

INTRODUCCIÓN

Las actividades antropogénicas han traído consecuencias nefastas al medio ambiente, el hombre en su afán de lucro y de satisfacer sus necesidades, extrae de la naturaleza de manera indiscriminada los minerales y otros recursos. Sin embargo, la tendencia a escala mundial es la preservación y conservación de los recursos naturales, con el fin de aminorar el impacto ambiental mediante la puesta en práctica de planes y programas de explotación minera con un riguroso enfoque ambientalista, apegado a la legislación vigente en materia de afectación de los recursos naturales, sin descuidar el aspecto técnico para que esta actividad sea rentable.

La presente investigación busca precisamente combinar los aspectos técnicos con el manejo idóneo de los recursos minerales del río Tuy. En este sentido, la Arenera Araguaita bajo la dirección de concretos y agregados de Venezolana de Cementos (VDC) filial de la Corporación Socialista del Cementos (CSC), está ubicada en el sector Araguaita, troncal número 12 en el Municipio Acevedo del estado Miranda, se persigue sustituir la retroexcavadora por una dragalina para mejorar la operatividad de la explotación de las nueve (9) trincheras, ubicadas en la sección del río Tuy permitida para la extracción del material.

Esto indica que se deben conjugar los factores técnicos-ambientales con la finalidad de lograr la sustentabilidad de la explotación. Para ello, se requiere realizar meticulosamente todos los cálculos de manera sistemática para tener conocimiento preciso sobre la maquinaria, equipos y herramientas que se requieren. Con la finalidad de comparar las condiciones actuales de la Arenera antes y después de la implementación de la Dragalina.

La investigación se desarrolla en cinco Capítulos, en el Capítulo I está descrito el problema, la justificación y los objetivos del trabajo. En el Capítulo II se desarrolla las bases teóricas que permitirán entender este trabajo, mientras que en el tercer Capítulo se expone el Marco Metodológico, donde se expone el tipo de investigación, las fórmulas que me permitan desarrollar el trabajo, los resultados y análisis de los mismos estarán descritos en los capítulo VI y V respectivamente.

CAPITULO I
GENERALIDADES

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En toda actividad económica es fundamental la productividad, el sector minero no escapa de esta realidad, por lo tanto el uso del conjunto eficiente de maquinarias, equipos y el recurso humano juegan un rol primordial en este tipo de explotación; en efecto, la sinergia de los factores de producción va a permitir la optimización del proceso productivo y disminuir los costos totales en el tiempo de vida útil. En el caso de la minería aluvional cuyo método de explotación consiste en el dragado del río Tuy, el cual se divide en nueve trincheras que se encuentra distribuida en el cauce del río que abarca una extensión de 1000m permitida para la extracción de material. Otro aspecto a tomar en cuenta es el período o lapso de recuperación del mineral en las trincheras para poder ser extraído, el cual debe durar un tiempo prudencial para extraerlo.

La Planta Arenera Araguaita bajo la dirección de concretos y agregados de Venezolana de Cementos filial de la Corporación Socialista del Cementos, está ubicada en el sector Araguaita en el Municipio Acevedo del estado Miranda. Esta concesión minera cuya explotación por empleo de una dragalina ó con máquina tipo excavadora hidráulica de orugas con capacidades de baldes de 3m^3 a 1m^3 , ambas se utilizan para la explotación aluvional del río Tuy, en este caso, el procedimiento de explotación está representada en una secuencia de trabajo aguas abajo que está conformada por nueve (9) trincheras, cada trinchera se utilizan como fuentes de depósitos producto de la reposición de arenas y gravas de arrastre del río. En este sentido, la producción de arena lavada está relacionada al material de arrastre que aporta el río y las capacidades de carga y acarreo de los equipos presentes.

En la actualidad la trinchera N° 1 no se ha trabajado ya que actualmente no cuenta con el permiso otorgado por el Ministerio del Ambiente. Esto ha traído como consecuencia la acumulación de sedimentos sólidos, orgánicos e inorgánicos, que están empujando todo el caudal de agua sobre la parte externa del meandro, erosionando toda esa zona, la erosión en vez de desarrollarse aguas abajo se ha

desarrollado aguas arriba, originando una erosión regresiva, al llegar el invierno la erosión puede ser mucha más fuerte. La prioridad es eliminar el meandro y encauzar el río a su posición original, sin embargo, con la excavadora empleada actualmente para la extracción del mineral no puede realizar este trabajo porque no fue diseñada para este tipo de operación.

La excavación con el empleo de la excavadora hidráulica se ve limitada a su alcance horizontal y su aporte de material poco gradado; en cambio el empleo de una dragalina mejora el proceso con un alcance horizontal mayor y con las condiciones fluviales del río, otorgando un mejor material bien gradado. Ante esta realidad surge la inquietud de realizar la implementación de una dragalina como método de explotación con capacidad de balde que equilibre el proceso de beneficio mineral.

Con la implementación de una dragalina se estima aumentar los niveles de extracción de material todo en uno, la evaluación de las operaciones mineras, así como también las mediciones de los indicadores de mantenimiento y de productividad, todo esto auspiciado por el uso racional y protección del medio ambiente.

1.2. ALCANCE

Este trabajo de investigación se fundamentará en la implementación de una dragalina y se desarrollará con información obtenida a partir de visitas al campo, consultas técnicas, revisión de reportes sobre el proyecto Arenera Araguaita para realizar estimaciones de las operaciones mineras, evaluación fluvial del río, indicadores de mantenimiento y productividad.

Este estudio se circunscribe al área operativa de la Arenera Araguaita bajo la dirección de concretos y agregados de Venezolana de Cementos (VDC) filial de la Corporación Socialista del Cementos (CSC), está ubicada en el sector Araguaita, troncal número 12 en el Municipio Acevedo del estado Miranda

1.3. JUSTIFICACIÓN

La presente investigación tiene como finalidad la elaboración de un estudio técnico para la implementación de una dragalina como método de dragado en la arenera Araguaita, con miras a incrementar la extracción de material todo en uno, actualizar los datos de las operaciones mineras, tales como: estimación de reservas probadas, evaluación fluvial del río, los tiempos de arranque, carga y acarreo de material y los indicadores de mantenimiento y productividad.

Estos datos técnicos son de gran utilidad para la planificación de las operaciones mineras y obtener mayor beneficio del producto a menor costo. Haciendo uso eficiente de la maquinaria empleada en la extracción de material y en concordancia con las normas de protección del medio ambiente tipificadas en la legislación venezolana vigente, en materia de afectación de recursos naturales y explotación minera.

1.4 LIMITACIONES

- La principal limitación de esta investigación fue, los niveles de inseguridad de la zona.
- El laboratorio de aseguramiento para la calidad de la arena, para el momento de la recolección de algunos datos estaba cerrado, dichos datos fueron proporcionados por la empresa.

1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1 OBJETIVO GENERAL:

- Implementar una dragalina como método de explotación de arena en el río Tuy

1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Analizar la información recopilada de las operaciones mineras de los equipos usados en la planta arenera Araguaita perteneciente a la Corporación Socialista del Cemento S.A.C.A.

- Calcular los parámetros de operatividad de los equipos de carga y acarreo, indicadores de mantenimiento tales como; disponibilidad mecánica, utilización efectiva.
- Calcular a través de fórmulas la cantidad de camiones y equipos necesarios para las operaciones mineras actuales para la extracción de agregados en el río Tuy.
- Comparar las alternativas técnicas de explotación de agregados en fuentes aluvionales

1.6. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

- De Santis (2014). “Estudio de reservas probadas y obras de control en un tramo del río Tuy, aguas abajo del puente Araguaita, Edo. Miranda”. En este informe que se presenta a continuación representa y contiene, la secuencia semestral de evaluación fluvial, con los resultados del seguimiento que se realiza al río Tuy en el tramo que explota la empresa Venezolana de Cementos que de acuerdo a lo exigido en el permiso ambiental, procedimos a realizar los controles, mediciones e inspecciones necesarias a los fines de presentar la situación hidráulico fluvial del río mediante el levantamiento directo de secciones transversales al cauce y refiriéndolas a las realizadas durante los últimos años para el cálculo del volumen de reservas probadas.
- Venezolana de Cementos (VDC) (2014). “Plan anual de explotación correspondiente al periodo 2014 – 2017”. El presente plan de explotación para la arenera abarca el período 2014 – 2017. Este plan se ajusta a los lineamientos y especificaciones técnicas establecidas por los diferentes entes

gubernamentales con el propósito de la obtención del Informe Favorable. Se ha proyectado la explotación de 240.000,00m³ al año de material todo-uno del lecho del río, en una relación del 45 % de arena con respecto al todo-uno, con la finalidad de cubrir las expectativas de producción de la empresa.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

2.1.2. LOCALIZACIÓN

La arenera está localizada en el Municipio Autónomo Acevedo, del Estado Miranda, dentro de los terrenos de la Hacienda “San Antonio Abajo”, según documento protocolizado por ante la oficina subalterna de Registro del Distrito Acevedo del Estado Miranda cuyos linderos, medidas y demás determinaciones son las siguientes:

Norte, con la carretera Nacional Caucaagua - Fila de Jorge; **Sur**, con el río Tuy; **Este**, con terrenos de la Municipalidad y **Oeste** con el río Tuy hasta el punto donde lo atraviesa el puente de la Carretera Nacional Caucaagua, troncal número 12 – Fila de Jorge, como se muestra en la figura N° 1.

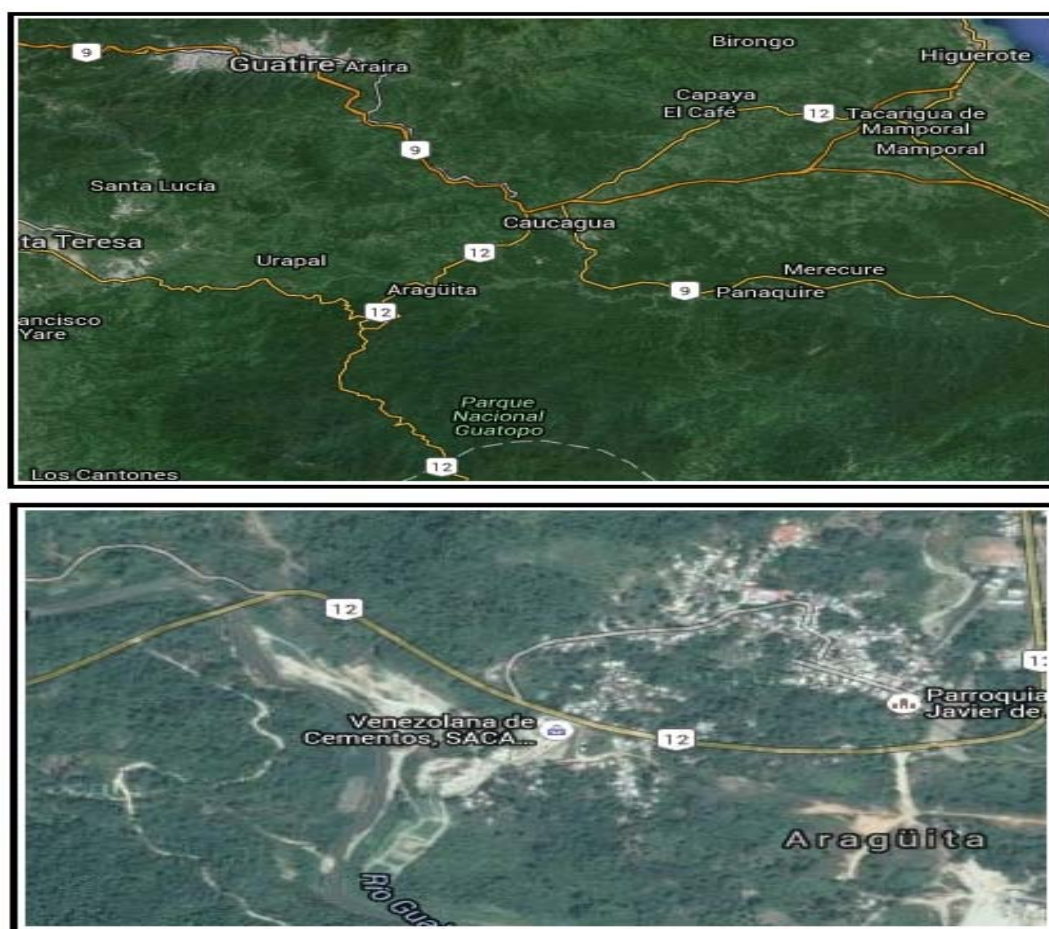


Figura N° 01. Ubicación VDC. Fuente: tomado de: Google maps.

2.2. ACCESO

El acceso hasta el área de la arenera se realiza mediante la vialidad nacional Caucagua - Guatopo al poblado de Araguaita, a través de una carretera de 13,00km asfaltada en su totalidad.

2.2.1. TENENCIA DE LA TIERRA

El área donde se ubica la arenera forma parte de una mayor extensión de terrenos pertenecientes a la Hacienda “San Antonio Abajo” el cual consta de un área total de 9 hectáreas, según como se observa en el documento protocolizado por ante la oficina Subalterna de Registro del Distrito Acevedo del Estado Miranda en fecha 02 de Mayo de 1984 bajo el No 14, folios 42 Vto. al 46 Protocolo 1º; Tomo 2º.

2.2.2. ÁREA TOTAL AFECTADA POR LA ACTIVIDAD MINERA

La actividad minera NO ha ocasionado la afectación directa (frentes de explotación) de aproximadamente 9 hectáreas. De las cuales la arenera ocupa para su funcionamiento un área de 2,00 Ha. La zona propuesta para la explotación en el cauce del Río abarca una extensión de 1.000 metros, en el sitio de ubicación de la planta y el patio de almacenamiento ocupa una superficie de 1 Ha., se calcula que el área de vialidad existente y a construir suma 5.000 m².

2.3. GEOLOGÍA

2.3.1. GEOLOGÍA REGIONAL

El área donde está ubicada la arenera forma parte de la Formación Guatire la cual se describe a continuación:

En la cuenca de Guarenas – Guatire y en parte de la cuenca de Caucagua afloran sedimentos poco consolidados de origen continental conocidos como Formación Guatire, consistente en gravas y conglomerados en capas de más de un 1m de espesor, que pasan progresivamente a arenas, limos laminados y arcillas hacia el centro de la cuenca.

La localidad tipo de la Formación Guatire se encuentra en la carretera Caucagua – Guatire entre el contacto discordante sobre las rocas metamórficas presentes en el sitio El Rodeo, hasta el contacto con los aluviones del río del Norte, unos 500m antes de Guatire. La acción se caracteriza por seis secuencias de conglomerados e intercalados de arena y limos.

Las secuencias se inician con un conglomerado grueso polimixto mal escogido, de unos 5 a 10m de espesor, generalmente seguido por gravas y arenas progresivamente más finas, hasta limos laminados. La localidad tipo descrita no caracteriza a la unidad. Hacia el suroeste hay mayor proporción de carbonato de calcio, con capas de calizas, margas y conglomerados cementados y hacia el centro de la cuenca se encuentran espesas capas de arcillas laminares.

Los conglomerados y gravas presentan capas de espesores individuales variables hasta 3m, en paquetes de hasta 50m, que alcanzan un 30% en volumen de la formación, están mal seleccionados, con matriz en el rango de arena fina-arcilla y a veces se encuentran cementados; los colores varían entre amarillo verdoso y amarillo gris, con cierto grado de oxidación por meteorización. Las arenas y limos constituyen alrededor del 26% en volumen de la unidad. Las arenas se presentan en capas de espesores variables de hasta 6,00m con estratificación interna pobre, colores gris amarillento a amarillo verdoso, frecuentemente oxidadas y su composición es de arenas líticas arcósicas mal escogidas con asimetría hacia lo fino.

Las arcillas de la Formación Guatire constituyen 40% del volumen total; algunas capas sobrepasan los 20m, de espesor, muestran laminación, su composición mineralógica es de caolinita y clorita y su color varía de gris amarillento a gris moderado. Las calizas están ubicadas al suroeste de la cuenca y constituyen 2% del volumen de la formación; se presentan en capas de 50cm. hasta 2m son de colores gris oliva claro a gris amarillento, criptocristalinas, compuestas por calcita micrítica con bioclastos, con fósiles de Hemisnus de 2 a 3mm de longitud.

El espesor de la unidad, obtenido por mediciones gravimétricas, es de 200m en el centro de la cuenca con un máximo de 270m al suroeste de Guatire.

La Formación Guatire es discordante sobre las rocas metamórficas del Grupo Caracas en un graben asimétrico limitado por fallas este-oeste, en forma similar al Valle de Caracas y su edad puede ser Pleistoceno Superior, aunque los fósiles encontrados no son diagnósticos.

2.3.2. GEOLOGÍA LOCAL

El sector de la arenera “**Araguita**” destinado a la explotación está constituido por depósito de río, en donde predominan las arenas, gravas y peñones, con moderado contenido de arcilla, limo y materia orgánica. La arena está compuesta principalmente por granos de cuarzo y fragmentos de rocas metamórficas.

Las gravas y peñones están representados por clastos de esquistos, filitas, gneis y cuarcitas; encontrándose algunos fragmentos de calizas y areniscas.

El origen de estos sedimentos recientes está determinado por las diferentes formaciones que atraviesa el río Tuy y sus afluentes, desde su nacimiento en el Estado Aragua, pasando en su recorrido por las formaciones metamórficas de la Cordillera de la Costa y por las unidades sedimentarias de la cuenca.

En las márgenes del río Tuy cerca de la zona de saque, se encuentra algunos afloramientos de lutita de color pardo rojizo, pobremente estratificada, en capas masivas, arenáceas, con guijarrones diseminados de cuarzo y fragmentos de rocas metamórficas de hasta 2cm de diámetro.

Estas capas de lutitas pueden correlacionarse con la unidad sedimentaria de la Formación Caucagua, de edad Pleistoceno.

2.4. HIDROLOGÍA

El eje hidrológico principal de la zona está constituido por el río Tuy, en el cual se encuentra ubicado el sitio de estudio adyacente al puente denominado Araguaita.

Sobre el tramo a intervenir descargan tres pequeñas quebradas una con nombre desconocido desembocando en la base derecha del puente y las otras llamadas Don Jorge y Juana, desembocando al final del tramo a explotar.

