción semestral presentado en los informes de producción

P=Porcentaje de regalía para materiales de construcción fijado en el art. 93 de la ley minera.

2.2.3.3 Servicios profesionales

Estas asignaciones son las destinadas a retribuir el pago de las personas que brindan un servicio profesional para la concesión minera, estos servicios se respaldan por medio de recibos o facturas, es decir no es personal enrolado en la compañía pues no mantienen una relación laboral, pero si presta un servicio profesional como es el caso de servicios contables y asesoría administrativa.

2.2.3.4 Mantenimiento de vías

El mantenimiento de las vías de acceso al frente de explotación es necesario para conservar el buen estado de funcionamiento, evitar el deterioro físico prematuro de los vehículos que transitan diario por la misma, garantizando la calidad de un servicio, donde el transporte sea cómodo y seguro para los usuarios.

2.3 Fórmulas empleadas en el estudio

2.3.1 Maquinaria utilizada

El **tiempo de ciclo de carga** para los equipos es dada por la ecuación (2.2) (Gomez de las Heras, 1991):

$$T_{ce} = (T_{ll} + T_{vll} + T_{dc} + T_{vv}) \quad (2.2)$$

Dónde:

T_{ce} = Tiempo de ciclo de la excavadora.

T_{ll} = Tiempo que demora en llenar el cucharón.

T_{vll} = Tiempo de viaje lleno.

T_{dc} = Tiempo de descarga del cucharón

T_{vv} = Tiempo de viaje en vacío.

El **coeficiente de utilización (Ku)** es calculado mediante la siguiente expresión representada en la ecuación (2.3) (IGME, 1991):

$$Ku = \frac{T_e}{H_t} \quad (2.3)$$

Dónde:

T_e = Tiempo efectivo.

H_t = Horas por turno.

2.3.2 Costo horario, combustibles y reparaciones

En este apartado se establece una metodología para estimar los costos operativos de la maquinaria (excavadoras) existente. Las variables que se usan para la estimación de costos suelen ser muy cambiantes por lo que los valores o magnitudes que se obtengan del análisis deben ser consideradas como estimaciones con precisiones que en algunos casos pueden no ser las adecuadas (Gómez de las Heras, 1995).

2.3.2.1 Costo horario de un equipo o por unidad de material

Se define como la suma del costo de la maquinaria (propiedad) o de disponibilidad de la máquina, aunque no trabaje, y el costo de operación o funcionamiento. (Gómez de las Heras, 1995).

El costo de material producido se refleja en la ecuación (2.4) expresada a continuación:

$$\text{Costo por unidad de material} = \frac{\text{Costo horario de operación y propiedad}}{\text{Producción horaria}} \quad (2.4)$$

- Costo de propiedad
- Dentro de los costos de propiedad encontramos:
- Amortización
- Interés de capital invertido
- Seguros
- Impuestos

2.3.2.2 Método lineal de amortización:

Este método consiste en la relación entre la suma a amortizar por el periodo que ha pasado en años, también, se puede obtener el costo de amortización horaria, dividiendo el valor de amortización anual por el número de horas trabajadas al año. La suma por amortizar se obtiene al restar del precio de adquisición el valor residual del mismo y el valor de los neumáticos en caso de usarlos (Gómez de las Heras, 1995).

A continuación mediante la ecuación (2.5) se representa el modelo lineal de amortización:

$$A = \frac{\text{Precio de adquisición} - \text{Valor residual}}{\text{Años de vida(uso)}} \quad (2.5)$$

Donde:

A= Valor de amortización por años.

Debido a que los años pasan y el uso de la maquina aumenta, el valor en los libros (valor de contabilidad) es calculado por la ecuación (2.6):

$$B = P - A * L \quad (2.6)}$$

Donde:

P = Precio de adquisición.

A = Valor de amortización.

L = Años de servicio.

Normalmente, los valores residuales que se estiman al final de su vida útil oscilan entre los 15-20% de su precio de adquisición.

2.3.2.3 Costos de combustible

Por lo general los fabricantes y quienes suministran los equipos, proporcionan datos acerca del consumo de combustibles de las maquinarias. (Gómez de las Heras, 1995)

El costo horario de combustible se puede calcular mediante la ecuación (2.7) ó la ecuación (2.8):

$$\text{Costo horario de combustible} = 0.33 * P(Kw) * F.c * P.c \quad (2.7)$$

Ó

$$\text{Costo horario de combustible} = 0.22 * P(HP) * F.c * P.c \quad (2.8)$$

Donde:

Donde:

P = Potencia.

F.c = Factor de combustible.

P.c = Precio de litro de combustible.

2.3.2.4 Costos de lubricantes

Los lubricantes que se usan en los equipos de minería son por lo general aceites para el motor, para la transmisión, mandos y sistemas hidráulicos, además de grasas para los elementos que posean contacto metal-metal (Gómez de las Heras, 1995).

2.3.2.5 Costos de filtros y grasas

Los filtros y grasas que utilizan la maquinaria en minería son de uso diario, en los sistemas de transmisión y partes móviles.

Una manera de calcular los costos de lubricantes grasas y filtros en función de la condición en que se desarrolla la operación (favorable, media o desfavorable).

Tabla 2.1 Porcentaje aplicable a la maquinaria según condiciones (Gómez de las Heras, 1995)

Condición Favorable	1/5 * Costo horario de combustible
Condición Media	1/3 * Costo horario de combustible
Condición Desfavorable	1/2 * Costo horario de combustible

2.3.2.6 Costos de reparaciones

En esta sección se incluyeron aquellos gastos que se generaron por el daño o desperfecto de piezas del equipo, incluyendo la mano de obra, se representan en la ecuación (2.9).

$$\text{Costo reparaciones} = \frac{\text{Costo promedio de piezas}}{\text{vida útil de piezas}} \quad (2.9)$$

2.3.2.7 Costos de mantenimiento

El mantenimiento debe ser planificado para que las operaciones no se vean afectadas por parones de emergencia debido a desperfecto de la maquinaria, este valor se obtiene por los parámetros definidos en la ecuación (2.10).

$$\text{Costo mantenimiento} = \frac{K_U * \text{valor a depreciarse}}{\text{vida útil}} \quad (2.10)$$

CAPÍTULO 3

3 Resultados y análisis

Para las operaciones que se realizan en la cantera Villamil Rock se utiliza una excavadora/cargadora marca Volvo EC240CL. Las especificaciones técnicas fueron sacadas del catálogo y se presentan en la Tabla 3.1 que se muestra a continuación:

Tabla 3.1 Especificaciones técnicas de excavadora Volvo EC240CL

Concepto	Valor
Largo de pluma	6.2 m
Capacidad del cucharón	1.4 t/m ³
Largo de brazo	3.05 m
Largo de la excavadora	10.42 m
Ancho de la excavadora	3.19 m
Alcance máximo de excavación	10.69 m
Potencia del motor	153 kW

Continuando con el análisis de la excavadora Volvo EC240CL se debe considerar los tiempos de cada ciclo. En la Tabla 3.2, se presenta cada tiempo (segundos) generado por la excavadora durante un ciclo completo de carga.

Tabla 3.2 Tiempo de ciclo en segundos de la excavadora Volvo EC240CL

Concepto	Destape	Extracción	Carguío
Tiempo ciclo excavadora	46	52	48
Tiempo demora llenar un cazo	25	31	27
Tiempo viaje lleno	8	8	8
Tiempo descarga cucharón	6	6	6
Tiempo viaje vacío	7	7	7

También es necesario medir el tiempo en que la excavadora no estuvo en operación durante la jornada laboral, en la siguiente Tabla 3.3 se detalla aquellas paradas que se pueden presentar durante una jornada laboral.

Tabla 3.3 Tiempo de paradas o tiempo de espera de la excavadora EC240CL

Concepto	Valor (min)	Valor (h)
Revisión del equipo	10	0.17
Baño	15	0.25
Máquina encendida sin usar	15	0.25
Movimiento máquina	35	0.58
Tiempo de parada	75	1.25
Tiempo efectivo turno	405	6.75
Tiempo de turno	480	8.00
Coefficiente utilización	0.84	

3.1 Costos operativos

Debido a que solo se utiliza la excavadora Volvo EC240CL para todas las fases del ciclo de minado en la Tabla 3.4 se presenta los datos y el costo que genera la maquinaria independiente de la actividad.

Tabla 3.4 Resumen de costos de excavadora Volvo EC240CL

Excavadora	Valor
Potencia	185 hp
Capacidad cucharón	1.4 m ³
Valor Actual (5to Año Depreciación)	68000 \$
Costo por posesión	7.25 \$/h
Costo operación	38.88 \$/h
Costo horario	39.66 \$/h

El costo horario de la excavadora Volvo EC240CL refleja que por hora utilizada nos representa un valor de 39.66 \$/h. En este rubro está incluido los costos por posesión y los costos de operación que se detallan en el Anexo C.

3.1.1 Costo de destape

Para calcular los costos de la remoción de la capa vegetal se realizó la toma de datos en campo con el fin de obtener el costo unitario de la actividad.

A) Equipo para utilizar

Dentro de los datos tomados en campo se encuentra el tiempo en el día que la excavadora se encuentra realizando trabajos de remoción de la capa vegetal o sobrecarga, sabiendo el costo horario de la maquinaria se puede obtener el costo día y el costo horario de la actividad de destape.

Tabla 3.5 Costo día en la fase de destape

Descripción	Trabajo (h/día)	Costo Horario (\$/h)	Costo Día (\$/día)
1 Excavadora Volvo240	0.78 horas	39.66 \$/h	30.93 \$/día

$$\frac{\$}{h_{\text{destape}}} = \frac{30.93 \$}{1 \text{ día}} * \frac{1 \text{ día}}{8 \text{ horas}} = 3.87 \$/h$$

B) Rendimiento del equipo

Para la obtención del rendimiento de la maquinaria durante la fase de destape se detalla en el Anexo C.

Tabla 3.6 Rendimiento de la maquinaria durante el destape

Descripción	Rendimiento m ³ /h
1 Excavadora Volvo240	44.65 m ³ /h

C) Costo unitario

De la relación entre el costo horario y el rendimiento obtenemos el costo unitario de la fase de destape.

$$\text{Costo unitario} = \frac{3.87 \text{ \$/h}}{44.65 \text{ m}^3/\text{h}} = 0.09 \text{ \$/m}^3$$

D) Materiales e insumos; administración; gasto general e imprevistos

Los costos extras que pueden intervenir en el valor de una actividad se detallan en la Tabla 3.7. Los costos generales y administrativos se reflejan con un 2% del valor y un fondo de imprevistos que se debe financiar con el 1% sobre el total del valor de la actividad.

Tabla 3.7 Materiales e insumos en fase de destape

Descripción	Valor
Materiales e Insumos	0.00 \$
Administración; Gasto General	2%
Imprevistos	1%

E) Costo unitario del destape

Los valores de la Tabla 3.7 se calculan en base al costo unitario obtenido previamente y se reflejan en la Tabla 3.8.