Se debe tomar en cuenta que los sedimentos que arrastra el río Tuy no provienen de las labores de explotación (minerales no metálicos), sino que son consecuencia de las características propias de las rocas y por toda la intervención antropogénicas existente desde la parte más alta de la cuenca como de urbanización, cultivos, vías, etc., por lo cual las labores de extracción en el lecho de río se propone de manera ordenada, para no afectar así el volumen ni la dirección del agua de escorrentía del río.

La baja pendiente que representa el río Tuy en el sector correspondiente a la arenera, lo convierte en un sitio natural de deposición de material, por lo que el proceso de extracción no lleva a un aumento de la capacidad erosiva del río Tuy.

2.5. SOCAVACIÓN GENERAL

Según Gil, S. B. (2013), indica que la socavación general es aquella disminución en el nivel base del lecho del cauce como consecuencia de aumento en la velocidad y el esfuerzo cortante del flujo en el lecho, que pone en movimiento las partículas de fondo y de los márgenes que se encuentran en equilibrio, indistintamente de la presencia o no de cualquier estructura antropogénicas.

Los cambios ocasionados por la socavación general a diferentes escalas espaciales son proporcionales a la escala temporal en que ocurren, es decir, cambios en los patrones de drenaje y perfiles longitudinales en una cuenca varían en escalas de tiempo geológicos. A escala de tramo, el alineamiento de un cauce puede variar desde años a siglos, cambios en la sección transversal pueden ocurrir de días a años.

Tabla N° 01. Clasificación de los cauces de los ríos según L. L. Lischtvan Levediev. Fuente:

	Cauce	Material de fondo	Distribución de materiales en el fondo
Socavación general	Definido	Cohesivo	Homogéneo
			Heterogéneo
		No Cohesivo	Homogéneo
			Heterogéneo
	Indefinido	Cohesivo	Homogéneo
			Heterogéneo
		No Cohesivo	Homogéneo
			Heterogéneo

En la tabla N° 01, se observa algunos criterios que existen para determinar la socavación general. Donde el tipo de cauce es definido ya que tiene un canal geométrico, el río tiene un ancho y una profundidad constante. El material de fondo es no cohesivo; granular y Heterogéneo está dirigido a propiedades de tamaño.

2.6. SISTEMA DE EXPLOTACIÓN

Se llevará a cabo con el sistema denominado a “Cielo Abierto”, utilizando actualmente el método de dragado mediante uso de una excavadora marca XCMG modelo XE-230 con capacidad nominal del cucharón de 1m³. La explotación se ha proyectado mediante la conformación de nueve (9) trincheras ubicadas en el tramo del río Tuy comprendidas entre las progresivas 0+254 y 0+884 desde el puente Araguaita.

2.7. PLANTA DE BENEFICIO

La planta de beneficio por la vía humedad se encarga de hacer el lavado del material todo en uno para procesar los finos y los gruesos, en ese proceso ocurre una clasificación de los finos y ocurre una clasificación y/o trituración de los gruesos, como se muestra en la figura N° 02.

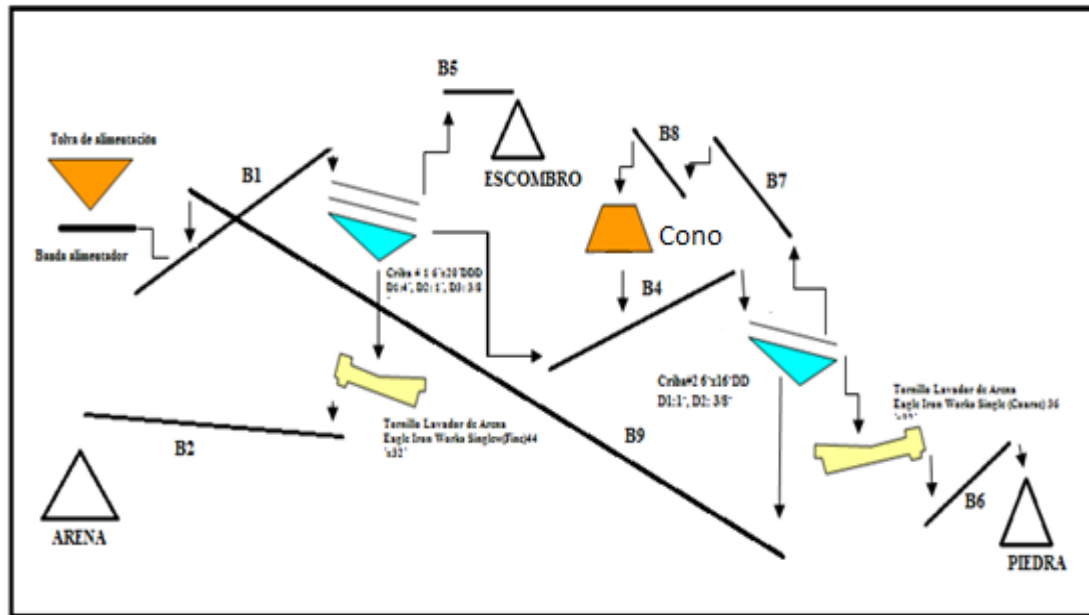


Figura N° 02. Flujograma del proceso de planta de beneficio para procesar arena lavada

2.8. FLUJOGRAMA DE OPERACIONES

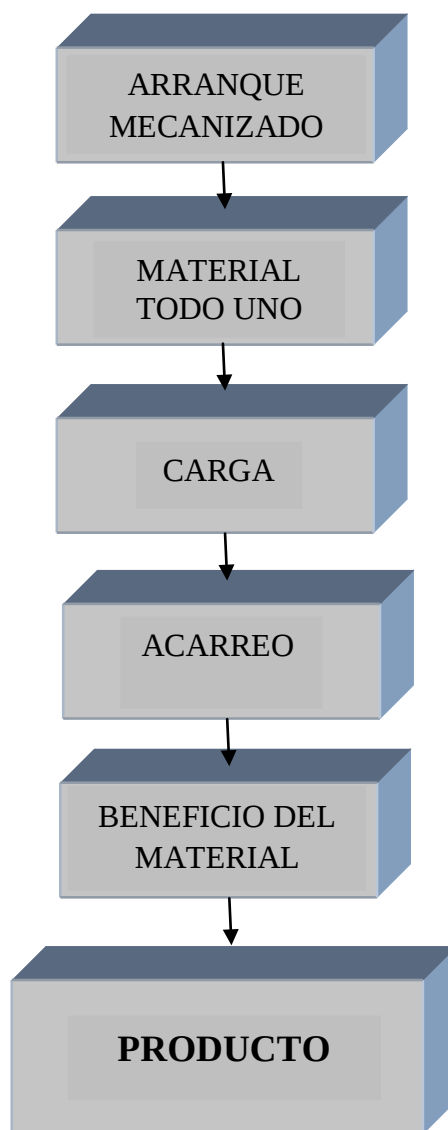


Figura N° 03. Etapas de la Operación. Fuente: propia

En la figura N° 03, se refleja las etapas y operaciones que se realizan en la Arenera Araguaita para la extracción y procesamiento del material no metálico.

2.9. OPERACIONES BÁSICAS

El ciclo de explotación minera se puede definir como una sucesión de fases u operaciones básicas aplicadas, tanto al material estéril como al mineral. Según las condiciones del proyecto que se esté llevando a cabo, existirán o no otras operaciones auxiliares o de apoyo cuya misión es hacer que se cumplan con la mayor eficiencia posible las operaciones básicas pertinentes. Tomado de: Instituto Geominero de España, 1994

Las fases que engloba el ciclo minero son, generalmente las siguientes:

- Arranque
- Carga
- Acarreo
- Descarga

El arranque, por necesidad, la primera de las operaciones para el movimiento de los materiales y consiste en fragmentar estos a un tamaño adecuado para su posterior manipulación por los equipos de fases sub siguientes.

El acarreo es la fase que posee en la actualidad una mayor repercusión económica sobre el ciclo de explotación y que puede cifrarse entre el 40 y el 60% del coste total e incluso de la inversión en equipos principales. Se basa en la extracción o desplazamiento de los diferentes materiales hasta las plantas de tratamiento, en el caso de los minerales o hasta los vertederos en el caso de los estériles.

Según que el transporte se lleve a cabo dentro de los límites propios de la explotación e instalaciones mineralúrgicas, o fuera de ellas, se suele hablar de transporte interno o externo.

De acuerdo con una serie de consideraciones específicas que se analizaran más adelante las combinaciones para cada grupo de máquinas, pueden ser las siguientes.

- a) La fase de arranque es efectuada por unidades distintas de las que realizan la carga y el transporte. Un caso puede ser, por ejemplo, aquel en el que el arranque lo hacen tractores de orugas, la carga palas de ruedas y el transporte

y vertido, volquetes el ciclo básico estará constituido por la agregación de las siguientes fases individualizadas:

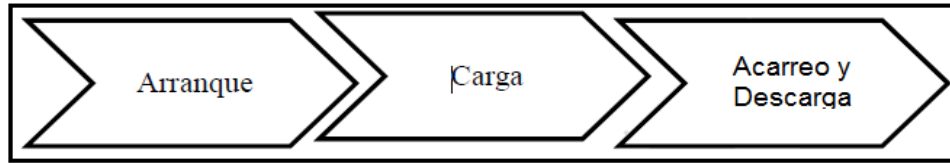


Figura N° 04. Ciclo separado. Tomado de: Estudios mineros del Perú S.A.C, (s/f).

- b) Que el mismo equipo realice el arranque y también la carga, como sucede, por ejemplo, con las rotopalas, las excavadoras o minadores, que arrancan y cargan simultáneamente. En este caso el transporte lo realizan otras unidades independientes:



Figura N° 05. Ciclo mixto. Tomado de: Estudios mineros del Perú S.A.C, (s/f).

- c) Que una misma máquina, debido a sus propias características constructivas y funcionales, realice por si solo el arranque, carga y transporte. Esto sucede con las mototraíllas y con las rotopalas de brazo de descarga directo:

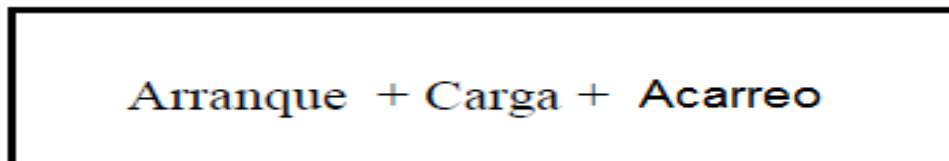


Figura N° 06. Ciclo combinado. Tomado de: Estudios mineros del Perú S.A.C, (s/f).

2.10. EQUIPOS DE CARGA

Según Navas, J. (2012). Es una máquina sobre neumáticos u orugas, con una estructura capaz de girar al menos 360° (en un sentido y en otro y de forma ininterrumpida) que excava terrenos, o carga, eleva, gira y descarga materiales por la

acción de la cuchara, fijada a un conjunto formada por pluma y brazo o balancín sin que la estructura portante o chasis se desplace.

Existen principalmente tres configuraciones básicas de excavadoras:

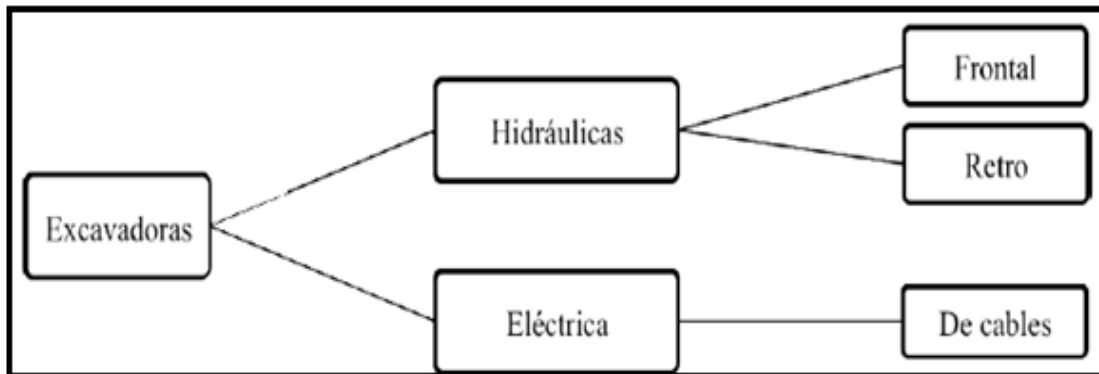


Figura N° 07. Configuraciones básicas de excavadoras. Tomado de: Navas, J. (2012).

La diferencia de diseño entre estas unidades se agrupa en el sentido de movimiento de los baldes y en la geometría de los equipos de trabajo (figura N° 8). La operación se representa, los tres diseños difieren en la acción de excavación y perfil de trabajo.



Figura N° 08. Excavadora frontal, excavadora y pala de cable. Tomado de: Navas, J. (2012).

2.11 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA EXCAVADORA

Ventajas

- Funcionamiento continuo
- Puede operar un banco o talud.

Desventajas

- No puede cavar materiales duros.
- Se tiene que contar con la preparación de la superficie a excavar
- Poca movilidad

2.12. CARGADORES FRONTALES

Los cargadores frontales son máquinas de uso frecuente en construcción, minería y otras actividades propias de la construcción de edificios y de grandes superficies.

Los cargadores frontales están capacitados para efectuar las siguientes operaciones:

- Carga de camiones, vagones o tolvas
- Carga y transporte, eliminando en cortas distancias el empleo de camiones.
- Como máquina auxiliar: limpieza de tajos antes de la voladura, preparación de rampas, apertura de tajos, construcción y limpieza de pistas de transporte, entre otros.
- Como máquina de empuje hasta cierto punto, sustituyendo a los tractores: limpieza de los tajos de carga después de efectuar la voladura y realizando la carga combinada con la excavadora, extendido en la escombrera, entre otros.

Existen dos tipos de unidades, que se diferencian en el tren de rodaje (figura N° 9): cargador frontal de orugas y de ruedas.

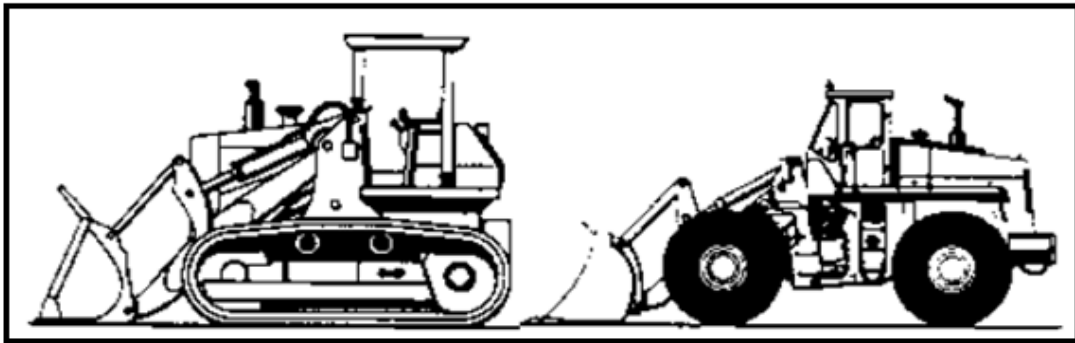


Figura N° 09. Cargador frontal de orugas y de ruedas. Tomado de: Instituto Geominero de España, 1994

2.13. DRAGALINA

Las dragalinas son usadas como equipos de excavación terrestre de materiales sueltos, son equipos que se aplican directamente en la minería y puede tener usos para la ingeniería civil. El proceso de una dragalina es principalmente una grúa equipada con una cuchara que se lanza para recuperar material, el material extraído se verta a orilla de playa para su posterior transporte. La dragalina posee una pluma de gran longitud, tiene un cable de elevación donde se suspende una cuchara, que una vez depositada en el fondo se desplaza mediante el cable de arrastre. La dragalina trabaja desde la tierra. En la figura N° 10, muestra una Dragalina marca Sennebogen 660HD que pertenece a la arenera adjunta a la planta Araguaita.



Figura N° 10. Dragalina. Fuente: Propia

2.13.1. TIPOS DE UNIDADES

La variedad de equipos y métodos de dragado es muy amplia como se muestra en la figura N° 11, su clasificación será según el método utilizado para la excavación del material en dragas mecánicas o hidráulicas. En la variedad de equipos de dragado existentes se especializan en una de las tres fases de operación (excavación, transporte o vertido), pero otras son capaces de realizar todo el conjunto de la operación sin necesitar instalaciones auxiliares.



Figura N° 11. Clasificación de las dragas. Fuente: <http://www.graduadosportuaria.com.ar>

2.13.2. PARTES DE UNA DRAGALINA

En la figura N° 12, se muestra las principales partes de una dragalina.

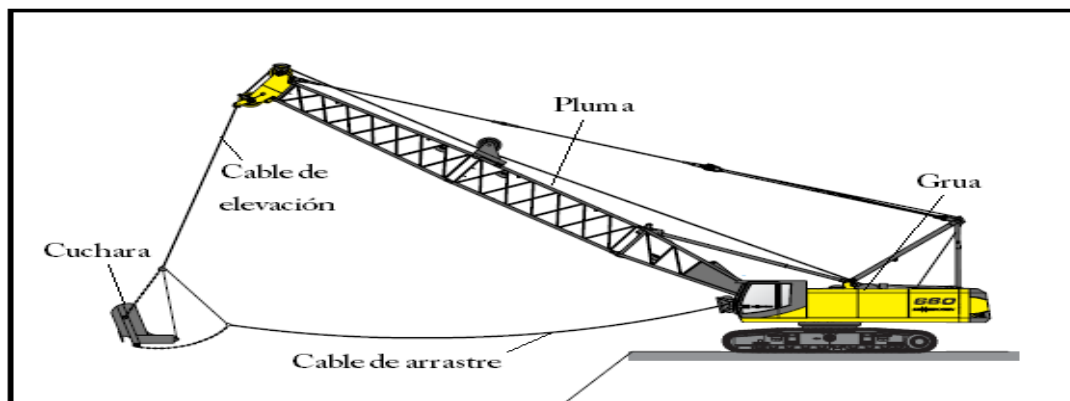


Figura N° 12. Partes de una Dragalina. Fuente: Manual Sennebogen 660HD

Herrera, J. (2006). El principio de trabajo es igual al de una excavadora normal, donde la cuchara describe en un plano vertical un arco que, con la ayuda de los dientes en cuyos extremos se concentran las fuerzas de excavación con altas cargas puntuales, permite arrancar una rebanada de material hasta llenarlo, como se muestra en la Figura N° 13.