Tabla 3.8 Costo unitario en la fase de destape

Destape	Unidad de cálculo \$/ m ³
Costo Unitario (Cu)	0.09 \$/ m ³
Materiales e Insumos (MI)	0.00 \$
Subtotal (S1) = Cu+MI	0.09 \$/ m³
Administración; Gasto General (AG) = 2%*c (\$/m3)	0.00 \$/ m ³
Subtotal (S2) = S1+AG	0.09\$/ m³
Imprevistos (I)= 1%*e (\$/m3)	0.00 \$/ m ³
Costo Unitario Final = S2+I (\$/m3)	0.09 \$/ m³

La sobrecarga o desecho que se encuentran en la cantera Villamil Rock tiene un espesor entre 0.5-1.0 m. dando un factor de destape bastante reducido, también cabe recalcar

que gran parte del afloramiento se encuentra expuesto por lo que no en todo el frente se necesita realizar la acción de destape. La relación entre el material destapado y el estéril es de 1:8 es decir por cada metro cubico de estéril obtenemos 8 m³ de material destapado. Entonces:

$$\text{Costo unitario destape} = \frac{0.09 \$/m^3}{8} = 0.01 \$/m^3$$

Durante la fase de destape solo se van a reflejar los gastos de la maquinaria incluido el operador.

Tabla 3.9 Resumen de costos de la maquinaria durante la fase de destape

Costo	Excavadora Volvo 240 (\$/h)	Excavadora Volvo 240 (\$/mes)
Combustible	12.95	242.42
Lubricantes	4.27	80.00
Filtros y grasas	2.59	48.48
Mantenimiento	4.59	85.92
Piezas de recambio	1.5	28.08
Operador	5.73	107.25
TOTAL	31.63	592.16

Los valores mensuales que se presentan durante el destape de la sobrecarga representados en la figura 3.1 obteniendo el rubro más alto en el consumo de combustible y operador.

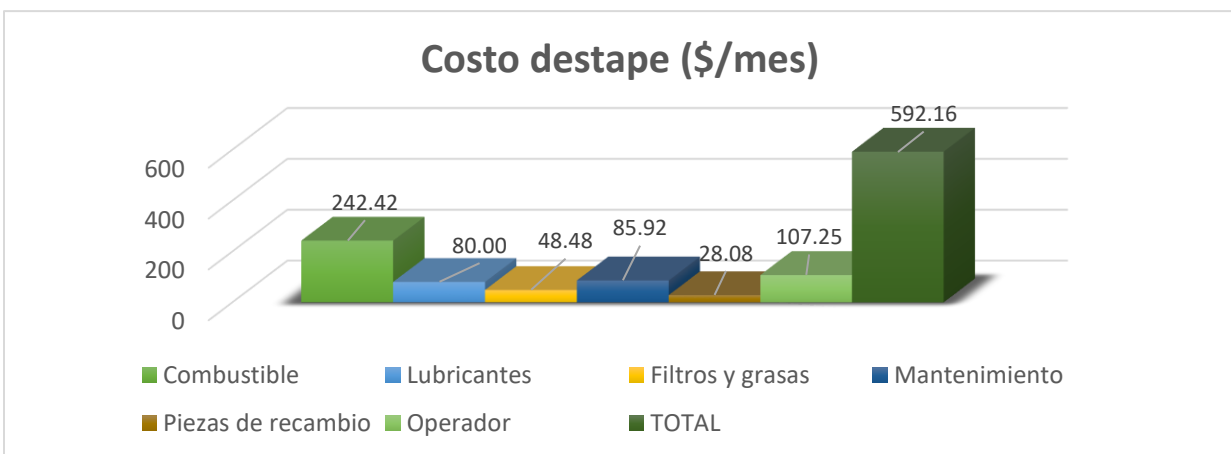


Figura 3.1 Costo destape \$/mes

3.1.2 Costo de extracción

El detalle de los gastos de extracción se enuncia a continuación:

A) Equipo por utilizar

Dentro de los datos tomados en campo se encuentra el tiempo en el día que la excavadora se encuentra realizando trabajos de extracción del material de interés, sabiendo el costo horario de la maquinaria se puede obtener el costo día y el costo horario de la actividad de extracción.

Tabla 3.10 Costo día en la fase de extracción

Descripción	Trabajo (h/día)	Costo Horario (\$/h)	Costo Día (\$/día)
1 Excavadora Volvo240	3.60 horas	39.66 \$/h	142.78 \$/día

Valor del equipo por hora utilizado para esta actividad

$$\frac{\$}{h_{destape}} = \frac{142.78 \$}{1 \text{ día}} * \frac{1 \text{ día}}{8 \text{ horas}} = 17.85 \$/h$$

B) Rendimiento del equipo

Para la obtención del rendimiento de la maquinaria durante la fase de extracción se detalla en el Anexo C.

Tabla 3.11 Rendimiento de la maquinaria durante la extracción

Descripción	Rendimiento m ³ /h
1 Excavadora Volvo240	39.50 m ³ /h

C) Costo unitario

De la relación entre el costo horario y el rendimiento obtenemos el costo unitario de la fase de extracción.

$$\text{Costo unitario} = \frac{17.85 \$/h}{39.50 \text{ m}^3/h} = 0.45 \$/\text{m}^3$$

D) Materiales e insumos, administración; gasto general e imprevistos

Los costos extras que pueden intervenir en el valor de una actividad se detallan en la Tabla 3.7. Los costos generales y administrativos se reflejan con un 2% del valor y un fondo de imprevistos que se debe financiar con el 1% sobre el total del valor de la actividad.

E) Costo unitario en la fase de extracción

Los valores de la Tabla 3.7 se calculan en base al costo unitario obtenido previamente y se reflejan en la Tabla 3.12.

Tabla 3.12 Costo unitario en la fase de extracción

Extracción	Unidad de cálculo \$/ m³
Costo Unitario (Cu)	0.45 \$/ m ³
Materiales e Insumos (MI)	0.00 \$
Subtotal (S1) = Cu+MI	0.45 \$/ m³
Administración; Gasto General (AG) = 2%*c (\$/m3)	0.01 \$/ m ³
Subtotal (S2) = S1+AG	0.46\$/ m³
Imprevistos (I)= 1%*e (\$/m3)	0.00 \$/ m ³
Costo Unitario Final = S2+I (\$/m3)	0.47 \$/ m³

Durante la fase de extracción solo se van a reflejar los gastos de la maquinaria incluido el operador.

Tabla 3.13 Resumen de costos de la maquinaria durante la fase de extracción

Costo	Excavadora Volvo 240 (\$/h)	Excavadora Volvo 240 (\$/mes)
Combustible	12.95	1118.88
Lubricantes	4.27	369.23
Filtros y grasas	2.59	223.78
Mantenimiento	4.59	396.58
Piezas de recambio	1.5	129.60
Operador	5.73	495.00
TOTAL	31.63	2733.06

La extracción es la operación que representa más gastos durante el mes, siendo el punto más alto el consumo de combustible, que representa aproximadamente el 40% de los gastos totales, debido al tipo de extracción la maquinaria puede sufrir mayor desgaste en este proceso aumentando los costos de mantenimiento y piezas de recambio. En la figura 3.2 se puede ver el contraste de cada costo que ocurren durante la etapa de extracción.

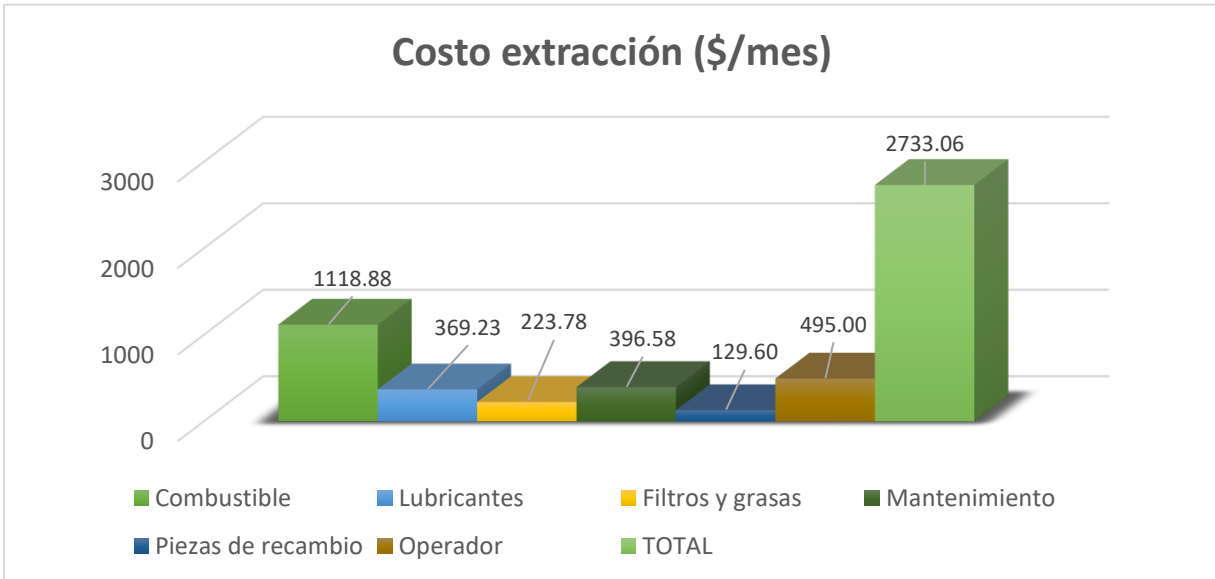


Figura 3.2 Costo de extracción \$/mes

3.1.3 Costo de carguío

El detalle de los gastos de carguío se enuncia a continuación:

A) Equipo utilizado

Dentro de los datos tomados en campo se encuentra el tiempo en el día que la excavadora se encuentra realizando trabajos de extracción del material de interés, sabiendo el costo horario de la maquinaria se puede obtener el costo día y el costo horario de la actividad de extracción.

Tabla 3.14 Costo día en la fase de carguío

Descripción	Trabajo (h/día)	Costo Horario (\$/h)	Costo Día (\$/día)
1 Excavadora Volvo240	2.37 horas	39.66 \$/h	93.99 \$/día

Valor del equipo por hora utilizado para esta actividad

$$\frac{\$}{h_{destape}} = \frac{93.99 \$}{1 \text{ día}} * \frac{1 \text{ día}}{8 \text{ horas}} = 11.75 \$/h$$

B) Rendimiento del equipo

Para la obtención del rendimiento de la maquinaria durante la fase de extracción se detalla en el Anexo C.

Tabla 3.15 Rendimiento de la maquinaria durante el carguío

Descripción	Rendimiento m ³ /h
1 Excavadora Volvo240	42.79 m ³ /h

C) Costo unitario

De la relación entre el costo horario y el rendimiento obtenemos el costo unitario de la fase de carguío.

$$\text{Costo unitario} = \frac{11.75 \$/h}{42.79 \text{m}^3/h} = 0.27 \$/\text{m}^3$$

D) Materiales e insumos, administración; gasto general e imprevistos

Los costos extras que pueden intervenir en el valor de una actividad se detallan en la Tabla 3.7. Los costos generales y administrativos se reflejan con un 2% del valor y un fondo de imprevistos que se debe financiar con el 1% sobre el total del valor de la actividad.

E) Costo unitario del carguío

Los valores de la Tabla 3.7 se calculan en base al costo unitario obtenido previamente y se reflejan en la Tabla 3.16.

Tabla 3.16 Costo unitario en la fase de carguío

Carguío	Unidad de cálculo \$/ m³
Costo Unitario (Cu)	0.27 \$/ m ³
Materiales e Insumos (MI)	0.00 \$
Subtotal (S1) = Cu+MI	0.27 \$/ m³
Administración; Gasto General (AG) = 2%*c (\$/m3)	0.01 \$/ m ³
Subtotal (S2) = S1+AG	0.28\$/ m³
Imprevistos (I)= 1%*e (\$/m3)	0.00 \$/ m ³
Costo Unitario Final = S2+I (\$/m3)	0.28 \$/ m³

Durante la fase de extracción solo se van a reflejar los gastos de la maquinaria incluido el operador.

Tabla 3.17 Resumen de costos de la maquinaria durante la fase de carguío

Costo	Excavadora Volvo 240 (\$/h)	Excavadora Volvo 240 (\$/mes)
Combustible	12.95	736.60
Lubricantes	4.27	243.08
Filtros y grasas	2.59	147.32
Mantenimiento	4.59	261.08
Piezas de recambio	1.5	85.32
Operador	5.73	325.88
TOTAL	31.63	1799.27

Los costos que se generan durante el carguío del material en los volquetes de los clientes están condicionados por el trabajo de la excavadora, el volumen de carga de los diferentes volquetes que ingresan al frente de explotación es variada lo que provoca que el trabajo de la excavadora se vea afectado, aumentando así los costos de combustibles como se ve en la Figura 3.3.

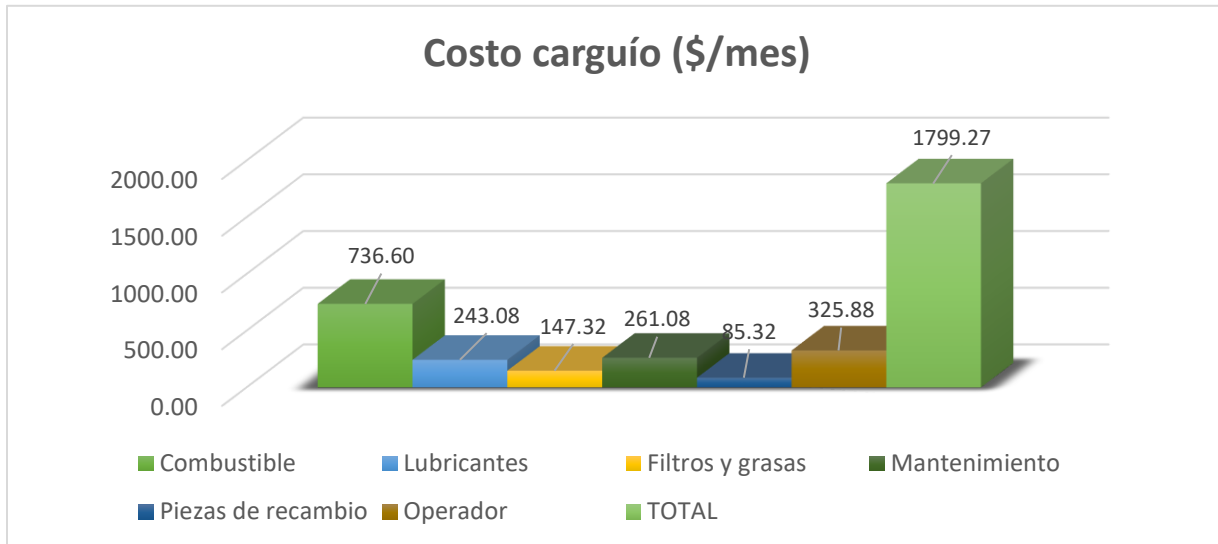


Figura 3.3 Costo carguío \$/mes

3.1.4 Resumen de costos operativos

En este apartado se muestra el resumen de los rendimientos y costos por etapa que se generan dentro de la cantera Villamil Rock.

3.1.4.1 Rendimiento del equipo

El rendimiento que viene dado por una serie de parámetros técnicos de la cantera, la maquinaria y el tiempo de ciclo que interviene en cada actividad. Cuando los trabajos son menos precisos esto se refleja en el rendimiento, como es el caso de la extracción de material en el frente de explotación, donde el tiempo de ciclo es mayor en relación con las otras operaciones.

Tabla 3.18 Rendimiento de la maquinaria en cada fase de la operación

Maquinaria	Actividad	Rendimiento m ³ /h
Excavadora Volvo 240	Destape	44.65 m ³ /h
	Extracción	39.50 m ³ /h
	Carguío	42.79 m ³ /h

3.1.4.2 Costos horarios

Debido a que todos los procesos se realizan con una única maquinaria debemos saber cuál es el costo por hora de trabajo de esta, y dependiendo del tiempo de trabajo en cada fase del ciclo de minado es que podemos obtener una apreciación a los costos que genera cada operación.

Tabla 3.19 Costo horario de la excavadora volvo EC240CL

Maquinaria	Costo horario \$/h
Excavadora Volvo 240	39.66 \$/h

3.1.4.3 Ocupación de la maquinaria

Durante las operaciones existen tiempos muertos donde la máquina tiene que trasladarse por distancias aproximadas de 200 metros para poder cargar material desde un punto diferente al frente de explotación, esto provoca tiempos muertos.

Tabla 3.20 Tiempo de ocupación de la maquinaria en la jornada laboral

Ocupación	Excavadora
Destape	0.78 h/día
Extracción	3.60 h/día
Carguío	2.37 h/día
Tiempo productivo horas	6.75 h/día
Tiempo no productivo horas	1.25 h/día

Como se muestra en la Figura 3.4 la actividad que se realiza de manera más prolongada durante la jornada laboral es la extracción, esta actividad es la principal en la cantera además de que el tiempo de ciclo es más elevado aumentando el tiempo que se debe ocupar para extraer el material.

El carguío se lo realiza directamente a los clientes y el tiempo varía en función de la capacidad del volquete y la capacidad del conductor de acomodar el volquete para que

la excavadora pueda llenar el mismo, también hay momentos en los que se acumulan dos o más volquetes por lo que les dificulta la movilidad dentro del frente de explotación.

La actividad que requiere menos tiempo de la jornada laboral es la de destape, su presencia irregular en el frente, así como el afloramiento expuesto hace que la remoción de material se realice con poca frecuencia.

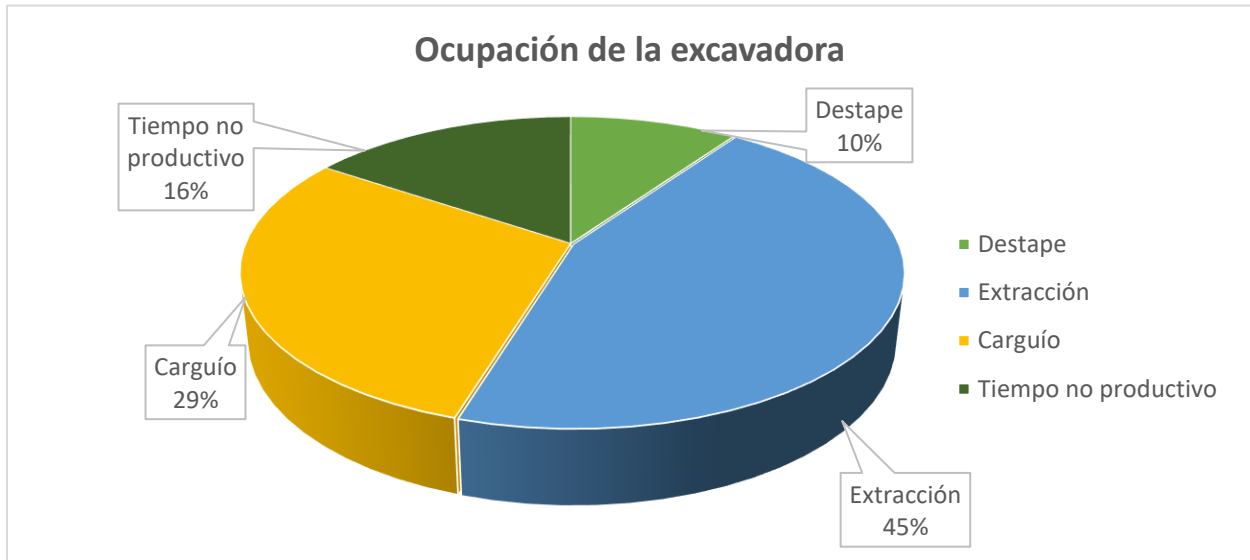


Figura 3.4 Resumen de ocupación de la maquinaria

3.1.4.4 Costos operativos por fase

Los costos operativos son los que tienen relación con las fases del ciclo de minado, en la Tabla 3.21 se presenta un resumen de estos costos.

En cada actividad en función de lo que se realiza y maquinaria que se utiliza se obtuvo un valor por costo unitario siendo la extracción aquella actividad que genera un valor mayor, seguida del carguío y por último el destape.

Tabla 3.21 Resumen de costos operativos por actividad

Operación	Costo unitario \$/m ³
Destape	0.01 \$/m ³
Extracción	0.47 \$/m ³
Carguío	0.28 \$/m ³
Costo operativos	0.76 \$/m ³

Existe una marcada relación entre el tiempo que se ocupada para cada fase y el costo unitario producido por la misma, es por ello por lo que en la etapa de extracción se presenta un valor elevado, el rendimiento en esta etapa es menor y los tiempos elevados por lo que es necesario plantear una alternativa para reducir los tiempos del ciclo de extracción.

Así mismo el costo unitario de la fase de carguío es de 0.28 \$/m³ es decir un 37% del valor total de los costos operativos, es menor que el costo de extracción, esto se debe a que el tiempo que se utiliza para esta actividad es inferior al de extracción, teniendo un rendimiento mayor.

Como era de esperar solo el 2% de los costos operativos corresponde a la fase de destape, es por la relación que tiene entre el grosor de la capa vegetal con el material a extraer, disminuyendo el valor unitario de esta fase.

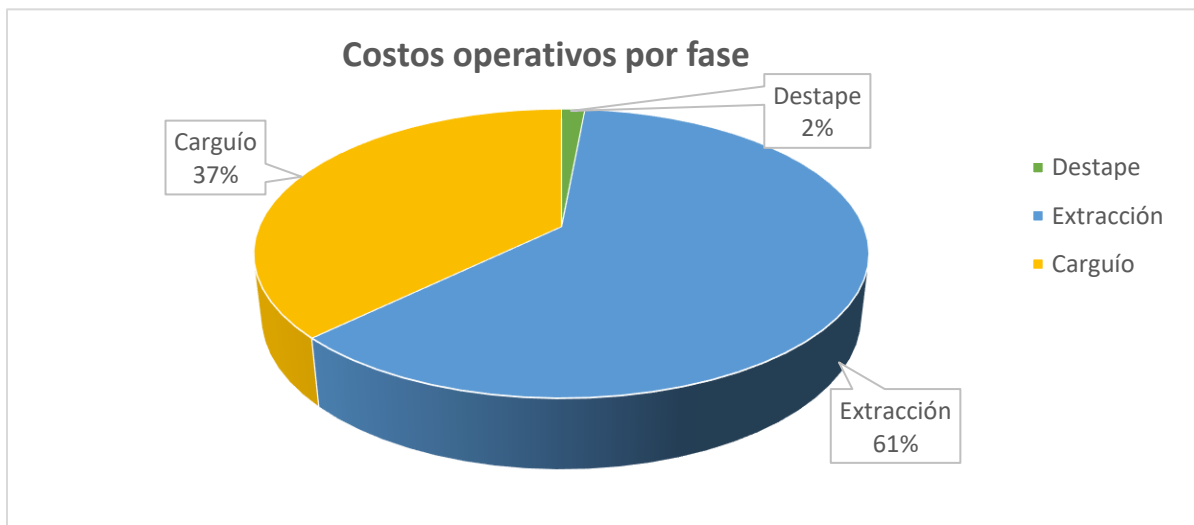


Figura 3.5 Resumen de costos operativos por actividad

3.2 Costo administrativos

Los costos del personal que trabaja dentro de la concesión minera se ven reflejada en la Tabla 3.22, con excepción del sueldo del operador que está ya incluido en los costos de la maquinaria.