La cuchara, una vez cargada, se eleva mediante los cables de accionamiento de la pluma, con el giro de unos 90° de la superestructura, se deposita el material en una embarcación próxima o a orilla de la playa conformada.

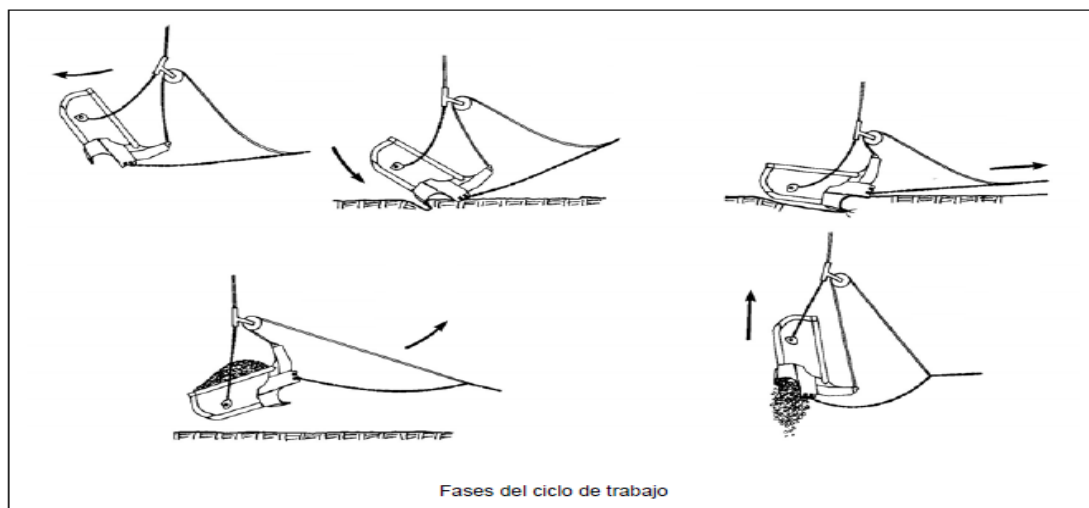


Figura N° 13. Detalles de la cuchara o balde. Tomado de: Herrera, J. (2006)

2.13.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA DRAGALINA

Según Herrera, J. (2006). Las principales ventajas que sobresalen del empleo de las Dragalinas son:

- Una gran simplicidad operativa con mínimo personal.
- Un reducido costo de operación.
- Posibilidad de excavar hasta 2/3 de la longitud de la pluma.
- Equipos de alta productividad.

- Una mayor flexibilidad de funcionamiento, que permitirá superar las variaciones no previstas del espesor del recubrimiento, prolonga la longitud del frente en cualquier sentido.
- Normalmente la incidencia del mantenimiento en el costo por metro cúbico es menor que para las excavadoras o las rotopalas, lográndose una mayor disponibilidad a largo plazo, algo mayor que las excavadoras y muchos mejor que las rotopalas.

Los mayores inconvenientes del uso de las Dragalinas se pueden resumir en:

- Una peor secuencia de trabajo con materiales de una mayor resistencia, que requieren perforación y voladura, aunque esta sea suave.
- Trabaja bien cuando el estéril sea blando y el mineral sea duro, pero en el caso contrario puede dar lugar a una cierta pérdida de calidad del mineral, por arrastrar una parte del mineral con el estéril.
- Gran valor de adquisición por lo que la inversión inicial es mayor que para una excavadora con igual capacidad de cucharón nominal.

2.14. MAQUINARIA DE TRANSPORTE

El transporte de materiales rocosos en las explotaciones mineras a cielo abierto, así como, se realizan con mucha frecuencia mediante el empleo de camiones volquetes, debido a la versatilidad que presentan:

Dentro del conjunto de los equipos de transporte tenemos:

2.14.1 CAMIÓN

Es el tipo de camión usado en la minería a cielo abierto para el acarreo de material. Están constituidos por una caja que se apoya sobre el chasis y que se bascula hacia atrás para la descarga, mediante unos cilindros hidráulicos como se observa en la figura N° 14.



Figura N° 14. Camión Mack. Fuente: Foto propia.

2.15. EQUIPOS DE OPERACIONES AUXILIARES

2.15.1. TRACTOR

Es un vehículo especial autopropulsado que se usa para arrastrar o empujar remolques, aperos, otra maquinaria o cargas pesadas. Hay tractores destinados a diferentes tareas, como, la construcción, el movimiento de tierras o los mantenimientos de espacios verdes profesionales (tractores compactos). Se caracterizan principalmente por su buena capacidad adherencia al terreno.

Su uso ha posibilitado disminuir de forma sustancial la mano de obra empleada, así como la mecanización de tareas de carga y de tracción.

Los tractores (figura N° 15) se subdividen en: tractores de orugas o de ruedas.



Figura N° 15. Tractor de oruga. Fuente: Foto propia

2.15.2. MOTONIVELADORA

Máquina autopropulsada sobre ruedas (figura N° 16), con una hoja ajustable situada entre los ejes delanteros y trasero que corta, mueve y extiende materiales con fines generalmente de nivelación de superficies.



Figura N° 16. Motoniveladora. Tomado de: <http://www.cat.com/>

2.16. BASES LEGALES

A los efectos de las normativas ambientales vigentes, se consideran las vinculaciones a la actividad en relación a los siguientes Decretos:

- Decreto 2219, normas para regular la afectación de los recursos naturales renovables asociada a la exploración y extracción de minerales.
- Decreto 2635: Mediante el cual se dictan las normas para el control de la recuperación de materiales peligrosos y el manejo de los desechos peligrosos.
- Decreto 2216: Mediante el cual se dictan las normas para el manejo de desechos sólidos de origen domestico, comercial, industrial o de cualquier otra naturaleza que no sean peligrosos.
- Decreto 638: Mediante el cual se dictan las normas sobre la calidad del aire y control de la contaminación atmosférica.
- Decreto 883: Mediante el cual se dictan las normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos.

- Decreto 2220: Mediante el cual se dictan las normas para regular las actividades capaces de provocar cambios de flujo, obstrucción de cauces y problemas de sedimentación.
- Decreto 2212: Mediante el cual se dictan las normas ambientales sobre movimientos de tierras y conservación ambiental.
- Decreto 2226: Mediante el cual se dictan las normas ambientales para la apertura de picas y vías de acceso.
- Decreto 1257: Mediante el cual se dictan las Normas sobre Evaluación Ambiental de Actividades Susceptibles de Degradar el Ambiente.

2.17 CLASIFICACIÓN DE LAS RESERVAS

Según Ministerio del Poder Popular para la Energía y Petróleo, (2005). Las reservas se clasifican en.

- **RESERVAS PROBADAS**

Volumen de mineral que se calcula usando como base los resultados obtenidos de los trabajos de muestreo y sondajes. Los estudios permiten establecer matemáticamente la geometría de la reserva, su volumen y la ley del mineral, por lo que se indica que se tiene certeza de su continuidad.

- **RESERVAS PROBABLES**

Volumen de mineral que se calcula en base a información menos exhaustiva que en el caso de las reservas probadas. Tanto la geometría, como el volumen de mineral y la ley han sido inferidos a partir de estudios preliminares, por lo que se indica que existe riesgo de discontinuidad.

- **RESERVAS POSIBLES**

Las Reservas Posibles son los volúmenes, asociados a acumulaciones conocidas, en los cuales la información geológica y de ingeniería indica (con un

grado menor de certeza al de las reservas probables) que podrían ser recuperados bajo condiciones operacionales y contractuales prevalecientes. Estas reservas podrían ser estimadas suponiendo condiciones económicas futuras diferentes a las utilizadas para las reservas probadas.

CAPITULO III
MARCO METODOLÓGICO

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación es de campo descriptiva. La investigación descriptiva según Hurtado (2012). “...el propósito es exponer el evento estudiado, haciendo una enumeración detallada de sus características, de modo tal que en los resultados se pueda obtener dos niveles, dependiendo del fenómeno y del propósito del investigador”. En este sentido el presente estudio es descriptivo porque se pretende realizar una caracterización de la maquinaria usada en las operaciones mineras realizadas en la planta arenera Araguaita.

La investigación de campo la define Tamayo (2009). “cuando los datos se recogen directamente de la realidad, por lo cual los denominamos primarios, su valor radica en que permite cerciorarse de las verdaderas condiciones en que se han obtenidos los datos”. Este estudio se enmarca dentro de la investigación de campo debido a que la información se obtiene directamente de la planta arenera Araguaita, perteneciente a Venezolana de Cementos S.A.C.A.

3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El tipo de diseño es no experimental. En cuanto al diseño no experimental y lo define Palella (2010) “Es el que se realiza sin manipular en forma deliberada ninguna variable. Se observan los hechos tal y como se presentan en su contexto real y en un tiempo determinado o no, para luego analizarlos”. Esta indagación es no experimental debido a que los datos se obtendrán sin ser alterados por el investigador y de las operaciones.

3.3. LAS TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

Según Fidias, A. (2012). Las técnicas de recolección de datos son las distintas formas o maneras de obtener la información. Son ejemplos de técnicas; la observación directa, el análisis documental, análisis de contenido, etc.

La técnica de recolección utilizada será la observación y el análisis documental. Con relación al instrumento se utilizará el diario de campo y los cuadros de registros de las operaciones mineras. Además, se utilizaran hojas de cálculos para el

almacenamiento de los datos y para la estimación de los cálculos de la evaluación fluvial y de las operaciones mineras.

3.4. ANÁLISIS DE DATOS

Datos suministrados por la empresa se aplicaron en las siguientes formular, tales como: el peso específico y el diámetro medio de la partícula (d_{50}).

3.4.1. RESERVAS EXPLOTADAS

Las reservas explotadas son el resultados de las evaluaciones fluviales realizadas cada 6 meses sobre la sección permitada para la extracción de material todo en uno en el río Tuy, el estudio se ha desarrollado los últimos 20 años en la empresa.

3.4.1.2. TIPO DE RÉGIMEN

Para el cálculo de tipo de régimen fluvial de tiene la ecuación N°1

$$Y_c = (Q_c / B_e)^{2/3} * 0,467 \quad (1)$$

Y_c = Profundidad del lecho socavable

Q_c = Caudal

B_e = Ancho efectivo del río

3.4.1.3. CURVA DE DESCARGA

Con la fórmula de Manning suponiendo un cauce o régimen realmente uniforme se tiene la ecuación N° 2.

$$Q_c = \frac{A \times R^{2/3} \times S^{1/2}}{n} \quad (2)$$

Q_c = Caudal

n = Coeficiente de Resistencia del flujo

A = Área de flujo

R = Relación entre el área de flujo y el perímetro mojado o radio hidráulico; A/P

S = Pendiente motriz en flujo uniforme se usa la pendiente del cauce, S_0

P_m = Perímetro mojado.

3.4.1.4. CALCULO DE LA SOCAVACIÓN GENERAL

Para el cálculo de la socavación general utilizaremos la ecuación LISCHTVAN LEVEDIEV y esta expresada de la siguiente forma: En la ecuación N°3

$$H_s = \frac{a * Y_n^{5/3}}{0,68 * (d_m)^{0,28} * \beta} \frac{1}{1 + x} \quad (3)$$

H_s = Socavación general medida desde el nivel de agua

$a = Q_d / (Y_m^{5/3} * C_c * B_e)$

Q_d = Caudal de diseño (Q_{10})

Y_m = Altura promedio del tirante de agua

d_m = diámetro medio en milímetros de los granos del fondo (d_{50}).

C_c = Coeficiente de contracción (0,80 – 1,00), se encuentra en Tabla N° 02

B_e = Ancho efectivo del río

Y_n = Profundidad de agua

x = exponente que depende para suelos no cohesivos, se encuentra en la tabla N° 03

β = coeficiente en función de la probabilidad de ocurrencia del caudal de diseño (0,7 – 1,1). Como se muestra en la tabla N° 04.

P_s = espesor que es tocado por la creciente, resultado de la diferencia de la socavación general (H_s) y la profundidad del agua (Y_n)

Tabla N° 02. Coeficiente de contracción (Cc).

Velocidad media en la sección, en m/seg	Longitud libre entre dos pilas, en metros (m)											
	10	13	16	18	21	25	30	42	52	63	106	124
Menor de 1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.00	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.50	0.94	0.96	0.97	0.97	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00
2.00	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99
2.50	0.90	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
3.00	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99
3.50	0.87	0.90	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99
4.00 o mayor	0.85	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	0.99

Tabla N° 03a. Valores de x y $1/(1+x)$ para suelos cohesivos en función al peso volumétrico (Y_m)

Suelos Cohesivos					
Y_m (mm)	x	$1/(1+x)$	Y_m (mm)	x	$1/(1+x)$
0.80	0.52	0.66	1.20	0.39	0.72
0.83	0.51	0.66	1.20	0.38	0.72
0.86	0.50	0.67	1.28	0.37	0.73
0.88	0.49	0.67	1.34	0.36	0.74
0.90	0.48	0.67	1.40	0.35	0.74
0.93	0.47	0.68	1.46	0.34	0.75
0.96	0.46	0.68	1.52	0.33	0.75
0.98	0.45	0.69	1.58	0.32	0.76
1.00	0.44	0.69	1.64	0.31	0.76
1.04	0.43	0.70	1.71	0.30	0.77
1.08	0.42	0.70	1.80	0.29	0.78
1.12	0.41	0.71	1.89	0.28	0.78
1.16	0.40	0.71	2.00	0.27	0.79

Tabla N° 03b. Valores de x y $1/(1+x)$ para suelos no cohesivos en función al diámetro medio (d_m)

Suelos No Cohesivos					
d_m (mm)	x	$1/(1+x)$	d_m (mm)	x	$1/(1+x)$
0.05	0.43	0.70	40.00	0.30	0.77
0.15	0.42	0.70	60.00	0.29	0.78
0.50	0.41	0.71	90.00	0.28	0.78
1.00	0.40	0.71	140.00	0.27	0.79
1.50	0.39	0.72	190.00	0.26	0.79
2.50	0.38	0.72	250.00	0.25	0.80
4.00	0.37	0.73	310.00	0.24	0.81
6.00	0.36	0.74	370.00	0.23	0.81
8.00	0.35	0.74	450.00	0.22	0.83
10.00	0.34	0.75	570.00	0.21	0.83
15.00	0.33	0.75	750.00	0.20	0.83
20.00	0.32	0.76	1000.00	0.19	0.84
25.00	0.31	0.76			

Tabla N° 04. Coeficiente en función a la probabilidad de ocurrencia.

Probabilidad anual (en %) de que se presenta el gasto de diseño	Coeficiente β
100	0.77
50	0.82
20	0.86
10	0.90
5	0.94
2	0.97
1	1.00
0.3	1.03
0.2	1.05
0.1	1.07

3.4.1.5. ARRASTRE DE SEDIMENTOS

Según Aguirre, J. (1980). Para el cálculo de arrastre de sedimentos utilizaremos la ecuación MEYER- PETER- FAVER- EINSTEIN con la finalidad de determinar la capacidad de recuperación del río por efecto natural o socavación y esta expresada de la siguiente forma: En la ecuación N° 4.

$$g = \frac{(q^{2/3} * S - a * d_m)^{2/3}}{b} \quad (4)$$

$$a = 9,57 f^{10/9} = \quad (5)$$

$$b = 0,462 f^{1/3} = \quad (6)$$

g = la tasa de transporte de fondo (la capacidad de recuperación del río)

f = Peso específico del sedimento sumergido

q = Gasto o caudal unitario

S = pendiente

d_m = Diámetro medio del sedimento (d_{50})

3.4.1.6. PROBABILIDAD DE OCURRENCIA (P)

Para calcular cual es la probabilidad de ocurrencia se tiene la siguiente ecuación:

$$P = 100 - ((1 - 1/n_i) * 100) \quad (7)$$

n_i = Periodo de retorno

3.5. CALCULO DE VOLUMEN POR EL MÉTODO DE SECCIONES PARALELAS

Se empleo el programa AutoCAD para el cálculo del volumen por el método de secciones paralelas. El programa divide el volumen total en secciones según los parámetros especificados, es decir según el paso y el plano en que dibujará las secciones.

El programa calcula el área 1 y área 2 y obtiene un volumen parcial por la formula siguiente:

$$V_p = \frac{(A_1 + A_2) * D}{2} \quad (8)$$

Dónde:

V_p = Volumen parcial

A_1 = Área de la primera sección

A_2 = Área de la segunda sección

D = Distancia o paso entre secciones

Y el **volumen total** de todo el cuerpo solido seria la suma de todos los volúmenes parciales.

$$V_t = \Sigma V_p \quad (9)$$

Los cálculos producto de este proceso con el software quedaran grabados en el portapapeles, para poderlos copiar en una hoja de texto.

3.6. SELECCIÓN DE EQUIPOS

- **Producción horaria**

La producción horaria consiste en la determinación de la cuantía de material mineral o estéril que se pretende explotar por hora y requiere de los siguientes datos, los cuales serán la producción anual necesaria, el número de días trabajados y la jornada diaria de 8 horas. (Escalante, K. 2011).

Utilizando la producción anual requerida, los días trabajados, las horas laborables y la eficiencia se determinará en el capítulo de resultados, la producción horaria que se requiere mediante la aplicación de la Ecuación N° 8. (Escalante, K. 2011).

$$\text{Producción Horaria} = \frac{\text{Producción Anual} * 100\%}{\text{N° de días trabajados} * \text{Horas turno} * \% \text{eficiencia}} \quad (10)$$

Aplicando la Ecuación N° 10, se determinará la cantidad de equipos de acarreo necesarios para esta operación.

$$\text{N° equipos} = \frac{\text{Producción Horaria (Ton/hora)}}{\text{N° ciclos/ hora * Ton de Material/ciclo}} \quad (11)$$

Para poder determinar el número de equipos se determinara el N° de ciclos por hora del equipo y la Tonelada de material/ ciclo. Estas se determinan aplicando las ecuaciones 10 y 11 respectivamente.

$$\text{N° Ciclos hora} = \frac{60 \text{ min hora} * \% \text{ Eficiencia hora}}{100\% * \text{tiempo de ciclo Total (min/ciclo)}} \quad (12)$$

3.7. CÁLCULO DE PRODUCCIÓN

3.7.1 PRODUCCIÓN DE EXCAVADORAS O DRAGALINA

Depende de la carga útil media del cucharón, el tiempo medio del ciclo y la eficiencia del trabajo.

La producción por hora se puede obtener con la siguiente fórmula plasmada en la Ec. (13):

$$Q = q_p * N * E \quad (13)$$

Q: producción por hora (m³/h)

Dónde:

$$q_p = q_l * K \quad (14)$$

q_p: producción por ciclo (m³) = q_l * K

q_l: capacidad colmada del cucharón de acuerdo a las especificaciones del fabricante

K: factor del cucharón

Sustituimos la ecuación (14) en la ecuación (13) tenemos:

$$Q = q_l * K * N * E \quad (15)$$

N: número de ciclos por hora = $60/T_c(1/h)$

T_c: tiempo de ciclo (min)

E: factor de eficiencia.

3.8. FACTOR DE EFICIENCIA

El factor de eficiencia (E) según las condiciones de operación, se escoge de la siguiente tabla N° 05.

Tabla N° 05. Factor de eficiencia según condiciones de operación. Tomado de Solanilla (2003)

CONDICIONES DE OPERACIÓN	EFICIENCIA DEL TRABAJO
BUENAS	0.83
PROMEDIO	0.75
MODERADA	0.67
DEFICIENTE	0.58

3.9. FACTOR DEL CUCHARÓN PARA RETROEXCAVADORA

El factor de llenado o factor del cucharón, se tomara en cuenta dependiendo del tipo de material, como se muestra en la tabla N° 06.

Tabla N° 06. Factor del cucharón para retroexcavadoras. Tomado de Solanilla (2003)

MATERIAL	FACTOR DE LLENADO (% de la capacidad colmada)
Suelo natural arcilloso, arcilla arenosa, tierra suave	100 - 120
Tierra seca, tierra arenosa	95 - 110
Suelo natural arenoso con grava, arcilla dura y compacta	80 - 90
Roca bien fragmentada por voladura	60 - 75
Roca mal fragmentada por voladura	40 - 50

3.10 INDICADORES DE MANTENIMIENTO

3.10.1 DISPONIBILIDAD MECÁNICA

Se define como el tiempo en que el equipo está disponible para operar o realizar funciones para la que está diseñada, en relación al tiempo total, medido como un porcentaje. Soubllette, A. (2012).

$$\text{Disponibilidad Física} = \frac{(\text{HH} - \text{Hmantenimiento}) * 100}{\text{HH}} \quad (16)$$

dónde

HH: horas hábiles

H manteniendo: horas que pasa el equipo en mantenimiento, preventivo o no.

3.10.2 PORCENTAJE DE UTILIZACIÓN

El porcentaje de utilización de los equipos en minería representa un parámetro muy importante, ya que refleja de forma indirecta la productividad que se ha tenido en un periodo de tiempo determinado, por tanto se define como la porción de tiempo disponible que la máquina está cumpliendo la labor para la cual fue diseñada. Partiendo de lo antes expuestos podemos decir que la utilización de equipos mineros se calcula por medio de la siguiente ecuación. Soubllette, A. (2012).

$$\% \text{ Utilización} = \frac{\text{H trabajadas}}{\text{H programadas} - \text{H mantenimiento}} \quad (17)$$

dónde:

H trabajadas: horas trabajadas

H programadas: horas programadas

H mantenimiento: horas que pasa el equipo en mantenimiento, preventivo o no.

CAPÍTULO IV
EXPOSICIÓN DE RESULTADOS

4. CÁLCULO DE RESERVAS PROBADAS

En este capítulo, se presenta todos los resultados obtenidos mediante los cálculos que permitirán la implementación de una dragalina en la arenera Araguita de Venezolana de Cementos S.A.C.A.

Las actividades de extracción de materiales con beneficio están estrechamente vinculadas con el medio ambiente, esto requiere el uso racional de los recursos para aminorar el impacto sobre el medio. En este sentido, la explotación minera en la planta Araguita se toma en cuenta el tema ambiental, el cual juega un papel importante para no deteriorar el ambiente. Las operaciones llevadas a cabo en esta planta se realizan bajo unas condiciones especiales, como lo establecen las Normas para Regular la afectación de los Recursos Naturales Renovables Asociada a la Exploración y Extracción de Minerales (El Decreto 2219). (1992, Abril 27). Gaceta Oficial de la República de Venezuela, N° 4.418 (Extraordinario), abril 23, 1992. Artículo 26; indica que para dragar un río. “Sólo se autorizará la afectación de los recursos naturales renovables, para la extracción de minerales, a más de quinientos 500m aguas arriba y aguas abajo de la confluencia de tributarios”.

Eso significa que si se encuentra cerca del río un puente o estructura, se tiene que explotar a una distancia mínima de 500m, pero la operación realizada en Araguita tiene permisada la operación a unos 250m del puente, para que el ministerio del ambiente otorgue el permiso de explotar a los 250m, se tendría que realizar ciertas condiciones especiales en el río y es delimitar la zona de trabajo en trincheras, actualmente hay 9 trincheras y se cuenta con una secuencia de trabajo aguas abajo desde la trincheras n° 1 hasta la n° 9 como se muestra en la figura N° 17. En este sentido, de acuerdo al plan de explotación se pueden extraer un volumen de material en cada trinchera por un tiempo determinado y el análisis con la dragalina estará compaginado con esta situación.

Para no perder el permiso de explotación, con la dragalina se trata de garantizar la recuperación de las trincheras. Es decir, cuando regrese a la trinchera n°1 no solamente tenga ya recuperada la n°1, también la n°2 hasta la n° 9. Teniendo presente que una dragalina es una maquina muy grande y si se sobrediseña la

capacidad del balde se podría romper con el esquema de trabajo plasmado en el plan de explotación y con las condiciones especiales.

Es necesario el establecimiento de condiciones ideales de trabajo, esto implica cumplir con toda la parte operativa para mantener vigente la permisología.

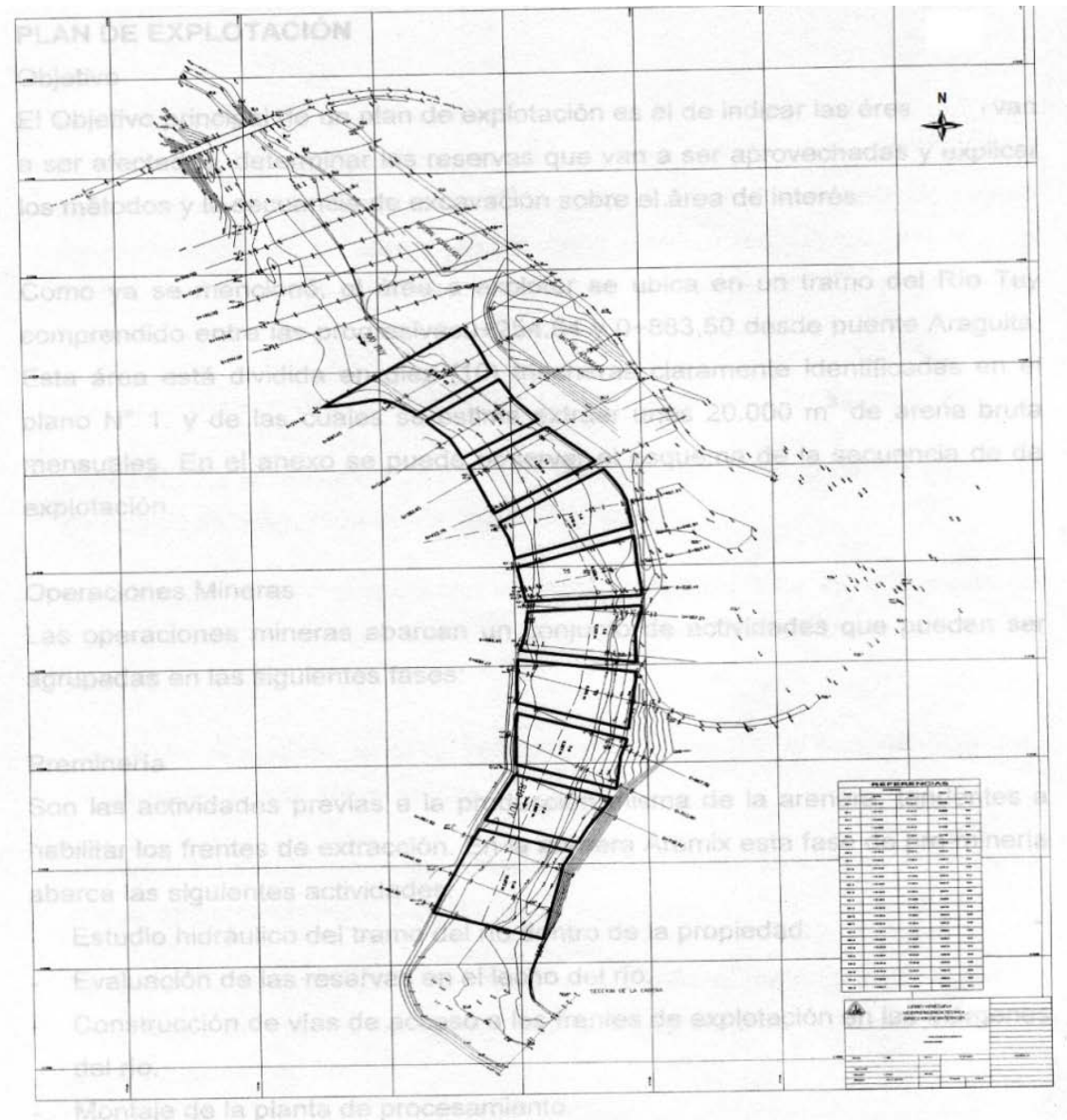


Figura N° 17. Mapa topográfico en escala 1:1000 donde se representa las trincheras a explotar. Fuente: VDC (2014).

En la figura N° 18, puede observarse la característica y ubicación de las diferentes trincheras a utilizar.

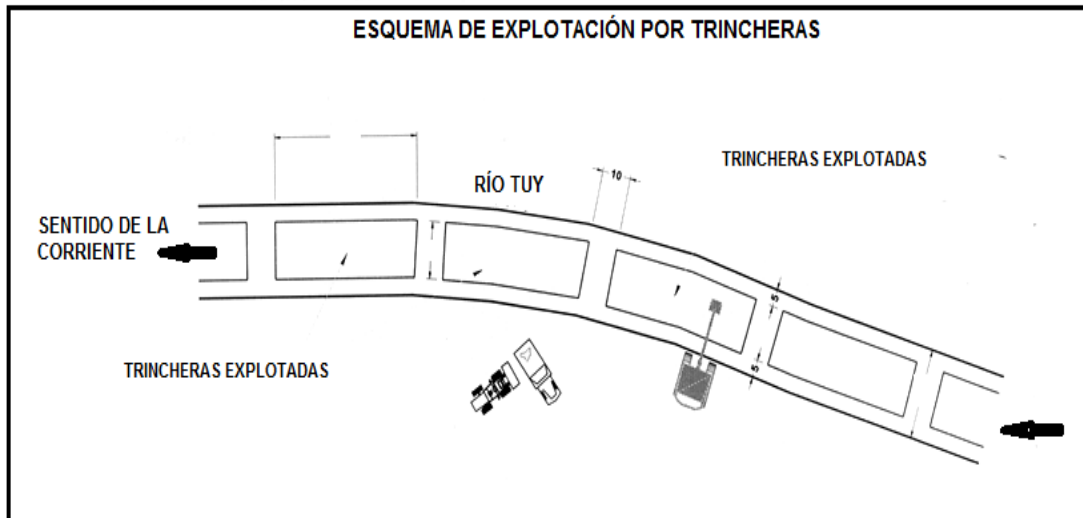


Figura N° 18. Esquema de explotación por trincheras. Fuente: VDC (2014)

Siendo el origen de Progresiva (0+000) como el punto que identifica el cruce de la troncal 12 con el cauce del Río Tuy, medido sobre la línea o eje central de dicho cauce.

El volumen efectivo medido desde la progresiva 0+254 hasta 0+884, se considera la explotación de nueve (9) trincheras de ancho variable, con 5,00 metros de retiro del canal hidráulico, 50 metros de longitud y 10 metros de separación entre trincheras. Como se muestra en la Figura N° 18 y 19.

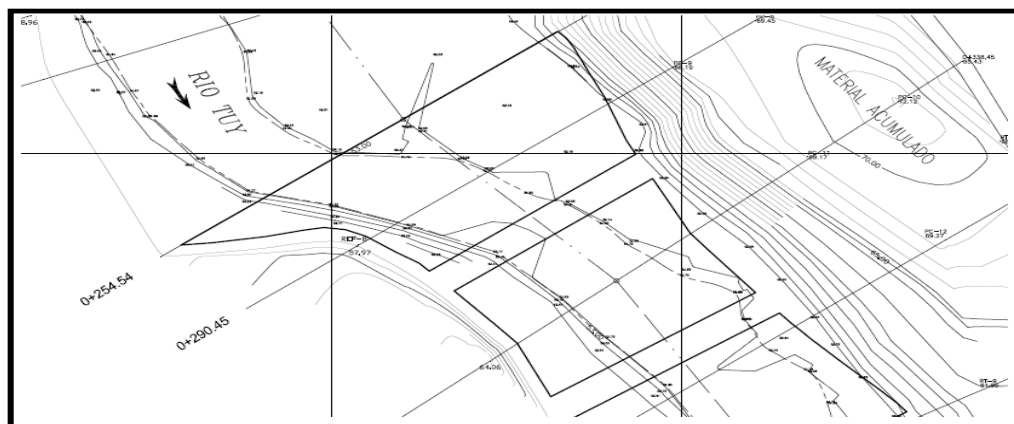


Figura N° 19. Delimitación de trinchera. Fuente: DeSantis (2016)

4.1 ASPECTOS HIDRÁULICOS

Se calculó toda la explotación con un periodo de retorno de 10 años con la curva regional de frecuencia con un caudal de 560 m³/seg, de esta forma ese tiempo de retorno de 10 años evitaría causarle un daño grave al río y le daría una orientación más ambientalista al plan de trabajo.

Los datos estadísticos de caudales medidos que proporciona la tabla N° 07, indica que no se puede calcular el arrastre de sedimento con una frecuencia mayor a 10 años ya que las normas sobre evaluación ambiental de actividades susceptibles de degradar el ambiente. (Decreto 1257). (13/03/1996). El cual señala en el artículo 3°.- Establece la orientación a la preparación y desarrollo de las áreas que abarca el depósito mineral.

Tabla N° 07. Caudales picos en la intersección del río Tuy con la Troncal 12.

Tiempo de retorno (años)	Caudal (m³/seg)
2,33	350,00
5	437,50
10	560,00
25	780,50
50	1006,25
100	1312,50

Tomado de: DeSantis (1996).

4.1.1 CONTROL DE REFERENCIAS TOPOGRÁFICAS

La referencia topográfica usada es una placa que se encuentra ubicada en la base del puente como se muestra en la figura N° 20 y tiene las siguientes coordenadas:

Origen de coordenadas punto N° 8

Norte = 1131309.20

Este = 777782.50

Orientación azimut astronómico

Origen de cotas B.M. C.A. P. -7 (Cartografía Nacional)

Cota = 68.249



Figura N° 20. Origen de cotas B.M. C.A. P. -7 (Cartografía Nacional). Fuente: foto propia

4.1.2 CURVA DE DESCARGA

Con la formula de Manning suponiendo un régimen uniforme se tiene la ecuación N° 2. Y para un diseño de canal de 100m con una relación de la pendiente del canal 2:1 se calculó la curva de descarga y socavación, como se muestra en la figura N° 21.

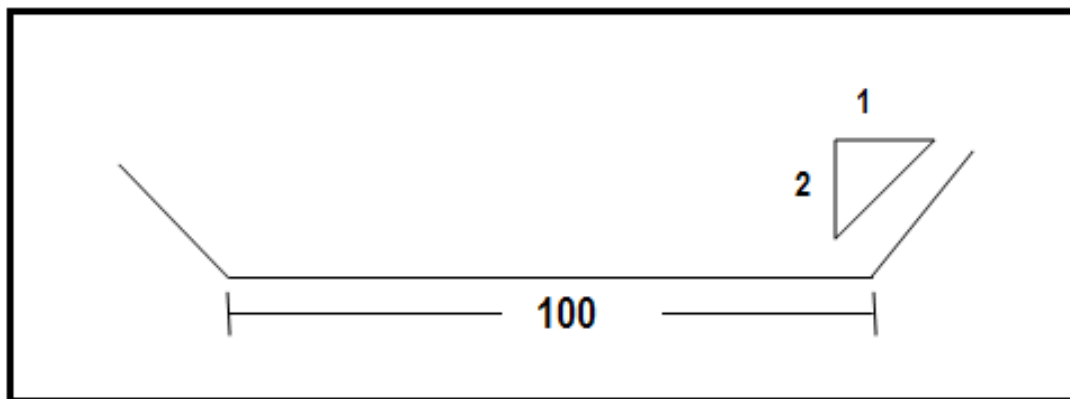


Figura N° 21. Curva de descarga con ancho teórico de 100 metros. Fuente: DeSantis, (1996)

4.1.3.1 FÓRMULA DE MANNING

Fórmula de Manning suponiendo un régimen realmente uniforme se tiene la ecuación N° 2.

$$Q_c = \frac{A \times R^{2/3} \times S^{1/2}}{n} \quad (2)$$

De Santis (2014). El coeficiente de fricción o resistencia al flujo se considero un valor promedio de $n = 0,035$ y un factor de la pendiente $S = 0,0025$

$$\frac{S^{1/2}}{n} = \frac{(0,0025)^{1/2}}{0,035} = 1,43$$

Tabla N° 08. Caudal de descarga para un canal de 100m con profundidad medida desde el nivel del agua.