Tabla 3.22 Costo administrativos

Concepto	Valor \$/mes
Administrador	640
Guardia	600
Oficinista	480
Aporte patronal (SRI)	100
Alimentación del personal	288
Total	2108

La concesión minera Villamil Rock se encuentra en la escala de pequeña minería por lo que su producción no puede ser mayor a 500 toneladas métricas por día, sabiendo que la producción de un mes es de 8000 m³ podemos obtener el valor del costo unitario mediante la siguiente conversión:

$$\frac{2108 \$}{\text{año}} * \frac{1 \text{ mes}}{24 \text{ días}} * \frac{1 \text{ día}}{333.33 \text{ m}^3} = 0.26 \$/\text{m}^3$$

Sabiendo que la producción de un mes es de 8000 m³ y se trabaja 24 días al mes, la producción por día redondea los 333.33 m³, con la ayuda de este valor es que se puede obtener el costo unitario que generan los gastos administrativos o sueldos de los empleados de la concesión. En este apartado solo se incluyen las remuneraciones mensuales que reciben los trabajadores.

El resumen de los costos administrativos se ven reflejados en la Figura 3.6. No se contempla el sueldo del operador, la repartición de los sueldos de los demás trabajadores es entre el administrador, seguido del guardia y el oficinistas que tienen sueldos que oscilan entre los \$ 480 y \$ 640 mensuales.

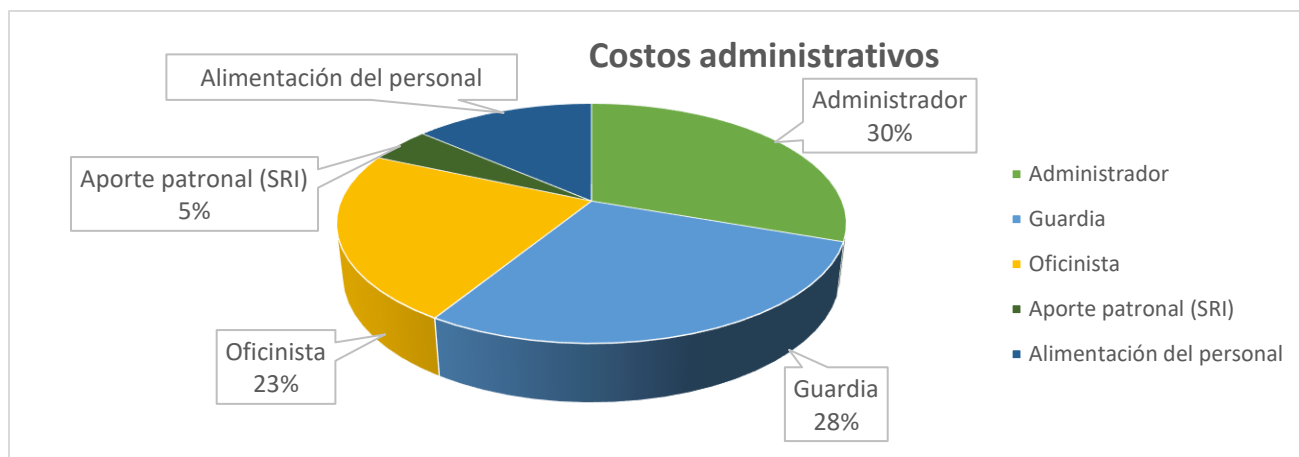


Figura 3.6 Resumen de costos administrativos

Además de recalcar que la alimentación de todo el personal va por cuenta de la concesión por lo que también se incluyó dentro de este apartado dando un valor de 288 mensual es decir un 15% del valor total.

Un 5% de los costos administrativos corresponde al aporte patronal al servicio de rentas interna, estos valores no son variables, por lo que se deben pagar todos los meses.

3.3 Costos legales

Los costos legales son todos aquellos valores que se pagan anual o semestralmente, las patentes y regalías que se pagan al GAD de General Villamil. También se incluyen valores semestrales de mantenimiento de las vías y servicios profesionales.

Tabla 3.23 Costos legales que presenta la concesión

Concepto	Valor \$/año
Patente ambiental	3230
Patente minera	346
Regalías mineras	2700
Mantenimiento de vías	9068
Servicios profesionales	3000
Total	18644

La concesión minera Villamil Rock se encuentra en la escala de pequeña minería por lo que su producción no puede ser mayor a 500 toneladas métricas por día, sabiendo que la producción de un mes es de 8000 m³ podemos obtener el valor del costo mediante la siguiente conversión:

$$\frac{18644 \$}{\text{año}} * \frac{1 \text{ año}}{12 \text{ meses}} * \frac{1 \text{ mes}}{24 \text{ días}} * \frac{1 \text{ día}}{333.33 \text{ m}^3} = 0.19 \$/\text{m}^3$$

Sabiendo que la producción de un mes es de 8000 m³ y se trabaja 24 días al mes, la producción por día redondea los 333.33 m³.

El mantenimiento de las vías es el valor que representa un mayor valor, pero es necesario realizar esta actividad, la vía de acceso es de aproximadamente 3 kilómetros pero es la única manera de acceso para los clientes por lo que si se encuentra en mal estado perjudicaría a los clientes y ocasionaría disminución de material despachado.

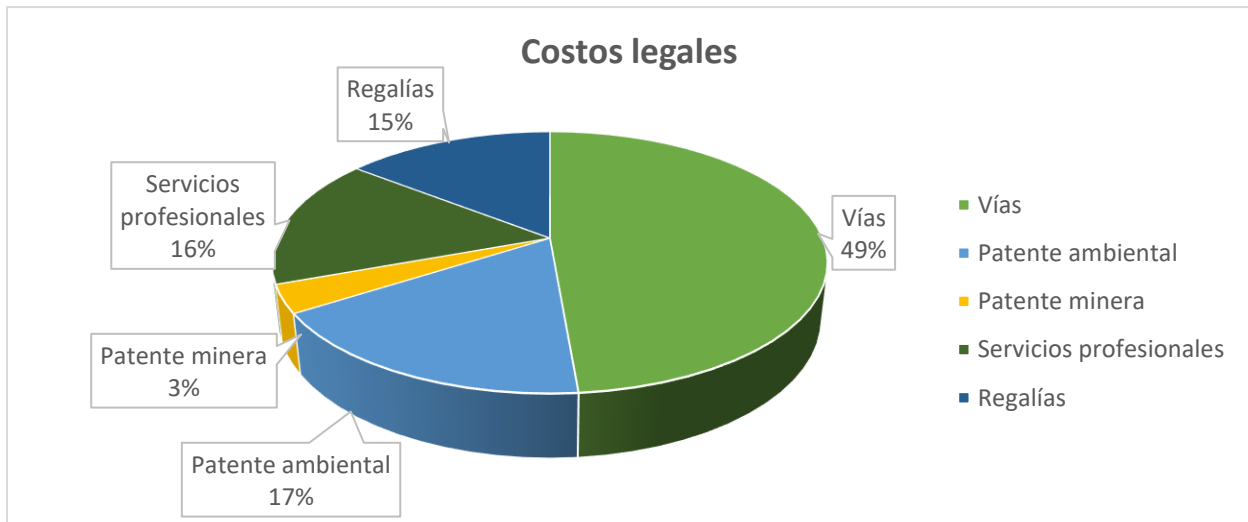


Figura 3.7 Costos legales que presenta la concesión

3.4 Costo por unidad de extracción

Una vez que obtenemos todos los costos que se generan en la concesión “Villamil Rock” podemos calcular el costo unitario por metro cúbico.

Tabla 3.24 Costo unitario de extracción

Actividad	Costo \$/m ³
Costos operativos	0.76 \$/m ³
Costos legales	0.19 \$/m ³
Costos administrativo	0.26 \$/m ³
Costo por unidad de extracción	1.21 \$/m ³

Actualmente este es el valor que se requiere para extraer un metro cúbico de material en la cantera. Los costos más elevados se encuentran dentro de los costos operativos tanto en la fase de extracción como de carguío, estos valores están en función del tiempo en al día en que se realiza esta acción, el rendimiento de la maquinaria y el costo horario de la misma.



Figura 3.8 Costo unitario de extracción

Los costos operativos son los que representan un mayor porcentaje en el costo unitario de extracción de la concesión “Villamil Rock” un 64% del valor total, 3 veces más que los costos administrativos y legales.

3.5 Costo del ciclo de minado

Como los costos operativos son los que representan el mayor valor del costo unitario por extracción a continuación en la Tabla 3.25 se detallan que valor representa un mayor gasto en el ciclo de minado.

Tabla 3.25 Costo total del ciclo de minado

Actividad	Costo \$/mes	Costo \$/año
Combustible	2486.40	29836.8
Lubricantes	820.51	9846.14
Filtros y Grasas	497.28	5967.36
Mantenimiento	881.28	10575.36
Piezas	288.00	3456.00
Sueldos	1100.00	13200.00
Administración	121.47	1457.63
Total	6212.23	74339.30

Los valores que se desprenden de la excavadora Volvo EC240CL representan los costos del ciclo de minado, el gasto de combustible es el punto más elevado superando con creces el resto de los valores, seguido del sueldo del operador y el valor más bajo en este rubro son los filtros y grasas.

En función del combustible se obtuvieron los datos de lubricantes, filtros y grasas, los mantenimientos son necesarios para que la maquinaria no presente inconvenientes durante el trabajo diario.

Mientras que el mantenimiento del equipo y las piezas de recambio su costo se ve afectado por las condiciones del terreno, cuando una pieza no es óptima para los trabajos que se realizan la vida útil de las piezas se ve reducida y los mantenimientos son más constantes.

El sueldo del operador está incluido dentro de los costos del ciclo de minado, el valor mensual del ciclo de minado es de \$ 6212.23.

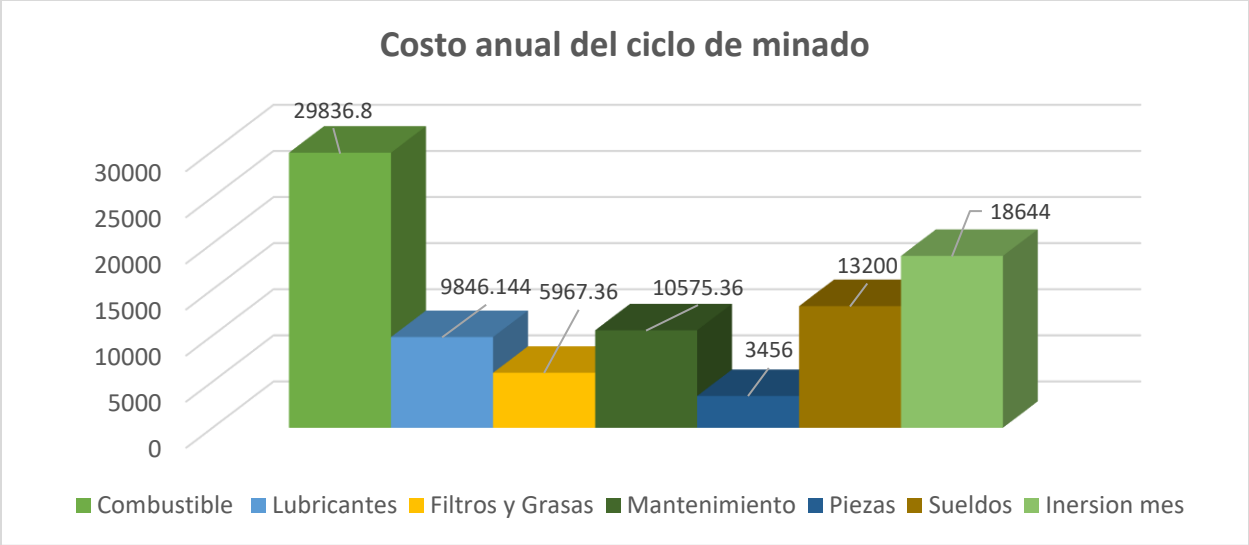


Figura 3.9 Costo anual del ciclo de minado

En la representación de la Figura 3.9 se muestran los valores del costo total del ciclo de minado anuales en un diagrama de barras.

A continuación. Se muestran los costos totales anuales de manera porcentual.

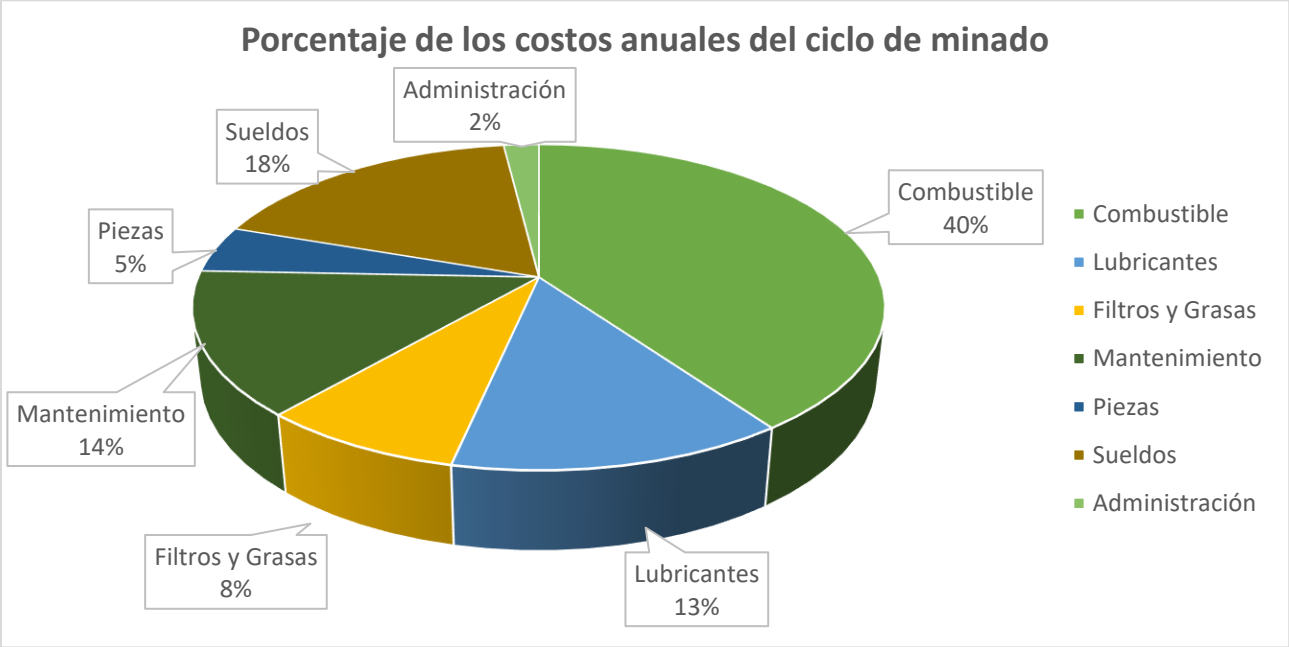


Figura 3.10 Porcentaje de los costos anuales de minado

El costo más grande que se tiene en el ciclo de minado es el combustible, esto a que la maquinaria está en operación la jornada laboral de 8 horas por los 6 días laborables, un 40% del costo total que representa 29,836.80 dólares anuales.

3.6 Optimización del proceso de extracción minera

Observando todos los valores que generan un impacto económico dentro de la concesión minera “Villamil Rock” se recomienda reducir los tiempos de ciclos de la excavadora lo que tendrá como consecuencia el aumento del rendimiento de esta. Realizando este proceso el valor de costo unitario se reducirá. Para aumentar la velocidad de tiempo de ciclo se decidió realizar un cambio de dientes del cucharón, los dientes que vienen por defecto en los cucharones es un diente universal que son ideales para suelo de compactación medio a bajo.

El cambio a un tipo de diente diferente como es el diente tipo cincel es un tipo de diente que tiene una buena relación entre el nivel de penetración medio y tiempo de vida medio a alto ideales para superficies con abrasión media. El tipo de diente ideal para cada operación puede reducir el tiempo de llenado del cucharón hasta en un 20% aumentando la productividad de la maquinaria, logrando que en las mismas horas de trabajo se pueda extraer una mayor cantidad de material.

Los tiempos optimizados se presentan a continuación:

Tabla 3.26 Tiempos de ciclos optimizados

Datos	Destape	Extracción	Carguío
Tiempo ciclo excavadora	41	46	43
Tiempo llenar cucharón	20	25	21
Tiempo viaje lleno	8	8	8
Tiempo descarga cucharón	6	6	6
Tiempo viaje vacío	7	7	7

Debido a que los tiempos de ciclo disminuyeron por la optimización, el rendimiento aumenta y el costo unitario de cada actividad disminuye, reduciendo los costos operativos de la concesión minera “Villamil Rock”.

Tabla 3.27 Rendimientos optimizados

Maquinaria	Actividad	Rendimiento m ³ /h
Excavadora Volvo 240	Destape	50.10 m ³ /h
	Extracción	44.65 m ³ /h
	Carguío	48.91 m ³ /h

Como se puede observar tanto en la Tabla 3.26 y Tabla 3.27 variaron tanto el tiempo como el rendimiento lo que se traducirá en nuevos valores de los costos operativos, cabe recalcar que la variación de estos parámetros solo afectará los costos operativos.

Tabla 3.28 Costos operativos optimizado

Operación	Costo unitario \$/m ³
Destape	0.01 \$/m ³
Extracción	0.41 \$/m ³
Carguío	0.25 \$/m ³
Costo operativos	0.67 \$/m ³

En comparación con los costos operativos iniciales que se presentan en la Tabla 3.21 vemos que el valor se redujo de 0.76 \$/m³ a 0.67 \$/m³ obteniendo una reducción del 9.10% en los costos operativos.

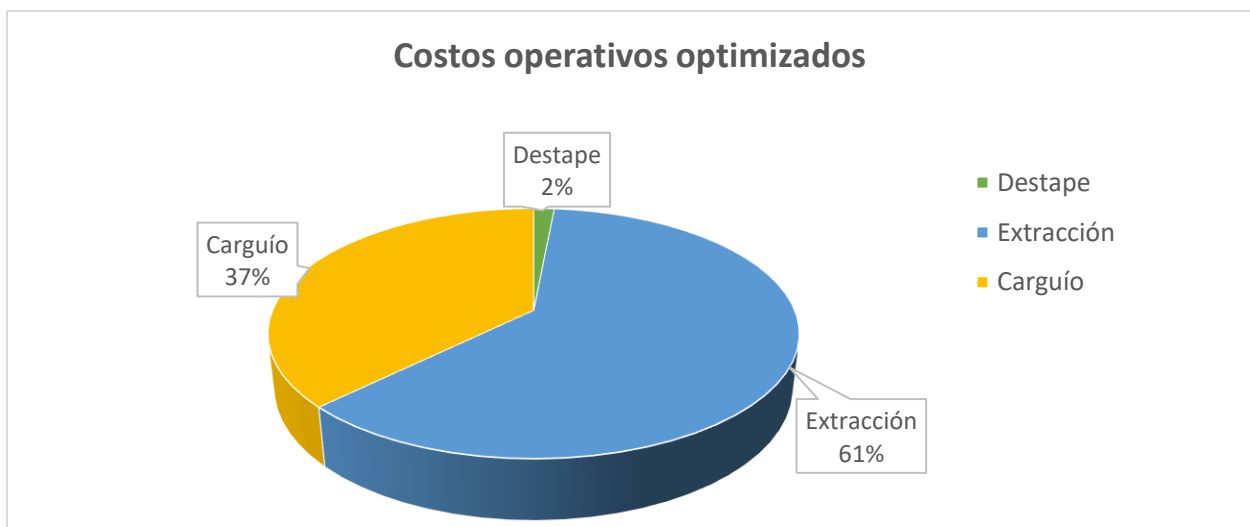


Figura 3.11 Costos operativos optimizados

Aunque los costos administrativos y costos legales no presentan una reducción por la optimización, el costo unitario si se reducirá como se presenta en la Figura 3.11.

Debido a la reducción del tiempo que demora llenar el cucharón, el aumento de la producción y la disminución del costo unitario en la fase de operación tenemos que los costos operativos se redujeron a un valor de 0.67 $\$/m^3$ y a continuación en la tabla 3.29 se observa el costo por unidad de extracción general que se obtuvo.

Tabla 3.29 Costo unitario optimizado

Actividad	Costo $\$/m^3$
Costos operativos	0.67 $\$/m^3$
Costos legales	0.19 $\$/m^3$
Costos administrativo	0.26 $\$/m^3$
Costo por unidad de extracción	1.12 $\$/m^3$

El nuevo costo unitario será de 1.12 $\$/m^3$ lo que representa una reducción de 9 centavos por m^3 explotado, teniendo en cuenta que la producción mensual aproximada es de 8000 toneladas, producir esta misma cantidad de material con la optimización planteada se reducirán los costos en aproximadamente \$8800 anuales dejando un mejor margen de ganancia.