Profundidad de agua (Yn)	Área (m ²)	Perímetro mojado (Pm)	Relación Área/Pm	Qd(m ³ /seg)
1.0	60.25	102.24	0.59	60.61
2.0	121	104.47	1.16	191.02
3.0	182.25	106.71	1.71	372.66
4.0	244	108.94	2.24	597.34
5.0	256.25	111.18	2.3	639.37

Fuente: DeSantis, (1996)

4.1.4 TIPO DE RÉGIMEN

$$Y_c = (Q_d/B_e)^{2/3} \times 0,467 \quad (1)$$

$$Y_c = (560/100)^{2/3} \times 0,467$$

$$Y_c = 1,47 \text{ m}$$

$Y_n = 4 \text{ m}$; Calculado con la fórmula de Manning

$Y_n > Y_c$ Régimen Subcritico

Con la (Ecuación N° 1) se calculó la profundidad del lecho socavable el cual es menor que la profundidad de agua medida desde el nivel del agua

4.1.5 CÁLCULO DE LA SOCAVACIÓN GENERAL

La socavación general es el descenso extendido del fondo del río como efecto de una mayor capacidad de la corriente para arrastrar y transportar sedimentos del lecho en suspensión durante crecientes. Ocurre a todo lo largo del río y no precisamente se debe a factores humanos como la construcción de un puente o de otra estructura. Viene representada por la (Ecuación N° 3). Llamada también fórmula LISCHTVAN LEVEDIEV.

4.1.5.1 MÉTODO DE LISCHTVAN – LEBEDIEV

Este método permite determinar el valor de la socavación general en cualquier sección a lo largo de un río.

$$H_s = \frac{a * Y_n^{5/3}}{0,68 * (d_m)^{0,28} * \beta} \frac{1}{1+x} \quad \text{Ec. (3)}$$

$$a = Qd / (Y_m^{5/3} * C_c * B_e)$$

$$a = 560 / ((2,5)^{5/3} * 1 * 100) = 1,22$$

$$H_s = \frac{1,22 * (4)^{5/3}}{0,68 * (5)^{0,28} * 1,1} = (10,5)^{0,735} = 5,63 \text{ m}$$

Tabla N° 09. Valores para el cálculo de la socavación general medida del nivel del agua para un ancho de canal teórico de 100m. Fuente: Datos proporcionados por la empresa

Qd10	Ym	Yn	Cc	Be	d	β	x
560	2,50	4,00	1,00	100	5,00	1,1	0,365

$$H_s = 5,63 \text{ m}$$

$$P_s = 5,63 - 4 = 1,63 \text{ m}; \text{ espesor que es tocado por la creciente}$$

La socavación general bajo esa creciente se obtuvo un valor de 1,63 m, significa que desde el punto de vista estadístico y teórico, mínimo 1,63m son

constantemente removidos por esa creciente de 10 años, este valor significa que ese es el espesor de los mejores materiales, en esa capa de 1,63m en un periodo de 10 años con el ancho del canal de 100m. Como muestra la figura N° 22.

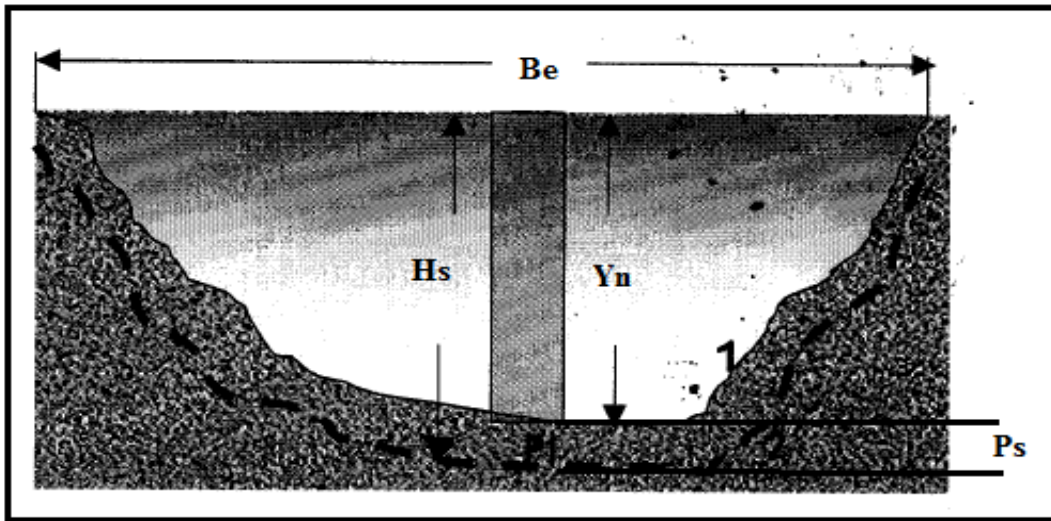


Figura N° 22. Socavación general. Fuente: Elaboración propia

4.2. DIÁMETRO MEDIO d_{50}

De Santis (2014). Para el cálculo de la socavación general se tomo el diámetro promedio $d_m = 5\text{mm}$.

Se tomo el diámetro medio $d_{50} = 5\text{ mm}$; esto significa que el 50 por ciento del peso del material del cauce en estudio los constituyen partículas cuyos tamaños son inferiores a 5mm.

- **ANCHO TEÓRICO DE 70 m**

Aplicamos los mismos criterios pero para un diseño de canal con ancho teórico de 70m. Tomado desde la progresiva 0+254 hasta la progresiva 0+ 883 se calculo el tipo de régimen y la socavación general, como se muestra en la figura N°23

Tipo de régimen con la ecuación N° 1

$$Y_c = (Qd/Be)^{2/3} * 0,467 \quad (1)$$

$$Y_c = (560/70)^{2/3} * 0,467$$

$Y_c = 1,87$ m; Profundidad del lecho socavable o altura critica

$Y_n = 6$ m; calculado con la fórmula de Manning

$$Y_n > Y_c = 1,87 \text{ m} / 6 \text{ m} = 0,31$$

$$F < 1$$

Indica que el régimen es Subcritico, casi todo los cauces naturales son Subcritico. Para este caso, la profundidad de agua (Y_n) es mayor al tipo de régimen o profundidad del lecho socavable (Y_c) o altura critica.

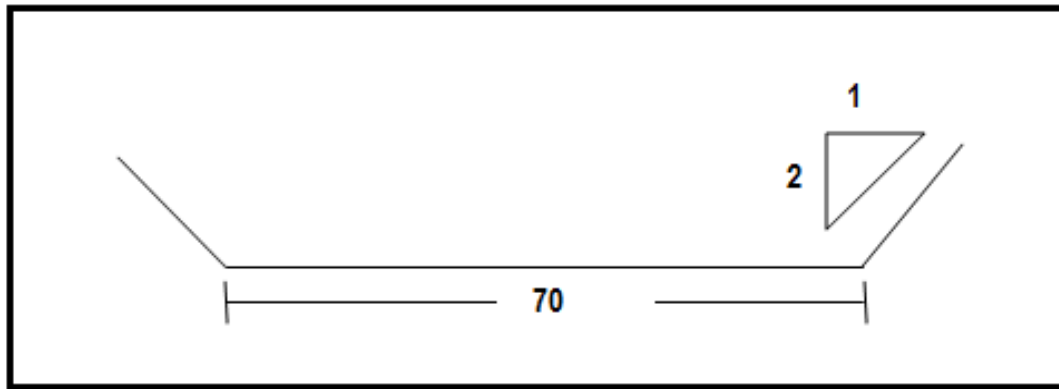


Figura N° 23. Curva de descarga con ancho teórico de 70 metros. Fuente: De Santis (2016)

Fórmula de Manning suponiendo un régimen uniforme se tiene la ecuación N°2. Con la ecuación N° 2 se calculo:

$$Q_c = A \times R^{2/3} * 1,43$$

De Santis (2016). De igual forma el coeficiente de fricción se considero un valor promedio de $n = 0,035$ y el factor de la pendiente $S = 0,0025$.

Tabla N° 10. Caudal de descarga para un canal de 70m con profundidad medida desde el nivel del agua.

Profundidad de agua (Yn)	Área (m ₂)	Perímetro mojado (Pm)	Relación R=Área/Pm	Qd(m3/seg)
1.0	35.5	72.24	0.49	31.63
2.0	71.00	74.47	0.95	98.35
3.0	107.25	76.71	1.40	191.76
4.0	144.00	78.94	1.82	307.42
5.0	181.25	81.18	2.23	442.73
6.0	219.00	83.42	2.62	595.59

Fuente: De Santis (2016)

En la tabla N° 10, se representa los cálculos del caudal de descarga para un canal de 70 m con profundidad medida desde el nivel del agua. Esto es para inquirir que cuando se tiene un caudal de 560 m³/ seg se obtiene una profundidad de agua con esas secciones contraídas, dando como resultado una profundidad de 6 m y ese valor lo necesito para calcular la socavación general.

Socavación general para 70 m

$$H_s = \frac{a * Y_n^{5/3}}{0,68 * (d_m)^{0,28} * \beta} \quad \text{Ec. (3)}$$

$$a = Q_d / (Y_m^{5/3} * C_c * B_e)$$

$$a = 560 / ((3,5)^{5/3} * 1 * 70) = 0,99$$

$$H_s = \frac{0,99 * (6)^{5/3}}{0,68 * (5)^{0,28} * 1,1} = (16,75)^{0,735} = 7,94 \text{ m}$$

Tabla N° 11. Valores para el cálculo de la socavación general medida del nivel del agua para un ancho de canal teórico de 70m. Fuente: Datos proporcionados por la empresa

Qd10	Ym	Yn	Cc	Be	d	β	x
560	3,50	6,00	1,00	70	5,00	1,1	0,365

$$H_s = 7,94 \text{ m}$$

$P_s = 7,94 \text{ m} - 6 \text{ m} = 1,93 \text{ m}$; espesor que es tocado por la creciente en un periodo de retorno de 10 años.

La socavación general obtenida, significa que el río de forma natural mueve todo ese material que es tocado por una creciente, así se justifica que si el valor socavado es de 1.93m, esto significa que al momento de indicarle al operador extraer material todo en uno a una profundidad de 1,5m estoy por encima del valor de socavación. Esto tiene dos ventajas, primero desde el punto de vista ambiental no se está tocando lecho duro solo se está tocando material en tránsito y desde el punto de vista comercial es mejor sacar material que el mismo río a movido ya que son materiales más limpios, es un material más lavado, se lleva a la planta de beneficio al procesar el material todo en uno el pasante 200 es prácticamente cero.

Se realiza el cálculo de socavación general con un canal de diseño de 70 m porque el Ministerio del Ambiente me exige que sea ese ancho. Con los datos que se muestran en la tabla N° 11. Para la determinación del volumen de las reservas probadas, el espesor de capa removible por efecto de socavación general, hemos considerado un valor conservador de 1,5 m de profundidad, esto con el fin de proporcionar un criterio más conservador y ambientalista al trabajo especial de grado.

4.3 ARRASTRE DE SEDIMENTO

Arrastre de sedimentos, desde el punto de vista estadístico se puede calcular en función de la energía que el río tiene para ese caudal con esas características hidráulicas, se calculó para un ancho teórico del canal de 70m que es el ancho de la trinchera, bajo esa concepción y bajo las características hidráulicas como lo son el canal unitario, la pendiente, el diámetro medio característico del sedimento, se puede determinar lo que el río es capaz de mover con la energía cinética que el río tiene bajo la creciente de 10 años, cuando el río esta crecido con esa energía, cual es el tamaño de partícula que puede mover? Se calcula con la ecuación N° 4 de arrastre de sedimentos, llamada también la ecuación MEYER- PETER- FAVER- EINSTEIN.

$$g = \frac{(q^{2/3} * S - a * d_m)^{2/3}}{b} \quad (4)$$

$$a = 9,57 f^{10/9} = 9,57 * (1,4)^{10/9} = 13,9 \quad (5)$$

$$b = 0,462 f^{1/3} = 0,462 * (1,4)^{1/3} = 0,52 \quad (6)$$

$$q = 560 / 70m$$

$$q = 8 m^3/seg \text{ ml} = 8 * 1000 = 8000 m^3/seg$$

De Santis (2014). Se considero un factor de la pendiente $S = 0,0025$; $d_{50} = 5mm$

$$g = \frac{((8000)^{2/3} * 0,0025 - 13,9 * 0,005)^{2/3}}{0,52} \quad (4)$$

$$g = \frac{(1 - 0,0695)^{2/3}}{0,52} = \frac{(0,9305)^{2/3}}{0,52}$$

$$g = 1,83 \text{ kg/seg*ml}$$

$$g = 128,26 \text{ kg/seg}$$

Este resultado significa que el río bajo esa creciente puede mover 1,83 kilos de material por segundo por metro lineal de ancho de río y para eliminar la parte lineal lo multiplicamos por 70m da como resultado 128,26 kg que se mueven por segundo.

$$\text{Potencial teórico} = 128,26 \text{ kg/seg} * 1m^3 / 1400kg * 3600 \text{ seg/1h} * 24h = 7.915 m^3$$

Lo que supone un potencial de $7.915 m^3$ en un día bajo un evento de creciente importante.

La creciente que se uso fue la de 10 años, es decir que si la creciente durara todo el día el río puede transportar $7.915m^3$ en un día, pero esto es de manera teórica ya que no sería cierto porque la creciente no duraría todo el día, allí es donde viene el cálculo de reservas probadas.

4.4 PROBABILIDAD DE OCURRENCIA

Se tiene un caudal de diseño para una creciente de (n_i) 10 años que es $560m^3/seg$ de acuerdo con la hidrología y se tiene un arrastre de sedimento para el caudal de diseño de $7.915m^3$ al día, para calcular cual es la probabilidad de

ocurrencia ya que esa creciente no dura todo el día ni ocurre todos los días se obtiene por la ecuación N° 7.

$$P = 100 - ((1 - 1/n_i) * 100) \quad (7)$$

$$P = 100 - ((1 - 1/10) * 100)$$

$$P = 10\%$$

4.5. POTENCIAL DE ARRASTRE REAL ESTADÍSTICO

En función de la probabilidad de ocurrencia calculada, se determina estadísticamente ya que la ecuación es una campana de Gauss que trabaja con logaritmo, se llega a la conclusión de que esa curva da como resultado 10 %.

VDC, (1996). Indica que la probabilidad de ocurrencia de un arrastre de sedimentos está condicionada por el caudal, si aceptamos que solo el 10% del calculado es el potencial neto real obtenido como arrastre de sedimento.

Esto significa, que si tenemos un potencial real de 7.915 m^3 , al multiplicarlo por la probabilidad de ocurrencia, tenemos el potencial de arrastre real estadístico.

$G_1 = \text{Potencial de arrastre real estadístico}$

$G_1 = \text{Potencial real al día} * \text{Probabilidad de ocurrencia}$

$$G_1 = 7.915 \text{ m}^3 * 0,1 = \mathbf{792 \text{ m}^3/\text{día}}$$

Es decir, suponiendo que esa creciente se va a producir solo en el 10% del tiempo lo cual es razonable ya que en un año esa creciente se va a presentar, viéndolo desde ese punto de vista se calcula solo el 10% de 7.915 m^3 al día, da como resultado en promedio del potencial de arrastre real estadístico es de $792 \text{ m}^3/\text{día}$.

Si multiplicamos ese valor por los 30 días que tiene el mes se obtiene:

$$G \text{ mensual} = 792 \text{ m}^3/\text{día} * 30 \text{ días} = \mathbf{23.746 \text{ m}^3 * \text{mes}}$$

Esto significa que se cuenta con dos reservas; una que es la reserva probada tangible que existe, que se calculó en función de un espesor de 1,5m y por supuesto

hay mucho más pero no son vistas como reservas probadas porque no son explotables, son reservas probables. Entonces ese espesor de 1,50m multiplicado por la distancia entre las progresivas 0+ 250 y la 0+800 por un ancho promedio de 70m da como resultado un volumen **23.746 m³** al mes.

Luego tengo un potencial de arrastre que el río transporta, ya que es una mina a diferencia de otras minas a cielo abierto las reservas probadas van disminuyendo con el paso de los años de vida de la mina, en este caso no ocurre así, en Araguaita en el río hay constante reposición de material.

Entonces este valor de acuerdo a los cálculos hidráulicos realizados, permite definir que el río puede aportar 792m³/día incluyendo todo tipo de material; sedimentos en suspensión, arcillas, limos y material buenos que sería las arenas y las gravas. Multiplicamos este valor por 30 días de arrastre da como resultado **23.746m³** al mes, que finalmente se convierte en un valor promedio de 20.000 m³/mes, lo que significa que en teoría si se extraen no más de 20.000 m³ al mes no se dañaría el río ni las bases del puente, porque es el material que permite mantener mis reservas probadas y se estará explotando lo que el río arrastra, obviamente eso va a depender del mes y de la época ya que en invierno podría reponer mucho más que la cantidad calculada pero en verano no repone casi nada o nada, entonces hay que esperar que el invierno también compense lo que se explotó en verano. Allí es donde viene lo que es el equilibrio dinámico y el equilibrio hidrológico.

Tabla N° 12.- Producción por día de la dragalina en función a la capacidad nominal del cucharón

Capacidad nominal del cucharón (m ³)	Producción horaria (m ³ /h)	Producción x día (m ³ /día)
1	48,56	268,29
2	97,11	536,53
3	145,67	804,82
3.5	169,94	938,92
4	194,22	1073,07
5	242,78	1341,36

Fuente: Elaboración propia

Al obtener el potencial de arrastre real estadístico de 792 m³/día, se compara con la producción horaria que más se ajusta a la capacidad nominal del cucharón, siendo el de 3m³ el que más se ajusta a este potencial, como se observa en tabla N°12.

4.6 CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DEL CANAL

El cálculo se realizó por la estimación del comportamiento fluvial a consecuencia de la socavación general, siendo la capa removible por el mismo río, de esta manera no habría daño por socavación a las estructuras cercanas a la explotación.