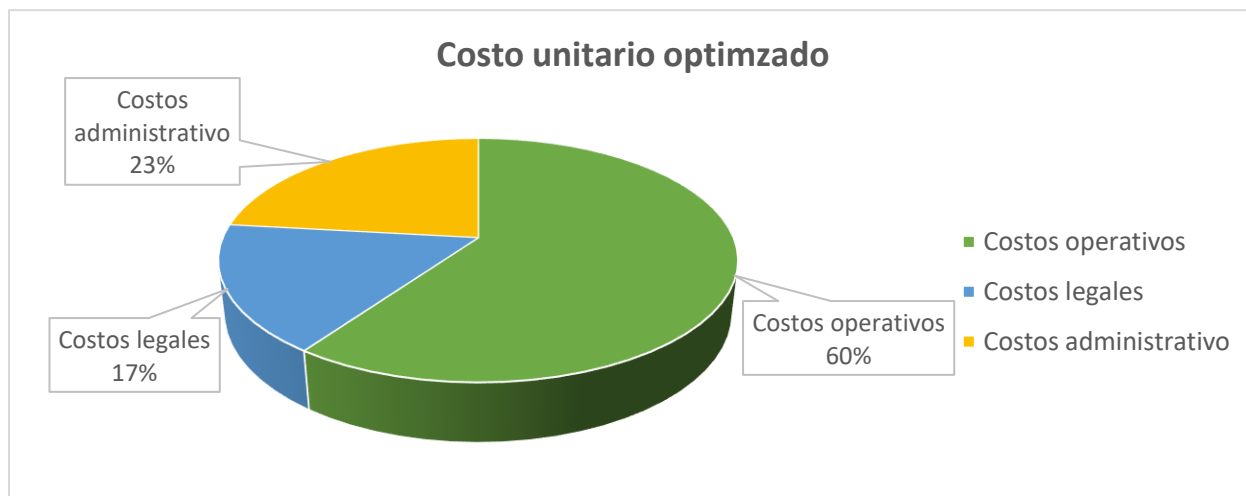


Figura 3.12 Costo unitario optimizado

CAPÍTULO 4

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Un deficiente dimensionamiento del equipo de carga y acarreo previo al inicio de las operaciones repercute en los procesos de la concesión, aumentando los costos operativos. Por esta razón, este proyecto presentó la propuesta de optimización del sistema de producción, lo que beneficiará a la concesión en la reducción del 12% de los costos operativos.
- Se propone el cambio del tipo de diente del cucharón para optimizar las operaciones, disminuir los costos unitarios y reducir los mantenimientos del equipo, debido a que es una pieza con las características idóneas para el trabajo y cuenta con una vida útil elevada.
- De acuerdo con el levantamiento de información la concesión Villamil Rock, esta se encuentra entre la formación Tablazo y el Grupo azúcar, lo que nos indica que el material de extracción es principalmente arenisca lutitas y conglomerados.
- El costo unitario por extracción en la cantera “Villamil Rock” es de 1.21 \$/m³ y una producción diaria de 333.33 m³. El costo unitario luego de la propuesta de optimización es de 1.12 \$/m³, teniendo un margen de crecimiento, con la posibilidad de aumentar la producción diaria a cerca del límite permisible de 500 m³.
- El costo del ciclo de minado mensual es de 6212.23 dólares, y anualmente representa un valor de 74339.30 dólares, siendo el rublo más alto el consumo de combustible. En condiciones normales la maquinaria tiene un tiempo productivo de 6.5 horas al día, obteniendo un tiempo muerto de 1.5 horas. Los tiempos muertos se deben a los largos recorridos de la maquinaria que se presentan al momento de cambiar el lugar de la extracción.

4.2 Recomendaciones

- Un equipo pesado como lo es una excavadora no está diseñado para realizar largos desplazamientos, por lo que es recomendable que todas las operaciones que realice sean en un radio de 100 metros.
- Se recomienda trabajar con bancos no mayores a los 8 metros de altura, esto beneficiará tanto a la extracción como al uso de la maquinaria.
- Se recomienda realizar un estudio sobre la posibilidad de clasificar el material de construcción mediante la implementación de una zaranda y equipos adecuados.
- Se recomienda estudiar la posibilidad de cambiar a un cucharón con mayor capacidad lo que permitirá aumentar el rendimiento y la producción de las operaciones.
- Se recomienda llevar un registro de los de tiempos de ciclos, cantidad de material explotado, material comercializado, rendimientos y costos que se generan dentro de la concesión.
- Acogerse a cursos de seguridad para riesgos laborales dentro del ámbito minero.

BIBLIOGRAFÍA

LIBRO EN LINEA

Gómez de las Heras, M. A. (1195). *Manual de arranque, carga y transporte en minería a cielo abierto*. Obtenido de Recurso Minerales y Minería: <https://www.igme.es/Publicaciones/Consulta/Libro/1756>

Gomez de las Heras, M. A. (1991). *Manuel de Arranque, Carga y Transporte en Minería a cielo abierto*. Obtenido de Recursos Minerales Minería.

SITIO WEB

Banco Central del Ecuador. (2022). *BCE*. Obtenido de <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/Hidrocarburos/cartilla00.pdf>

Bravo, M. (2013). *Contabilidad General*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/513166704/Contabilidad-General-Mercedes-Bravo-Valdivieso>

Ley de minería del Ecuador. (21 de agosto de 2018).

Manual de áridos: prospección, explotación y aplicaciones. (1994). Madrid: Spa 2a edición . Obtenido de <https://www.worldcat.org/title/manual-de-aridos-prospeccion-explotacion-y-aplicaciones/oclc/802415243?referer=di&ht=edition>

Manzaneda. (2015). *Optimización de la flota de carguío y acarreo para el incremento de producción de material de desbroce 400k a 1000k bcm* . Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

Núñez, E. (2003). *Geología Del Ecuador*. Guayaquil.

Ordóñez, J. S. (2006). *MICROPALAEONTOLOGÍA ECUATORIANA*. Guayaquil: Petroproducción-Centro de Investigaciones Geológicas Guayaquil.

PEREZ, A. (2022). *Business School OBS*. Obtenido de <https://www.obsbusiness.school/blog/costos-directos-e-indirectos-de-un-proyecto>

Seguridad Minera. (20 de MARZO de 2017). *Seguridad Minera*. Obtenido de <http://www.revistaseguridadadminera.com/operaciones-mineras/el-carguio-y-transporte-y-su-relacion-con-otras-etapas-de-la-explotacion/>

ANEXOS

ANEXO A. Detalle de costos anuales de la cantera “Villamil Rock”

Detalle	Valores
Costos directos	
Combustible excavadora	29836.8
Lubricantes	9846.144
Filtros y grasas	5967.36
Repuestos y accesorios	3456
Mantenimiento de equipos	10575.36
Sueldos	33840.00
IESS patronal	1200
Alimentación del personal	864
Total costos directos	95585.664
Costos indirectos	
Mantenimiento de vías	9068
Servicios contables	600
Servicio técnico minero	2400
Otros gastos no deducibles	
Total costos indirectos	12068
Impuestos patentes y regalías	
Patente ambiental	3230
Patente minera	646
Regalías mineras	2700
Total patentes y regalías	6576
Total general	114229.664

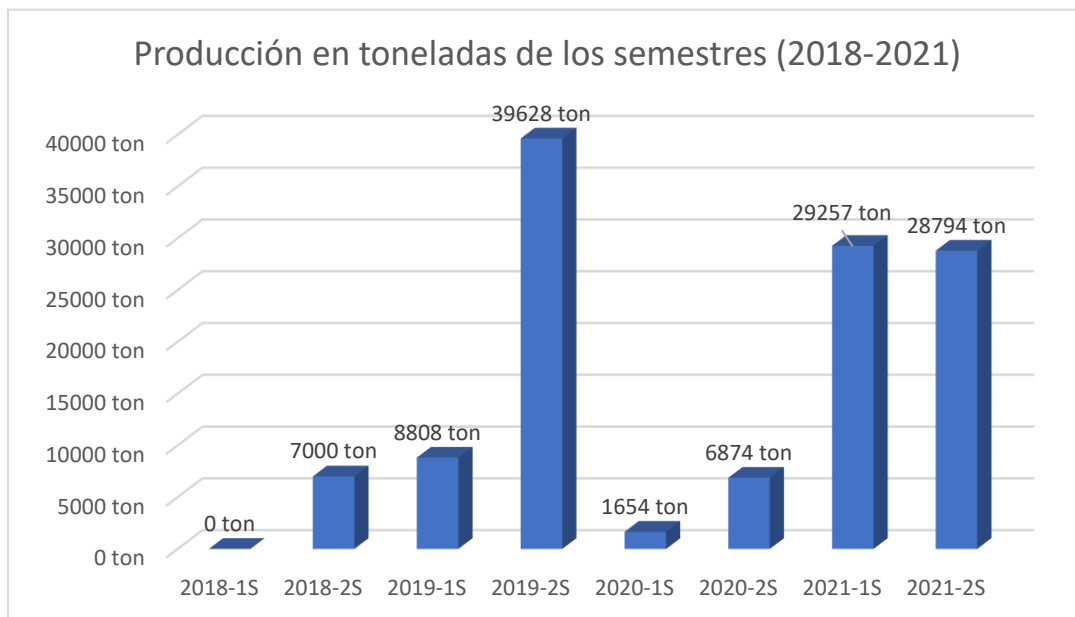
ANEXO B. Datos históricos de la cantera “Villamil Rock”

La cantera Villamil Rock entró en su etapa de explotación en el mes de octubre del año 2018, ha permanecido en actividad desde ese momento hasta la actualidad, con la ayuda de los informes de producción semestrales presentados al GAD de General Villamil Playas se obtuvo la producción de la cantera con sus respectivos costos de producción.

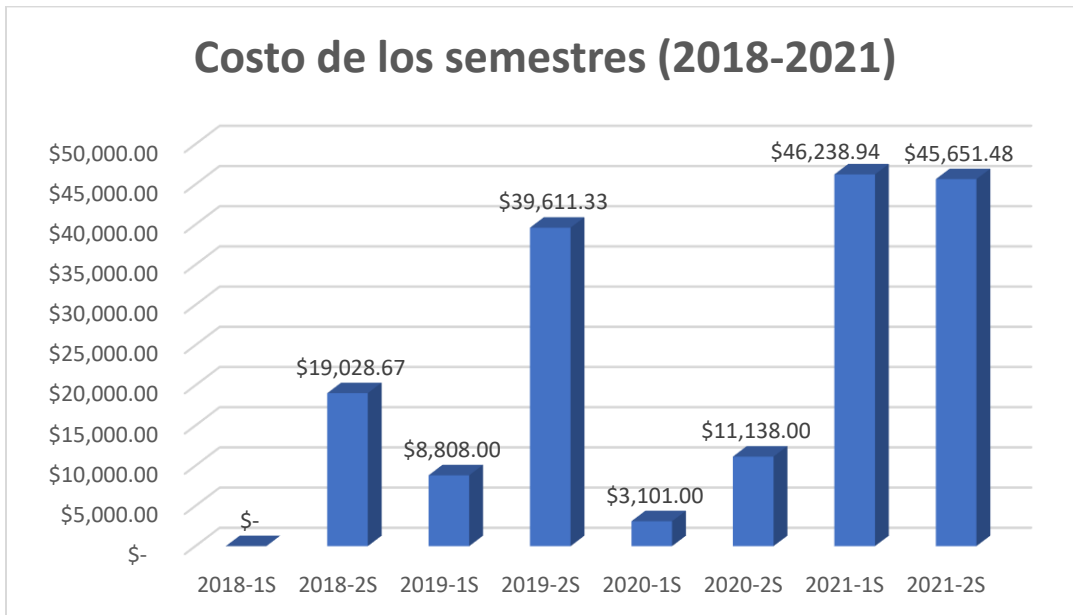
Anexo B1. Costo y producción en los semestres del 2018-2021