Ahora bien, desde las progresivas 0+75 hasta la progresiva 0+254 y desde la progresiva 0+382 hasta la progresiva 0+667 como se muestra en la tabla N° 13. Se diseño un canal teórico de ancho $B_e = 70\text{m}$. Para el cálculo del volumen de las reservas por el método de secciones paralelas. El cálculo se realiza mediante la (Ecuación 8 y 9)

Tabla N° 13. Progresivas y cálculo de volumen. Fuente: Elaboración propia

CALCULO DEL CORTE					
PROGRESIVA	AREA	SUMA AREA	DIST / 2	PARCIAL	ACUMULADO
0+75,00	271,16	-	-	-	0
0+100,00	236,64	507,80	12,50	6347,50	6347,50
0+125,00	170,32	406,96	12,50	5087,00	11434,50
0+150,00	41,68	212,00	12,50	2650,00	14084,50
0+175,00	45,35	87,03	12,50	1087,88	15172,38
0+200,00	32,62	77,97	12,50	974,63	16147,00
0+254,54	89,77	122,39	27,27	3337,58	19484,58
0+290,45	156,56	246,33	17,96	4422,86	23907,43
0+339,45	129,65	286,21	24,50	7012,15	30919,58
0+382,45	91,68	221,33	21,50	4758,60	35678,17
0+422,18	157,71	249,39	19,87	4954,13	40632,30
0+461,91	349,36	507,07	19,87	10072,95	50705,25
0+496,81	349,18	698,54	17,45	12189,52	62894,77
0+521,81	206,51	555,69	12,50	6946,12	69840,90
0+526,41	140,49	347,00	2,30	798,10	70639,00
0+557,21	143,35	283,84	15,40	4371,14	75010,13

0+598,61	144,78	288,13	20,70	5964,29	80974,42
0+630,27	152,02	296,80	15,83	4698,34	85672,77
0+667,92	202,88	354,90	18,83	6680,99	92353,76
0+702,90	257,01	459,89	17,49	8043,48	100397,24
0+735,92	228,96	485,97	16,51	8023,36	108420,60
0+801,92	224,31	453,27	33,00	14957,91	123378,51
0+846,92	192,44	416,75	22,50	9376,88	132755,39
0+883,50	288,03	480,47	18,29	8787,80	141543,18

En las presentes mediciones que son representativas de periodo correspondiente al mes de enero del 2016 y pertenecen al tramo que se indica en el proyecto. Las reservas probadas, como es usual se calcularon mediante el levantamiento de las secciones transversales al río y el volumen se calculó mediante la diferencia entre la rasante levantada, dando como resultado que de acuerdo al cálculo volumétrico podemos afirmar que entre las progresivas antes indicadas, que tiene una longitud aproximada de 810 m de cauce fluvial, existe a la fecha del levantamiento un volumen de: **141.543 m³** aproximadamente

4.7 CUADRO DEMOSTRATIVO DE LA EVOLUCIÓN DE LAS RESERVAS

Tabla N° 14. Cuadro demostrativo de la evolución de reservas probadas. Fuente: DeSantis, (2016).

Medición	m ³
Volumen de Reservas Probadas antes de la explotación, enero de 1996.	162.596,60
Volumen de Reservas Probadas, mayo 1998	154.738,88
Volumen de reservas probadas, mayo 1999	139.169,72
Volumen de reservas probadas, diciembre 1999	170.541,31
Volumen de reservas probadas, mayo de 2000	189.839,84
Volumen de reservas probadas, diciembre de 2000	206.067,68
Volumen de reservas probadas, febrero de 2003	168.303,14
Volumen de reservas probadas, Julio de 2003	156.097,60
Volumen de reservas probadas, Diciembre de 2003	140.363,66
Volumen de reservas probadas, julio de 2004	100.547,69
Volumen de reservas probadas, enero de 2005	100.722,82
Volumen de reservas probadas a julio de 2006	171.424,54
Volumen de reservas probadas a enero de 2007	178.607,73
Volumen actual de reservas probadas a Julio de 2007	152.850,85
Volumen actual de reservas probadas a enero de 2008	152.370,79
Volumen de reservas probadas a agosto de 2008	115.200,59
Volumen de reservas probadas a julio de 2009	135.980,00
Volumen de reservas probadas a marzo de 2010	185.794,42
Volumen de reservas probadas a enero de 2011	151.299,94
Volumen de reservas probadas a agosto de 2011	137.254,89
Volumen de reservas probadas a septiembre de 2012	142.552,34
Volumen de reservas probadas a marzo de 2013	152.077,76
Volumen de reservas probadas a marzo de 2014	116.430,21
Volumen de reservas probadas a abril de 2015	143.337,25
Volumen actual de reservas probadas a enero 2016	141.543,18

En la tabla N° 14, se refleja la evolución de reservas donde se demuestra que el nivel de las reservas se ha mantenido cuando se promedia, lo que significa que 626, 4 m³/ día es un valor que se está presentando ya que el rio constantemente me está aportando material.

4.8. EVOLUCION DE RESERVAS PROBADAS

En el grafico N° 01, se refleja la cantidad de reservas explotables según mediciones semestrales de la evaluación fluvial realizada por la empresa.

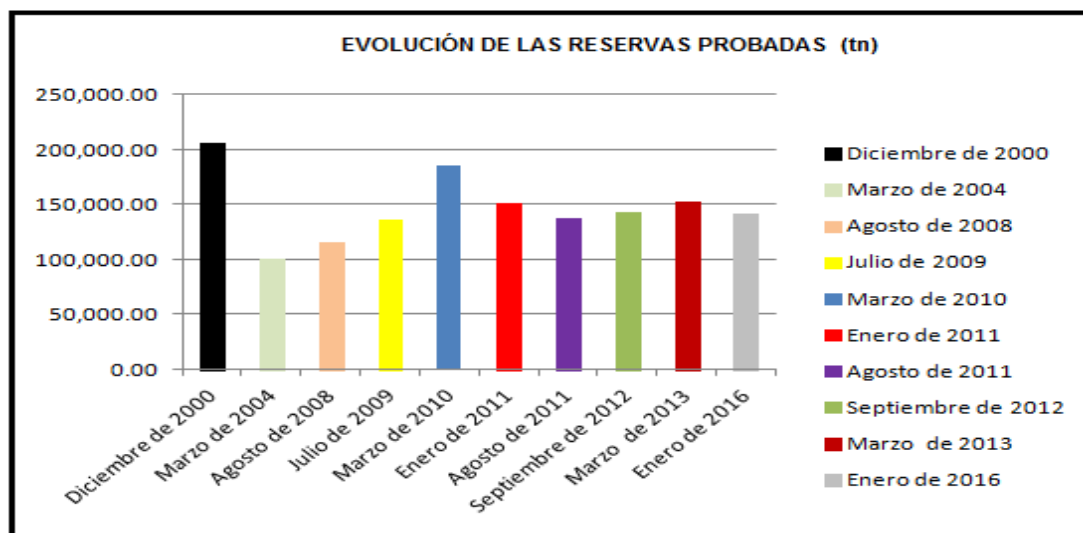


Gráfico N° 01. Histórico de reservas explotables de la arenera Araguaita. Fuente: VDC (2014).

En conclusión podemos afirmar que las reservas probadas se ubican en una franja, cuyo rango mínimo está en 100.547,69 m³ en julio de 2004 y con un máximo de 206.067,68 m³ para diciembre de 2000, de acuerdo a las mediciones realizadas.

4.9. EQUIPOS EXISTENTES POR VENEZOLANA DE CEMENTOS S.A.C.A. (VDC)

Tabla N° 15. Equipos existentes en venezolana de Cementos SACA. (VDC)

Clase	Marca	Modelo	Capacidad	Cantidad	Status
Cargador frontal (1)	JCB	456 ZX	3,3 m3	1	Mantenimiento
Cargador frontal (2)	XCMG	LW- 300K	1,8 m3	1	Mantenimiento
Cargador frontal (3)	XCMG	LW- 800K	4,5 m3	1	Operativo
Excavadora (1)	JCB	LS200LC	1 m3	1	Mantenimiento
Excavadora (2)	XCMG	XE-230	1 m3	1	Operativo
Camión	Mack	Granite	25Tn	1	Mantenimiento
Camión	Mack	Granite	25Tn	1	Operativo
Motoniveladora	XCMG	GR- 165		1	Operativo
Camión tipo gandola	Mack	Tiburón	22 m3	2	Mantenimiento
Camión tipo volteo	Man	Russo	13 m3	1	Mantenimiento

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N° 15, se observan los equipos existentes en la arenera Araguaita, en la actualidad las operaciones de mina se ven afectadas por la cantidad de equipos que se encuentran en mantenimiento y los pocos que se encuentran operativos.



Figura N° 24. Excavadora Marca XCMG modelo XE230. Fuente: Foto propia.

La excavación se realiza en un solo turno durante cinco días a la semana, mediante el uso de una excavadora marca XCMG modelo XE230 como se muestra en la figura N° 24.

4.10. DISPONIBILIDAD MECÁNICA Y UTILIZACIÓN EFECTIVA DE LOS EQUIPOS DE CARGA.

La disponibilidad mecánica y la utilización efectiva de los equipos de carga y acarreo se obtienen por medio del seguimiento constante de los reportes de producción y realizar los cálculos con las ecuaciones (16) y (17) respectivamente.

Tabla N° 16. Disponibilidad mecánica y Utilización efectiva para el cargador frontal LW800K.

Equipo	Horas Totales	Horas programadas	Horas No Programadas	Horas Trabajando	Horas de Reparación	Disponibilidad Mecánica (%)	Utilización Efectiva (%)
Cargador LW- 800K	40	40	0	24	8	80.00	75.00

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 16, se observa las horas que labora el equipo de carga, las horas que dura sin operación y las horas que duran en mantenimiento, estos datos reflejan que la disponibilidad mecánica para el cargador frontal marca XCMG modelo LW800K capacidad de balde 4,5 m³ es de 80,00 % y su porcentaje de utilización efectiva es de 75,00 %.

Tabla N° 17. Disponibilidad mecánica y Utilización efectiva para la excavadora XE-230.

Equipo	Horas Totales	Horas programadas	Horas No Programadas	Horas Trabajando	Horas de Reparación	Disponibilidad Mecánica (%)	Utilización Efectiva (%)
Excavadora XE-230	40	40	0	22	10	75.00	73.33

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 17, muestra los datos de la disponibilidad mecánica de la excavadora marca XCMG modelo XE230 capacidad de balde 1m³ con un valor de 75,00 % y su porcentaje de utilización es de 73,33 %.

Tabla N° 18. Disponibilidad mecánica y Utilización efectiva para el Camión Mack.

Equipo	Horas Totales	Horas programadas	Horas No Programadas	Horas Trabajando	Horas de Reparación	Disponibilidad Mecánica (%)	Utilización Efectiva (%)
Camión Mack	40	40	0	22	8	80.00	68.75

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 18, muestra los datos de la disponibilidad mecánica del camión Mack es de 80,00 % y sumando el tiempo que se invierte en el mantenimiento su porcentaje de utilización es de 68, 75 %.

4.11. PROMEDIO DEL ACARREO DE LA PRODUCCIÓN MENSUAL

Producción horaria

$$Q = q * N * E \quad (13)$$

dónde:

$$q = ql * K \quad (14)$$

$$Q = ql * K * N * E \quad (15)$$

$$Q = 1m^3 * 0,9 * 129 * 0,83$$

$$Q = 96,36 \text{ m}^3/\text{h} = Q = 626 \text{ m}^3/\text{día} ; \text{ Producción horaria para la excavadora.}$$

Al multiplicar el resultado de la producción horaria por la disponibilidad mecánica de la excavadora que es 75%, da como resultado 470 m³/día.

$$Q = ql * K * N * E \quad \text{Ec. (15)}$$

$$Q = 3m^3 * 0,9 * 65 * 0,83$$

$$Q = 145,66 \text{ m}^3/\text{h} = Q = 947 \text{ m}^3/\text{día} ; \text{ Producción horaria para la Dragalina}$$

Al multiplicar el resultado de la producción horaria por la disponibilidad mecánica de la dragalina que es 85%, da como resultado 805 m³/día.

Tabla N° 19. Comportamiento promedio en el acarreo en la producción mensual a la tolva

Material acarreado del frente de excavación a la tolva		
Equipo	Excavadora XCMG	Dragalina Sennebogen (3m³)
Disponibilidad mecánica	75	85
Velocidad promedio	25 km/h	25 km/h
Tiempo Total del ciclo (seg)	28	55
Producción N° Camión x Día (m ³ /día)	470	805
Flota de camiones	1	1
Capacidad producción (m3/Mes)	10.335	17.706

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°19, muestra la producción de material todo en uno, usando una excavadora o una dragalina, si se mantiene el régimen de extracción en un mes, daría como resultado 17.706 m³ para la dragalina y 10.335 m³ para la excavadora. Lo que proporciona un 71.32 % más material todo en uno utilizando la dragalina con capacidad del cucharón de 3m³.

4.12. VOLUMEN EFECTIVO PARA LA EXPLOTACIÓN

El sector de explotación está conformado por una serie de trincheras comprendido dentro de las siguientes progresivas como se muestra en la tabla N° 20.

Tabla N° 20. Progresivas medidas en cada trincheras.

TRINCHERA	DESDE	HASTA
1	0+254	0+304
2	0+314	0+364
3	0+374	0+424
4	0+434	0+494
5	0+504	0+554
6	0+564	0+614
7	0+624	0+674
8	0+684	0+734
9	0+744	0+794
10	0+804	0+884

Fuente: VDC (2014)

Tabla N° 21. Volumen efectivo para la explotación.

PROGRESIVA	TRINCHERA	AREA (m ²)	VOLUMEN (m ³)
0+254,54	1	4.108	6.162
0+339,45	2	3.176	4.765
0+382,45	3	5.159	7.738
0+461,91	4	6.942	10.413
0+496,81	5	5.628	8.442
0+557,21	6	2.602	3.903
0+630,27	7	2.406	3.610
0+667,92	8	4.495	6.743
0+735,92	9	3.780	5.670
0+883,50	10	10.665	15.998
		TOTAL	73.443

Fuente: VDC (2014)

Volumen efectivo para la explotación se delimita entre las progresiva 0 + 254 hasta 0+ 883 dando un volumen total de 73.443m³ como se muestra en la tabla N° 21.

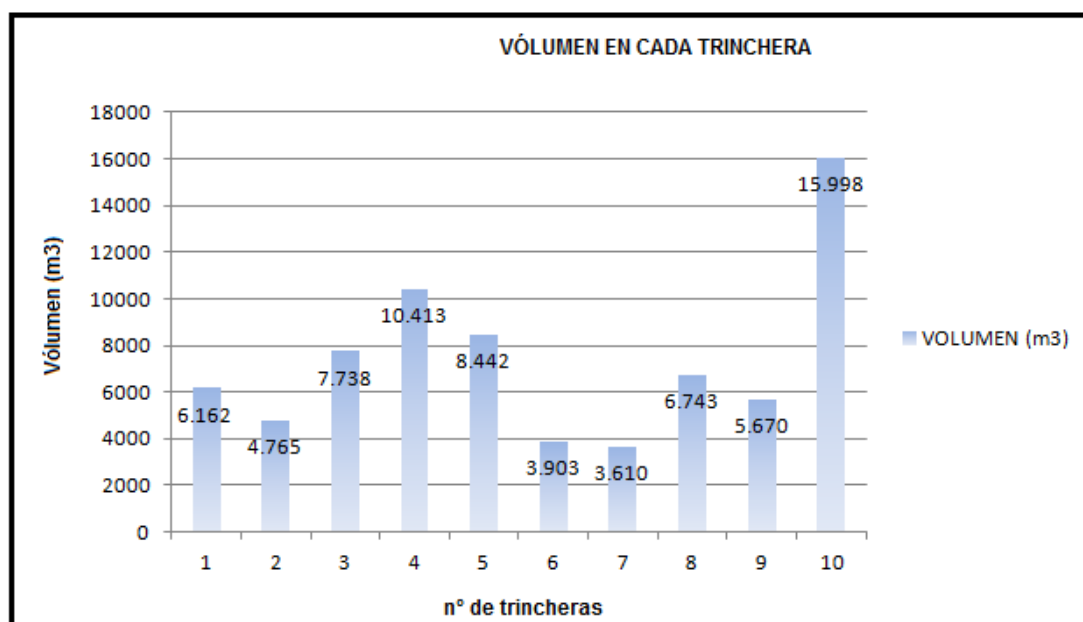


Grafico N° 02. Volumen representado en cada trinchera. Fuente: Elaboración propia

En el grafico N° 02, muestra el volumen calculado en cada trinchera.

4.13 CALCULO DE EXTRACCIÓN DE MATERIAL TODO UNO POR DÍA

Con el volumen efectivo de explotación se calculo la cantidad de días que tarda en extraerse el material todo en uno en cada trinchera, actualmente se utiliza para esta operación una excavadora marca XCMG modelo XE-230 con capacidad de balde 1m^3 . Se obtuvieron los siguientes resultados.

Utilizando la excavadora marca XCMG modelo XE-230 con capacidad nominal del cucharón de 1m^3 y una dragalina con capacidad nominal del cucharón de 3m^3 que permite una producción de 469.75 m^3 y 804.80 m^3 respectivamente, se procedió a calcular el número de días que puede tardar la explotación de material todo en uno en cada una de las trincheras que se presentan en la tabla N° 22.

Tabla N° 22. Días de extracción usando una dragalina capacidad de balde 3m^3 y con una excavadora capacidad de balde 1m^3 .

Progresiva	Trinchera	Volumen (m^3)	Días con dragalina (3m^3)	Días con excavadora (1m^3)
0+254,54	1	6.162	8	13
0+339,45	2	4.765	6	10
0+382,45	3	7.738	10	16
0+461,91	4	10.413	13	22
0+496,81	5	8.442	10	18
0+557,21	6	3.903	5	8
0+630,27	7	3.610	4	8
0+667,92	8	6.743	8	14
0+735,92	9	5.670	7	12
0+883,50	10	15.998	20	34
	Total	73.443	91	156

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la tabla N° 22, utilizando la excavadora con capacidad de balde de 1m^3 se necesitan 122 días para explotar todo el volumen efectivo que se encuentra en las progresivas progresiva 0+254 hasta 0+735,92.

Ahora bien, para el extraer el mismo volumen efectivo que se encuentran entre las progresivas 0+254 hasta 0+735,92, utilizando una dragalina con capacidad nominal de 3m^3 , se necesitan solo 71 días. Con estos valores se ahorra más de un mes

y medio de operaciones en la extracción de material todo en uno para producir de agregados para el concreto.