Periodo	Costo	Producción
2018-1S	\$ -	0 ton
2018-2S	\$ 19,028.67	7000 ton
2019-1S	\$ 8,808.00	8808 ton
2019-2S	\$ 39,611.33	39628 ton
2020-1S	\$ 3,101.00	1654 ton
2020-2S	\$ 11,138.00	6874 ton
2021-1S	\$ 46,238.94	29257 ton
2021-2S	\$ 45,651.48	28794 ton

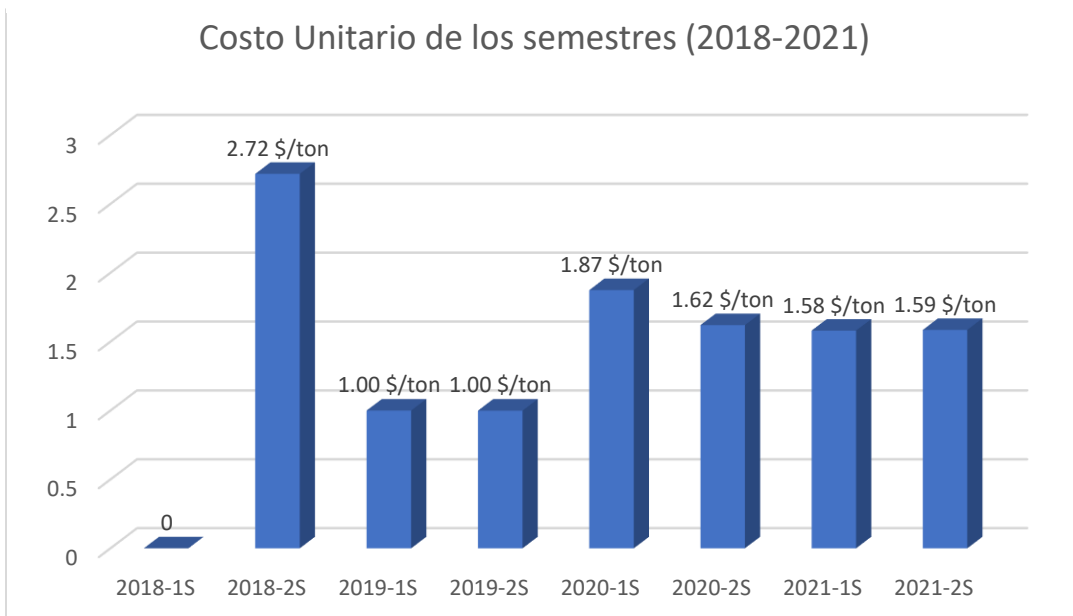
Anexo B2. Producción en toneladas de los semestres (2018-2021)



Anexo B3. Costo de los semestres (2018-2021)



Anexo B4. Costo Unitario de los semestres (2018-2021)



ANEXO C. Cálculos de rendimiento y costo horario

Es necesario saber el tipo de material, altura de corte, ángulo de giro, dimensiones del equipo y experiencia del operador para calcular el rendimiento de la excavadora.

Anexo C1. Especificaciones técnicas de la maquinaria

Dato	Unidad
Largo de pluma	6 m
Cazo capacidad	1.4 t/m ³
Largo de brazo	2.97 m
Largo de la excavadora	10.13 m
Ancho de la excavadora	3.19 m
Alcance máximo de excavación	10.26 m
Potencia del motor	138 kW

$$R = \frac{Q * F * f * E * 60}{T}$$

Donde:

R = Rendimiento

Q = Capacidad del cucharón

F = Factor de carga

f = Factor de conversión del suelo

E = Factor de eficiencia

T = Ciclo o periodo

60 = Conversión de minutos a horas

Capacidad del cucharón

Según el manual de rendimiento de la excavadora Volvo EC240CL la capacidad que tiene el cucharón es de 1.4 m³

Factor de carga

Esta es la capacidad real que tiene el cucharón, es decir que porcentaje del cucharón que se llena en cada ciclo, esto depende del material y la experticia del operador, debido a que nuestro material es arenisca y lutitas se considerara un factor del 95%.

Factor de conversión del suelo

También llamado factor de esponjamiento es la relación de volumen que existe entre el material cuando se encuentra en el banco y cuando ya ha sido extraído del mismo, cabe recalcar que este factor debe ser inferior a uno.

Mediante un ensayo in-situ se obtuvo los volúmenes para calcular el factor de conversión del suelo.

El ensayo consistió en retirar el material del frente de explotación, realizando una extracción con medidas conocidas lo que nos da un volumen conocido del material en el banco.

Las medidas que se utilizaron fueron

Ancho: 50 cm

Largo: 50 cm

Profundidad: 10 cm

Lo que nos da un volumen de 25000 cm³ o 25 litros.

Posteriormente para calcular el volumen del material suelto se lo colocó en un recipiente de volumen conocido 38 litros o 38000 cm³.

Con los valores conocidos obtenemos el factor de conversión del suelo.

$$F_{conversión} = \frac{Volumen\ banco}{Volumen\ extraido}$$

$$F_{conversión} = \frac{0.025\ m^3}{0.038\ m^3}$$

$$F_{conversión} = 0.66\ m^3$$

Factor de eficiencia

Es la relación que existe entre el tiempo trabajado y los 60 minutos de una hora, debido a que las condiciones de trabajo y la organización de la obra son promedio, el factor de eficiencia que se utilizó es 0.65.

Anexo C2. Factor de eficiencia obtenido del manual de movimiento de tierra

Condiciones de trabajo	Organización de obra		
	Buena	Promedio	Mala
Buenas	0.90	0.75	0.60
Promedio	0.80	0.65	0.50
Malas	0.70	0.60	0.45

Ciclo o periodo

La toma de datos para el ciclo de la excavadora en las diferentes fases se realizó en campo, además de detallar las demoras y tiempos muertos que se detallan a continuación.

Anexo C3. Ciclo de la excavadora

Dato	valor
Tiempo ciclo excavadora	52 s
Tiempo llenar cucharón	31s
Tiempo viaje lleno	8 s
Tiempo descarga cucharón	6 s
Tiempo viaje vacío	7 s
Coeficiente reserva	1.20 s

Anexo C4. Demoras de la operación

Demoras		
Dato	Valor minutos	Valor horas
Revisión del equipo	10	0.17
Baño	15	0.25
Maquina encendida sin usar	15	0.25
Movimiento máquina	35	0.58
Tiempo de parada	75	1.25
Tiempo efectivo turno	405	6.75
Tiempo de turno	480	8.00
Coeficiente utilización	0.84	

Resumen de los tiempo de la excavadora según la operación

Anexo C5. Tiempo por ciclo de la excavadora

Fase	Valor	
Ciclo o periodo (T destape)	46 s	0.77 min
Ciclo o periodo (T extracción)	52 s	0.87 min
Ciclo o periodo (T carguío)	48 s	0.80 min

El rendimiento del equipo se obtiene reemplazando los valores

$$R = \frac{Q * F * f * E * 60}{T}$$
$$R = \frac{1.4 * 95\% * 0.66 * 0.65 * 60}{0.77}$$
$$R = 44.65 \text{ m}^3/h$$

Rendimiento de la excavadora en la fase de extracción

$$R = \frac{Q * F * f * E * 60}{T}$$
$$R = \frac{1.4 * 95\% * 0.66 * 0.65 * 60}{0.87}$$
$$R = 39.50 \text{ m}^3/h$$

Rendimiento de la excavadora en la fase de carguío

$$R = \frac{Q * F * f * E * 60}{T}$$
$$R = \frac{1.4 * 95\% * 0.66 * 0.65 * 60}{0.80}$$
$$R = 42.79 \text{ m}^3/h$$

Cálculo de costo horario y rendimiento de la excavadora Volvo EC240CL

Anexo C6. Especificaciones de gastos de la maquinaria

Especificaciones maquinaria	Valor
Potencia de motor	185 hp
Capacidad del cucharón	1.4 m ³
Valor original (Vo)	68000 \$
Vida útil (Vu)	10000 h
Horas de trabajo anual	2304 h
Costo promedio piezas de recambio	1500 \$
vida útil de piezas de recambio	1000
Periodo de amortización (n)	5 años
Condiciones de utilización (Ku)	0.84
Costo diésel (Cd)	1.75 \$/galón
Interés anual (i)	10.21 %
Seguros e impuestos (Is)	0 %
Costo operador	1100 \$

Cálculo de la depreciación

Valor residual V_R

$$V_R = 0.2 * V_O$$

$$V_R = 0.2 * 68000$$

$$V_R = 13600$$

Valor por depreciarse V_D

$$V_D = V_O - V_R$$

$$V_D = 68000 - 13600$$

$$V_D = 54400$$

Para el cálculo de la depreciación se utilizó el método lineal

Método lineal. _ El desgaste de la maquina es menor al inicio de la vida útil y se incrementa con el paso del tiempo siendo mayor el desgaste al final de la vida útil.

Por lo tanto, se suman los años (1+2+3+4+5=15)

$$\text{Valor de depreciación anual} = \frac{\text{Parcial}}{\text{Total}} * V_D$$

$$\text{Valor de depreciación anual} = \frac{1}{15} * 54400$$

$$\text{Valor de depreciación anual} = 3626.67 \frac{\$}{\text{año}}$$

La depreciación de la maquinaria será de forma gradual como se muestra en la tabla

Anexo C7. Depreciación de la maquinaria

Año	Depreciación anual	Depreciación acumulada	Valor residual
0			68000
1	3627	3627	64373
2	7253	10880	57120
3	10880	21760	46240
4	14507	36267	31733
5	18133	54400	13600

Costo por depreciación (C_D)

$$C_D = \frac{V_D}{V_U}$$

$$C_D = \frac{54400}{10000}$$

$$C_D = 5.44 \text{ \$/h}$$

Inversión anual media ($I.M.A$)

$$I.M.A = \frac{V_0 * (n + 1)}{2 * n}$$

$$I.M.A = \frac{2600 * (5 + 1)}{2 * 5}$$

$$I.M.A = 40800 \text{ \$/h}$$

Costo capital (C_C)

$$C_C = \frac{IMA * i}{\text{horas de trabajo anual}}$$

$$C_C = \frac{40800 * 10.21\%}{2304}$$

$$C_C = 1.81 \text{ \$/h}$$

Costo por seguro e impuestos I (C_C)

$$C_C = \frac{IMA * s}{\text{horas de trabajo anual}}$$

$$C_C = \frac{40800 * 0\%}{2304}$$

$$C_C = 0.00 \$/h$$

Anexo C8. Costo por posesión de la maquinaria

Costo	Costo horario (\$/h)
Costo por depreciación	5.44
Costo capital	1.81
Costo por seguros e impuestos	0.00
TOTAL COSTO POR POSESIÓN	7.25