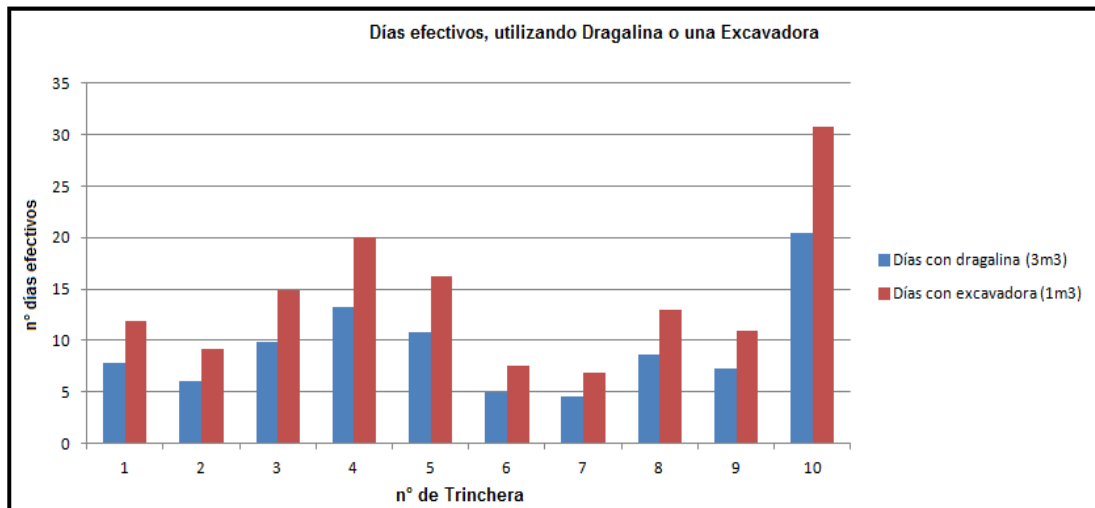


Grafico N° 03. Comparación de los días de extracción usando Dragalina y Excavadora.

Se concluye que con el uso de la dragalina se tarda menos días en extraer material todo en uno en cada una de las trincheras, se muestra en el grafico N° 03.

4.14. PRODUCCIÓN ESTIMADA

En la actualidad las estimaciones de reservas han sido proyectadas a partir de las evaluaciones fluviales realizadas por VDC en las secciones limitadas como trincheras ubicadas en el rio Tuy sujeta a explotación, con estos datos se estima unas reservas probadas de 73.443 m³.

En la tabla N° 23, se presentan los datos operacionales para la excavadora marca XCMG modelo XE-230 y la dragalina cuya producción de material todo en uno realizado en un día es de 96m³ y 146 m³ respectivamente, a estos resultados se le multiplica la disponibilidad mecánica de la excavadora con un valor de 75% da como resultado 470 m³ y la disponibilidad mecánica de la dragalina con un valor nominal de 85% da como resultado 805 m³ respectivamente.

Tabla N° 23. Datos de operaciones.

Datos operacionales		
Equipo	Excavadora XCMG	Dragalina Sennebogen
Material	Material granular (arena, gravas, limos y arcillas)	
Días/año	±251	±251
Meses/año	12	12
promedio de días/mes	±22	±22
Turnos/día	1	1
Horas/turno	8	8
Horas efectivas	6,5	6,5
Producción/hora(m ³)	96	146
Producción/día(m ³)	470	805

Fuente: Elaboración propia.

4.15. CÁLCULO DE CICLOS DE ACARREO

En la tabla N° 24, se refleja los tiempos de acarreo, el material todo en uno descargado por la excavadora en la playa conformada, es cargado al camión por un cargador frontal marca XCMG modelo LW-800K con capacidad nominal del cucharón de 4,5m³ y colma al camión con solo 3 pases de material, generando 8 ciclos por horas como se refleja en la tabla N° 24.

Tabla N° 24. Tiempos de acarreo usando Excavadora. Fuente: Elaboración propia

Pases	Ciclo	Carga	Acarreo	Descarga	Retorno	Total ciclo
3	8	00:01:17	00:03:50	00:00:41	00:01:52	00:07:40

El tiempo que tarda la retroexcavadora en extraer material del río es de 28 seg



Figura N° 25. Esquema de acarreo usando Excavadora. Fuente: Elaboración propia

La tabla N° 24, indica que utilizando la ecuación N° 14, en un minuto o ciclo puedo extraer 1,93 m³ de material todo en uno usando la excavadora, el material es descargado a orilla de la playa conformada, como se muestra en la Figura N° 25.

7, 40 min → 1 ciclo

60 min → X ciclo = 8 ciclos

Producción por ciclo utilizando la excavadora con capacidad de balde 1m³

q: producción por ciclo (m³) = ql * K Ec. (14)

$$q = 1 \text{ m}^3 * 0,9 = 0,9 \text{ m}^3$$

28 seg → 0, 9 m³

60 seg → Xm³ = 1, 93 m³/min

En la tabla N° 25, también se refleja los tiempos de acarreo pero el material todo en uno es descargado por la dragalina en la playa conformada, el material es cargado al camión por un cargador frontal marca XCMG modelo LW-800K con capacidad nominal del cucharón es de 4,5m³ y colma al camión con solo 3 pases de material, generando 8 ciclos por horas como se refleja en la tabla N° 24.

Tabla N° 25. Tiempos de acarreo usando la Dragalina. Fuente: Elaboración propia

Pases	Ciclo	Carga	Acarreo	Descarga	Retorno	Total ciclo
3	8	00:01:27	00:03:26	00:00:59	00:01:57	00:07:49

El tiempo que tarda la dragalina en extraer material del río es de 55 seg.

7, 49 min → 1 ciclo

60 min → X ciclo = 8 ciclos

Producción por ciclo utilizando la dragalina con capacidad de balde 3m³

q: producción por ciclo (m³) = ql * K Ec. (14)

$$q = 3 \text{ m}^3 * 0,9 = 2,7 \text{ m}^3$$

65 seg → 2, 7 m³

60 seg → Xm³ = 2, 49 m³ / min

La tabla N° 25, indica que utilizando una dragalina con capacidad de balde 3m^3 , multiplicado por el factor del cucharón $K = 0,9$ genera como resultado una producción por ciclo de $2,7\text{m}^3$ y se puede extraer $2,49\text{m}^3$ de material en un minuto o ciclo y el material es descargado a orilla de la playa conformada como se muestra en la figura N° 26.

El tiempo de arranque de la dragalina es mayor con respecto al tiempo de arranque de la excavadora, debido a que el balde no cae de forma vertical sino que se lanza lo más lejos posible de la grúa y a medida que se va recuperando el cable, el cucharón se arrastra por el fondo recuperando material todo en uno y llenándose del mismo. Una vez lleno el cucharón, se eleva y se gira la grúa hasta colocarla encima de la playa conformada para descargar el material como se muestra en figura N° 26.

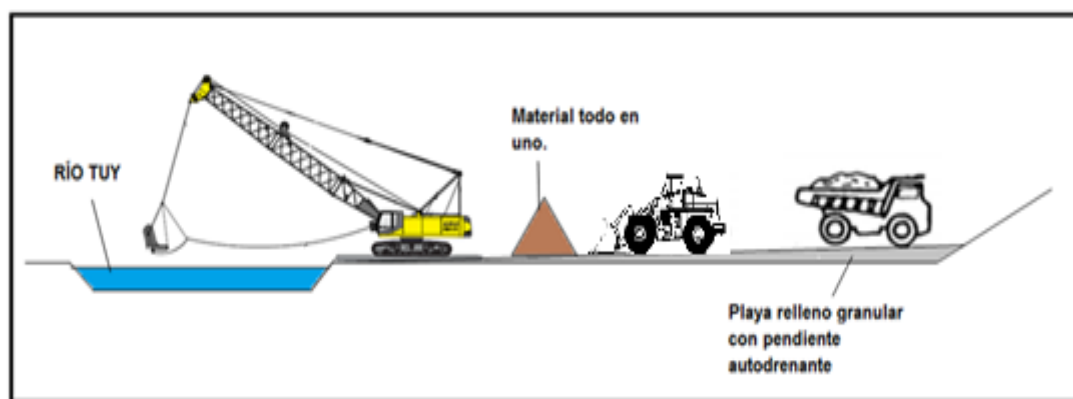


Figura N° 26. Esquema de acarreo usando Dragalina. Fuente: Elaboración propia

4.16 CONSIDERACIONES TECNICAS DE LA DRAGALINA

En esta parte del trabajo se realiza los cálculos según el canal de diseño exigido por el Ministerio del Ambiente con un valor de 70 m de ancho.

4.16.1 CÁLCULO DEL ALCANCE HORIZONTAL MÁXIMO

Se consideran el alcance máximo de la dragalina, teniendo un largo de la pluma de 30m, en función al canal de diseño de 70 m de ancho. El largo de la pluma va en función al peso del cucharón de la dragalina.

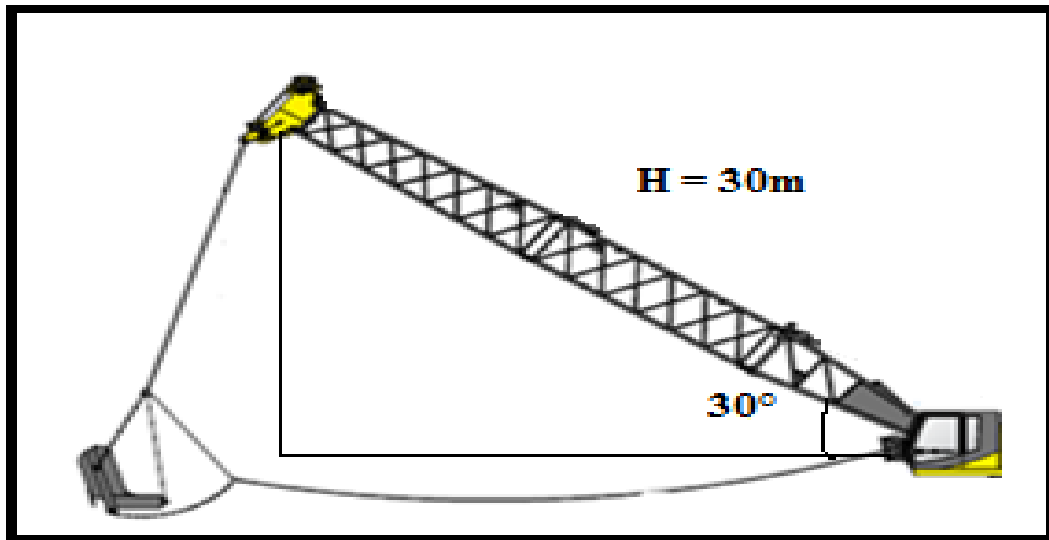


Figura N° 27. Alcance horizontal del balde de la Dragalina. Fuente: Elaboración propia

$$\cos 30^\circ = CA / H \Rightarrow CA = \cos 30^\circ * 30 \text{ m} \Rightarrow CA = 25,98 \text{ m}$$

$$\sin 30^\circ = CO / H \Rightarrow CO = \sin 30^\circ * 30 \text{ m} \Rightarrow CO = 15 \text{ m}$$

En la figura N° 27, muestra el largo de la pluma que es de 30 metros y el ángulo de inclinación de la pluma el cual no puede ser menor de 30 grados, con esos datos se calculó su alcance horizontal.

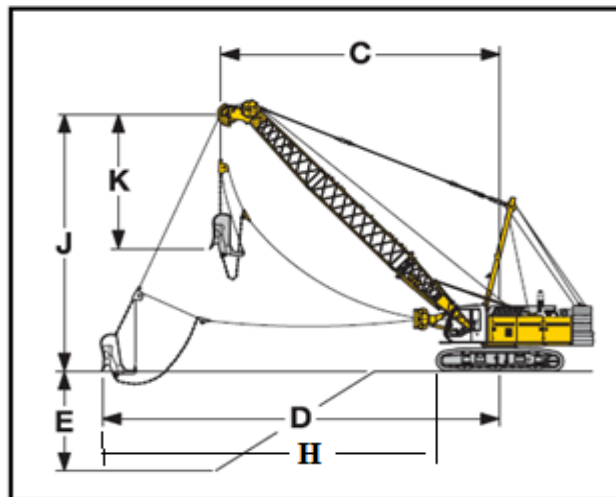


Figura N° 28. Medidas de la Dragalina. Fuente: Manual Sennebogen

Como se muestra en la figura N° 28, se calculan las dimensiones y alcance máximo horizontal de la dragalina.

C = Alcance = 27 m; J = 15; K = 2

D = Alcance horizontal aproximado

D = C + 1/3 J – K = 30 m

K = Longitud de balde para dragar. = 2 m

E = Profundidad de dragado = aprox. 50% de C = 11 m

D – C = 30 m - 27 m = 3 m; Alcance máximo del balde

H = alcance horizontal máximo = 3 m + 26 m = 29 m

El alcance horizontal máximo de la Dragalina es de H = 29 m como se muestra en la figura N° 28, lo que permite tener una mejor movilidad a lo largo del canal de diseño y permita por dinámica del río obtener un material mejor gradado.

El alcance horizontal juega un papel importante ya que hay varias fracciones de sedimentos y en el río Tuy es normal que ocurra ya que viene arrastrando muchas cosas, normalmente estos huecos no se llenan de arenas sino que parte de los sedimentos más finos se alojan allí y los mejores sedimentos, las fracciones más limpias pasan de largo, entonces al regresar a esa trinchera conseguimos material de mala calidad, en cambio si dragamos el río completo siguiendo el plan de trabajo como se debe hacer, cuando venga la creciente todos los materiales como los pasante 400, gran parte de los pasantes 200, las arcillas y los limos se los lleva el propio río y va depositando las fracciones más gruesas en este caso las arenas y las gravas, de manera que cuando se vaya explotar las trincheras se consiga material de buena calidad, como se muestra en la figura N° 29.

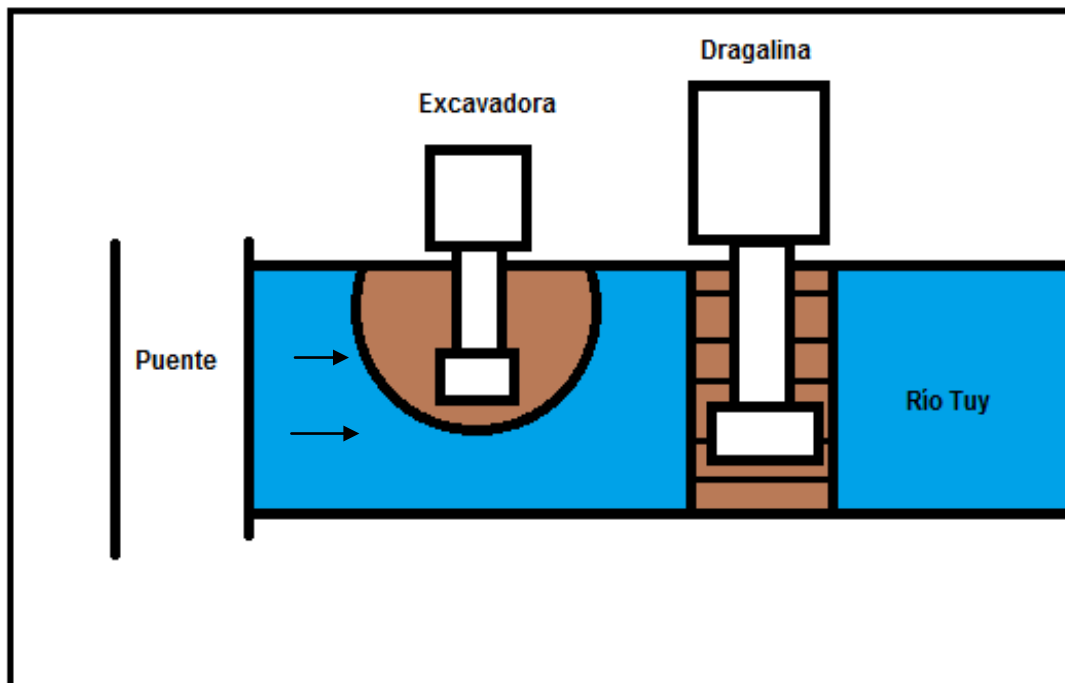


Figura N° 29. Alcance horizontal vista en planta. Fuente: Propia

4.17 DISTANCIA RECORRIDA POR EL CUCHARON

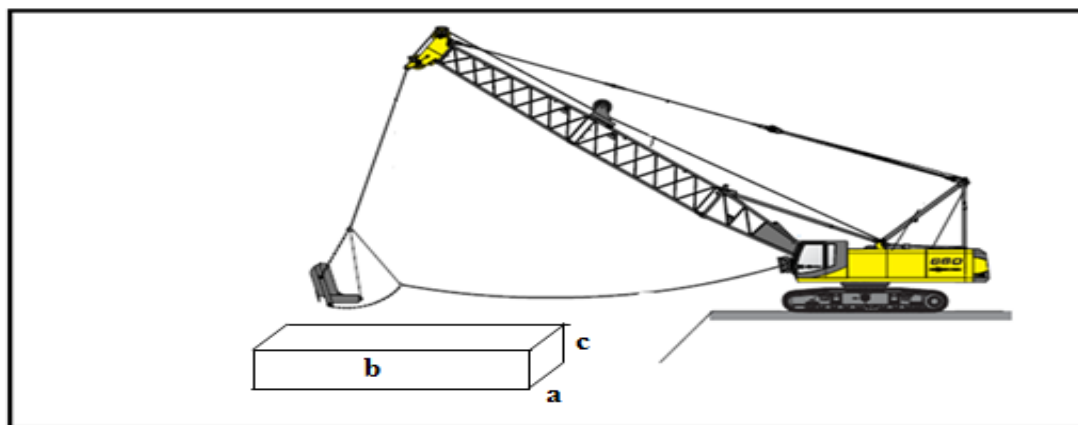


Figura N° 30. Distancia recorrida por el cucharón en el lecho del río. Fuente: Propia

Profundidad (c) = 1,5m

Volumen (V) = 2,49m³

Ancho del balde (a) = 0,85m

$V = a * b * c \Rightarrow 2,49\text{m}^3 = 0,85\text{m} * b * 1,5\text{m} \Rightarrow b = 2,49\text{m}^3 / 1,28\text{m}^2$

$b = 1,94\text{m}$

$b = 1,94\text{m}$

En la figura N° 30, muestra la longitud del tajo que se extrae de material todo en uno, en función a la profundidad calculada de mi lecho socavable de 1,5m, el ancho del cucharón de la Dragalina de 0.85m y el volumen efectivo del cucharón de 2.49m³. Obteniendo un valor de 1, 94m.