Costo por operación

Costo por combustible ($C_{combustible}$)

$$C_{combustible} = 0.22 * P(HP) * F.c * P.c$$

$$C_{combustible} = 0.22 * 185 * 0.18 * 1.75$$

$$C_{combustible} = 12.95 \$/h$$

Debido a que las operaciones se desarrollan en una condición media, se utilizara el factor de 1/3 por el costo horario de combustible para hallar el costo horario de lubricantes

Costo por lubricantes ($C_{lubricantes}$)

$$C_{lubricantes} = 1/3 * C_{combustible}$$

$$C_{lubricantes} = 1/3 * 12.95$$

$$C_{lubricantes} = 4.27 \$/h$$

Costo por filtros y grasas ($C_{filtros\ y\ grasas}$)

$$C_{filtros\ y\ grasas} = 0.2 * C_{combustible}$$

$$C_{filtros\ y\ grasas} = 0.2 * 12.95$$

$$C_{filtros\ y\ grasas} = 2.59 \$/h$$

Costo por mantenimiento ($C_{mantenimiento}$)

$$C_{mantenimiento} = \frac{K_u * V_D}{V_U}$$

$$C_{mantenimiento} = \frac{0.84 * 54400}{10000}$$

$$C_{mantenimiento} = 4.59 \$/h$$

Costo por piezas de recambio (C_{piezas})

$$C_{piezas} = \frac{\text{Costo promedio de piezas}}{V_U \text{ de piezas}}$$

$$C_{piezas} = \frac{1500}{1000}$$

$$C_{piezas} = 1.5 \$/h$$

Costo de operador ($C_{operador}$)

$$C_{operador} = \frac{\text{Salario mensual}}{\text{horas mensuales}}$$

$$C_{operador} = \frac{1100}{192}$$

$$C_{operador} = 5.73 \$/h$$

Resumen de los costos de operación de la excavadora Volvo EC240CL

Anexo C9. Costos de operaciones de la maquinaria

Costo	Costo horario (\$/h)
Costo por combustible	12.95
Costo por lubricantes	4.27
Costo por filtros y grasas	2.59
Costo por mantenimiento	4.59
Costo por piezas de recambio	1.5
Costo operador	5.73
TOTAL COSTO POR OPERACIÓN	31.61

Costo horario de la maquinaria

Anexo C10. Costo horario de la maquinaria

Costo por posesión	7.25
Costo por operación	31.63
Costo total	38.88

Costos administrativos (2%)

$$C_{\text{horario}} = 2\% * \text{costo total}$$

$$C_{\text{horario}} = 2\% * 38.88$$

$$C_{\text{horario}} = 39.66 \text{ \$/h}$$

Costo de mantenimiento de la vía

Para el mantenimiento de la vía se alquilan diferentes equipos, a continuación, se detalla el uso de cada caminaria y el tiempo utilizado

Anexo C11. Resumen de los costos del mantenimiento de vías

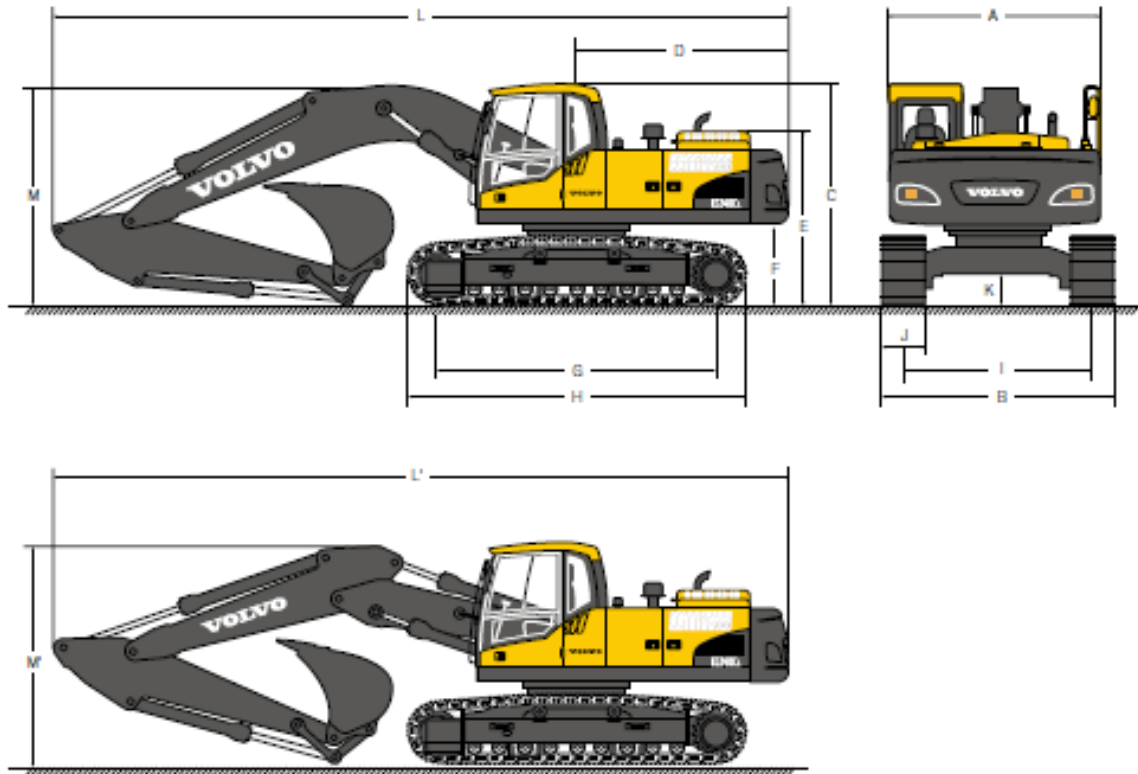
Equipo	valor unidad	Tiempo (horas)	Subtotal
Motoniveladora	40 \$/h	24	960
Rodillo	35 \$/h	19	665
Tanquero	40 \$/u	16	640
Gallineta	30 \$/h	1.5	45
Volqueta	10 \$/u	139	1390
Cargada	6 \$/u	139	834
Total			4534

Cálculo de Patentes

Anexo C12. Cálculo de patentes

	Fórmula	Total
Patente minera	$425 * 2\% * 76$	646
Patente ambiental	$425 * 76 / 10$	3230

ANEXO D. Especificaciones de la excavadora Volvo EC240CL

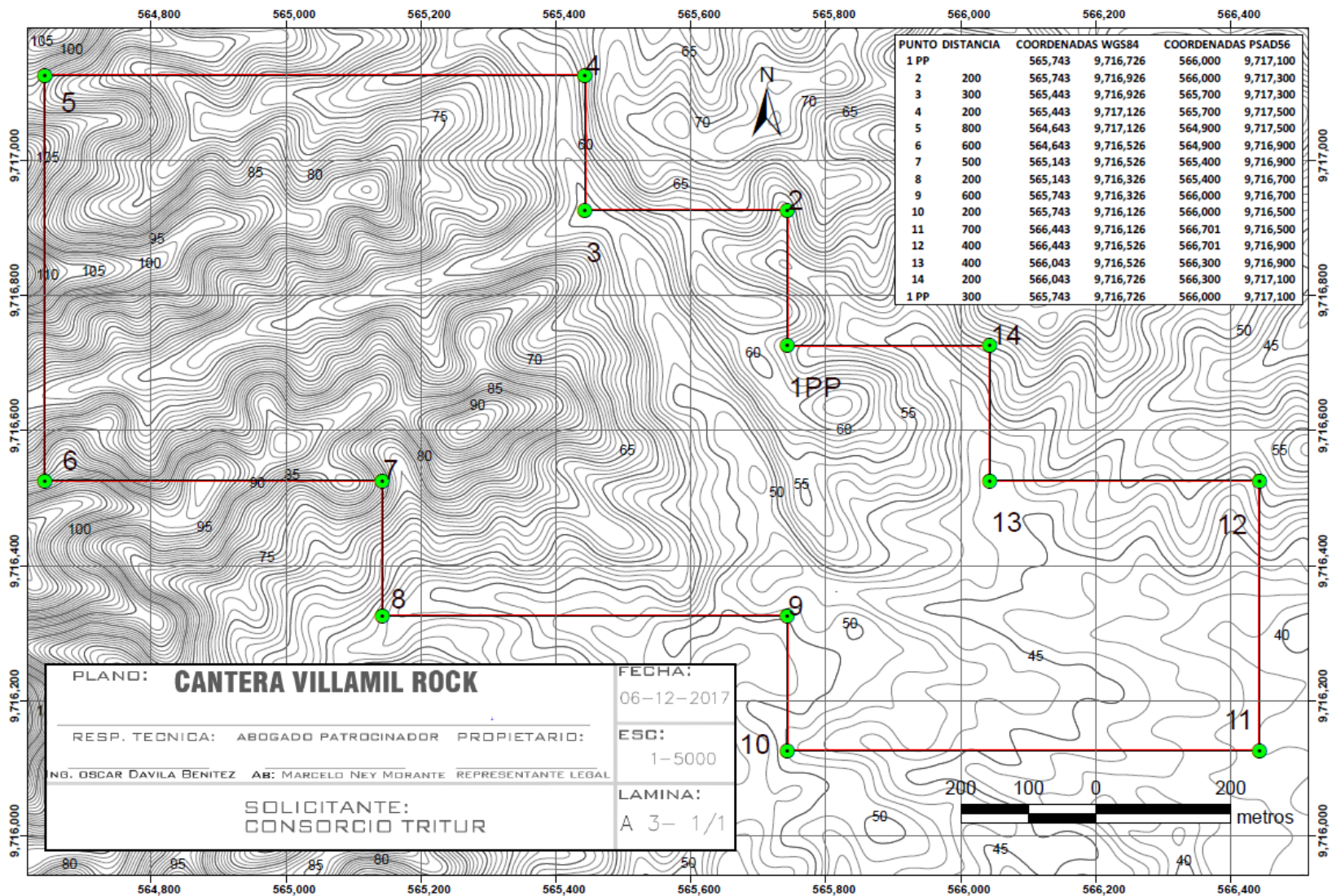


Descripción		EC240C L		
		Pluma de 6,0 m		
		Brazo de 2,5 m	Brazo de 2,97 m	Brazo de 3,6 m
A. Ancho total de la estructura superior	mm	2 800	2 800	2 800
B. Ancho total	mm	3 190	3 190	3 190
C. Altura total de la cabina	mm	2 990	2 990	2 990
D. Radio de giro de la parte posterior	mm	2 960	2 960	2 960
E. Altura total del capó	mm	2 370	2 370	2 370
F. Altura del contrapeso *	mm	1 080	1 080	1 080
G. Distancia entre ejes	mm	3 850	3 850	3 850
H. Longitud de la cadena	mm	4 650	4 650	4 650
I. Ancho entre centros de las cadenas	mm	2 500	2 500	2 500
J. Ancho de las tejas	mm	600	600	600
K. Altura mínima del suelo *	mm	470	470	470
L. Longitud total	mm	10 220	10 130	10 195
L'. Longitud total	mm	10 170	10 130	10 135
M. Altura total de la pluma	mm	3 220	3 040	3 220
M'. Altura total de la pluma	mm	3 240	3 160	3 380

* Con tejas lisas

ANEXO E. Polígono de la concesión “Villamil Rock”

CANTERA VILLAMIL ROCK



ANEXO F. Mapa geológico de la concesión “Villamil Rock”