4.18. CÁLCULOS PARA SELECCIÓN DE MAQUINARIA DE CARGA Y ACARREO

Resultados estimados de selección de equipos de acarreo, esta selección es de gran importancia para la explotación de la mina y permitirá cumplir con las metas de producción de la arenera Araguita. Como se muestra en la tabla N° 26, se propone para el acarreo de material 3 camiones tipo volteo de capacidad de 25 Tn, una retroexcavadora con capacidad de cucharón de 1m³ y la propuesta de una dragalina con capacidad nominal del cucharón de 3m³ como se muestran en la tabla N° 28.

Tabla N° 26. Selección equipo de acarreo.

Datos y resultados para la determinación de la maquina de acarreo	
Capacidad de carga (Tn)	24.75
Número de pases reales	3.0
Tiempo estimado de viaje (Min)	7.49
Número de viajes/ hora	8.0
Producción del camión (Tn/h)	131.47
Números de camiones requerido	3

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 27. Selección equipo de carga.

Datos y resultados para la determinación de maquinas de carga	
Produccion requerida m3/h	96.36
Factor del cucharón (Tomado de Solanilla (2003))	0.90
Factor de eficiencia operacional (Promedio, Solanilla, 2003)	0.83
Tiempo de ciclo en segundos	28
Ciclos/hora	129
Producción por ciclo (m3)	0.90
Capacidad nominal requerida de cucharón (m3)	1.0
Número de excavadoras requeridas	1

Fuente: Elaboración propia

Con la finalidad de utilizar estos equipos para aliviar las pilas de producción, arena y gravas entre otras operaciones, se sugiere 2 excavadoras con capacidad nominal del balde de 1m^3 , como se muestra en la tabla N° 27.

Tabla N° 28. Selección número de dragalina.

Datos y resultados para la determinación de maquinas de carga	
Produccion requerida m^3/h	145.67
Factor del cucharón (Tomado de Solanilla (2003))	0.90
Factor de eficiencia operacional (Promedio, Solanilla, 2003)	0.83
Tiempo de ciclo en segundos	55
Ciclos/hora	65
Producción por ciclo (m^3)	2.70
Capacidad nominal requerida de cucharón (m^3)	3.00
Número de dragalina requeridas	1

Fuente: Elaboración propia.

Con la producción horaria requerida de 145.67 m^3 se propone la utilización de una dragalina con capacidad nominal del balde de 3m^3 , como se muestra en la tabla N° 28.

Para el equipo que se encarga de cargar el material de la playa conformada a los camiones, se propone un cargador frontal con capacidad nominal del balde de $4,5 \text{ m}^3$, como se muestra en la tabla N° 29. Con tres pases llenara el camión de material todo en uno.

Tabla N° 29. Selección número de cargador frontal.

Datos y resultados para la determinación de maquinas de carga	
Produccion requerida m^3/h	157,99
Factor del cucharón (Liebherr Manual de fabricante, 2013)	0,90
Factor de eficiencia operacional (Promedio, Solanilla, 2003)	0,83
Tiempo de ciclo en segundos (Solanilla, 2003)	87,00
Ciclos/hora (Solanilla, 2003)	47,00
Producción por ciclo (m^3)	4,05
Capacidad nominal requerida de cucharón (m^3)	4,5
Número de cargadores frontales requeridos	1

Fuente: Elaboración propia.

En la figura N° 31, se muestra la Dragalina Marca Sennebogen modelo 660HD. Equipo que pertenece a la Arenera Aponte que se encuentra en las cercanías de la Arenera Araguaita y se toma como referencia para visualizar como opera esta máquina en el río.



Figura N° 31. Dragalina . Fuente: Foto propia

4.19 HISTÓRICO DEL DESPACHO DE ARENA LAVADA

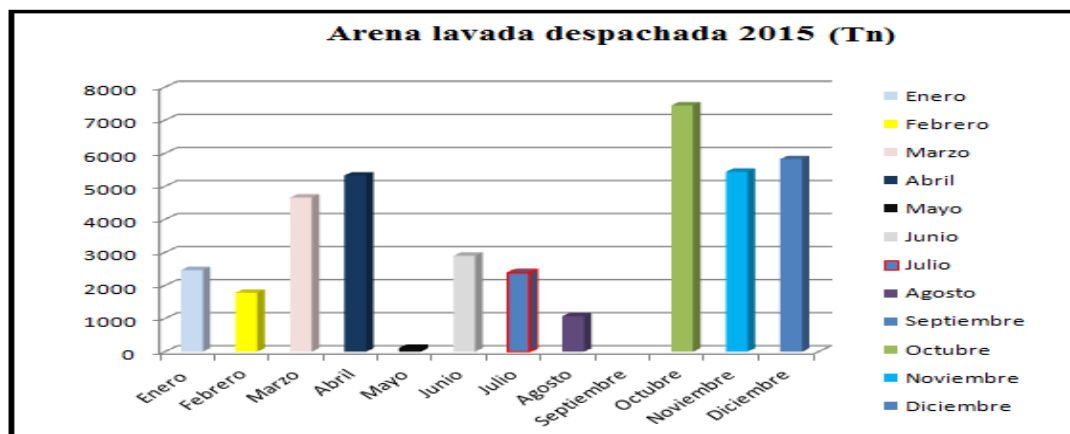


Gráfico N° 04. Arena lavada despachada en el año 2015. Fuente: Elaboración propia

En el Grafico N° 03, se muestra el histórico de arena lavada despachada durante el año 2015, la cantidad despachada mensual está reflejada en toneladas. En el primer trimestre del año 2015 muestra un promedio de 2960 tn. de Arena lavada, material todo en uno que fue extraído del rio con el uso de la excavadora marca

XCMG. Mientras que en el trimestre del año 2016 fue usado para la extracción de material todo uno se utilizó la dragalina, muestra un promedio de 4200 tn. de arena lavada.

En el grafico N° 04, se refleja el histórico de arena lavada despachada en lo que va de año 2016.

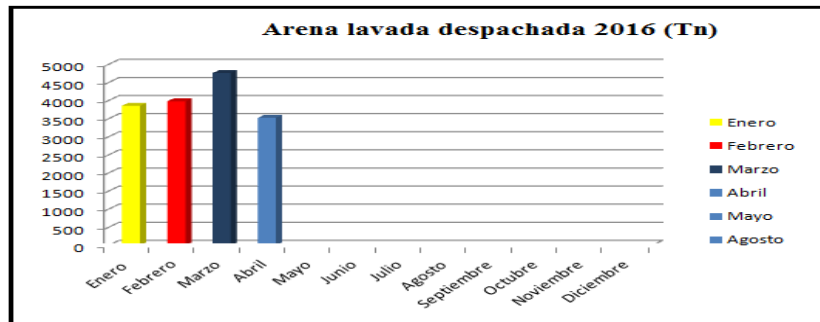


Gráfico N° 05. Arena lavada despachada en lo que va del año 2016. Fuente: Elaboración propia

4.20 COMPARACIÓN DE UNA DRAGA CON UNA DRAGALINA

- Para dragar se debe contar con el medio o el entorno para adaptar el sistema de explotación y de esta manera pueda funcionar.
- Debe tener poca profundidad para que la pluma trabaje con la mínima inclinación, ya que a menor inclinación mejor es el dragado pero si se coloca la pluma de forma vertical la energía de la bomba seria mayor.
- La granulometría para draga es hasta 3/8"
- Porque no mayor a 3/8", porque es el estándar para todas las dragas, hasta ahora en el mercado no existe una draga que pueda extraer grava, ya que no es rentable y para esa condición mayor a 3/8" usamos la dragalina.

CAPITULO V
ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el siguiente capítulo a continuación, se analizan los resultados obtenidos a partir de las fórmulas empleadas.

5.1. RESERVAS PROBADAS

Bajo el criterio de la socavación general, esos 2m de material que se encuentra en el lecho del río, si no los remueve la empresa, lo remueve la naturaleza, lo que quiere decir que son perfectamente explotables esos 2m ya que eran removidos de forma natural por el río bajo la concepción de la creciente de 10 años. Ahora bien, bajo ese criterio de remover lo que se ubica dentro del parámetro de socavación, se asume el valor más conservador para secciones contraídas de un canal de diseño de 70 m. lo cual sería un valor de 1,5 m en vez de 1,93 m. A razón de este cambio de parámetro de socavación se tomo la decisión de explotar a partir de la progresiva 0 + 254 hasta la 0+ 800 y no desde la progresiva 0+075 y 0+884, ya que en ese tramo está concentrado el 51,89 % de las reservas probadas calculadas en ese momento. Se tomo la rasante en promedio de 50 m.s.n.m. entre esas progresivas y se calculó el volumen en el primer metro y medio, dando como resultado el volumen probado de 73.443 m³.

En función a mi potencial de arrastre estadístico de 20.000 m³/mes se estima una producción anual de 240.000 m³

5.2. PROMEDIO DEL ACARREO DE LA PRODUCCIÓN MENSUAL

Tabla N° 30. Comportamiento promedio en el acarreo en la producción mensual a la tolva.

Material acarreado del frente de excavación a la tolva		
Equipo	Excavadora XCMG	Dragalina Sennebogen (3m ³)
Disponibilidad mecánica (%)	75	85
Velocidad promedio	25 km/h	25 km/h
Tiempo Total del ciclo (seg)	28	55
Producción N° Camión x Día (m ³ /día)	470	805
Flota de camiones	1	1
Capacidad producción (m ³ /mes)	10.335	17.706

Fuente: Elaboración propia.

La extracción de material todo en uno con la dragalina cuya capacidad nominal del balde es de 3m³ aumenta un 70 % en la extracción de material todo en uno, en comparación a la excavadora. Así lo muestra la tabla N° 30.

La dragalina obtiene una producción mensual de 17706m³ generando una estimación en la producción anual de 212.468m³, esto da como resultado un 11% menos a la estimación anual calculada de 240.000m³ y se pudiera alcanzar la producción anual si se mejoran la disponibilidad mecánica de los equipos.

5.3. CALCULO DE EXTRACCIÓN DE MATERIAL TODO UNO POR DÍA

En la tabla N° 31, indica que la extracción de todo el volumen efectivo utilizando una dragalina con capacidad de balde de 3m³, se calculó que en 71 días se puede explotar el material todo en uno depositado en las 9 trincheras principales, estos resultados indica que la dragalina extrae el volumen calculado en menor cantidad de días, dando una ventaja de un mes y medio en comparación con la excavadora.

Tabla N° 31. Días de extracción usando una dragalina capacidad de balde 3m³ y con una excavadora capacidad de balde 1m³.

Progresiva	Trinchera	Volumen (m ³)	Días con dragalina (3m ³)	Días con excavadora (1m ³)
0+254,54	1	6.162	8	13
0+339,45	2	4.765	6	10
0+382,45	3	7.738	10	16
0+461,91	4	10.413	13	22
0+496,81	5	8.442	10	18
0+557,21	6	3.903	5	8
0+630,27	7	3.610	4	8
0+667,92	8	6.743	8	14
0+735,92	9	5.670	7	12
0+883,50	10	15.998	20	34
	Total	73.443	91	156

Fuente: Elaboración propia.

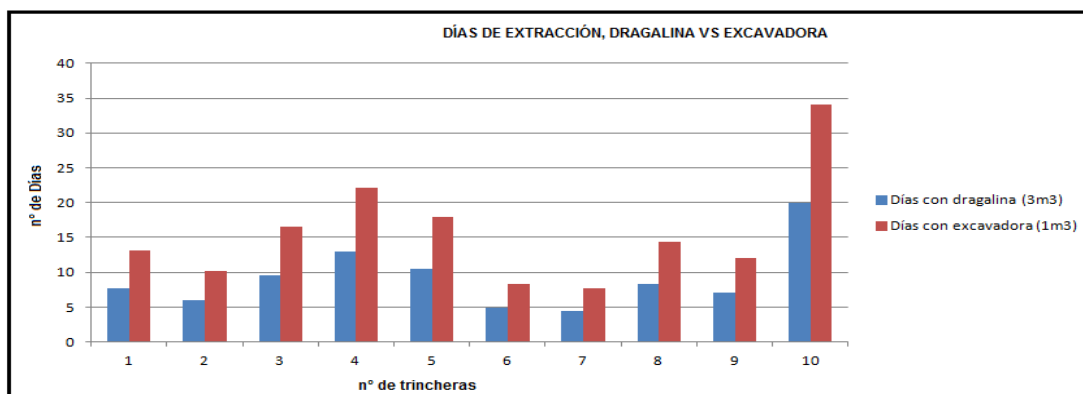


Grafico N° 06. Comparación de los días de extracción usando Dragalina y Excavadora.

En el grafico N° 06, se muestra de forma clara como la dragalina puede extraer en promedio el potencial de arrastre estadístico, el cual es 20.000 m^3 , en menor cantidad de días.

5.4. PRODUCCIÓN ESTIMADA

Se ha estimado una producción anual de $\pm 240.000 \text{ m}^3/\text{año}$ a razón de $\pm 20.000 \text{ m}^3/\text{mes}$ para un periodo de retorno de 10 años, se muestra la producción de material todo en uno explotado por una dragalina en un turno dando como resultado 804.80 m^3 , manteniendo el régimen de extracción en un mes daría como resultado $17.705,60 \text{ m}^3$. La extracción de material todo en uno es con la dragalina cuya capacidad nominal del cucharón es de 3 m^3 , como se muestra en la tabla N° 32.

Tabla N° 32. Datos de operaciones.

Datos operacionales		
Equipo	Excavadora XCMG	Dragalina Sennebogen
Material	Material granular (arena, gravas, limos y arcillas)	
Días/año	± 251	± 251
Meses/año	12	12
promedio de días/mes	± 22	± 22
Turnos/día	1	1
Horas/turno	8	8
Horas efectivas	6,5	6,5
Producción/hora(m^3)	96	146
Producción/día(m^3)	470	805

Fuente: Elaboración propia.

5.5. RECOMENDACIONES PARA SELECCIÓN DE MAQUINARIA DE CARGA Y ACARREO

Resultados estimados de selección de equipos de acarreo, esta selección es de gran importancia para la explotación de la mina y permitirá cumplir con las metas de producción de la arenera Araguaita. El número de camiones que permite cumplir con el acarreo del material todo en uno desde la playa conformada hasta la tolva con una distancia aproximada de 800m. es de 3 camiones de 25tn. cada uno.

El cargador frontal con capacidad nominal del cucharón de 4.5m^3 se utiliza para la carga de material todo en uno al camión cuya capacidad es de 25tn cargando solo 3 pases por camión.

5.6. CRONOGRAMA DE EXTRACCIÓN Y ROTACIÓN DE TRINCHERAS

En base a los resultados de las evaluaciones fluviales realizadas al río Tuy, se presenta un cronograma de extracción de material con la finalidad de garantizar su reposición natural, de esta forma se realizara semestralmente en función al volumen de cada trinchera, como se muestra en la tabla N° 35. Si la meta establecida es de $20.000\text{ m}^3/\text{mes}$, este cronograma identifica que con la extracción de las tres primeras trincheras se extrae en el mes de enero una cantidad 18.665m^3 , para el mes de febrero se explotan las trincheras N° 4, 5 y 6 una cantidad de 20.758m^3 y para marzo se extraen en las trincheras N° 7, 8 y 9 una cantidad de 16.023m^3 . En seis meses, que sería, desde enero hasta junio estaríamos extrayendo la cantidad prevista en las reservas probadas con una cantidad de 110.891m^3 . Al proyectar este valor a un año tenemos un volumen efectivo de extracción de 22.1781m^3

Tabla N° 33. Cronograma anual de extracción utilizando una dragalina sobre las trincheras.

Cronograma de extracción de sedimento con uso de Dragalina									
	Trincheras								
Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Enero									
Febrero									
Marzo									
Abril									
Mayo									
Junio									
Julio									
Agosto									
Septiembre									
Octubre									
Noviembre									
Diciembre									

Fuente: Elaboración propia



Figura N° 32. Aspecto del río Tuy actualmente. Fuente: Propia

En la figura N° 32, muestra como el meandro erosiona la parte externa del río, la línea punteada muestra como se puede corregir y eliminar el meandro con el uso de la dragalina.

5.7. ORGANIZACIÓN Y PERSONAL

Las actividades de planificación y operación se efectuaran bajo la coordinación de la gerencia de operaciones, los cuales concretarán los criterios necesarios para verificar con lo establecido en el futuro plan de explotación. Se describe a continuación el perfil del personal, para cumplir con las metas establecidas. A continuación los perfiles requeridos se muestran en la tabla N° 36.

Tabla N° 36. Perfil del personal requerido.

Perfil del personal requerido	
Cargo:	Supervisor de operaciones
Responsabilidades	Velar por la vigilancia de las actividades mineras, además de la salud y seguridad de los trabajadores en la mina.
Perfil	Profesional de ingeniería de minas, conocimientos en interpretación de planos, dominio de las normas vigentes, disciplina, noción en programas de diseño asistido por computadora, trabajar en equipo, tomar decisiones, recibir y dar instrucciones, sensibilidad social e iniciativa.
Cargo:	Operador de equipos de carga
Responsabilidades	Encargado del funcionamiento de los equipos de carga
Perfil	Bachiller, experiencia previa en el manejo de un cargador frontal o Dragalina, poseer licencia de 5ta, certificado médico vigente, trabajar en equipo, cumplimiento de instrucciones, disciplina, espíritu de colaboración.
Cargo:	Supervisor de planta
Responsabilidades	Velar por la inspección de las actividades de beneficio mineral,

	además de la salud y seguridad de los trabajadores de la planta.
Perfil	Profesional de ingeniería de metalúrgica, organización y administración de procesos industriales, conocimiento de los métodos de control de calidad.
Cargo:	Choferes de camiones
Responsabilidades	Encargado del funcionamiento del camiones
Perfil	Bachiller, experiencia previa en el manejo de un camión roquero, poseer licencia de 5ta, certificado médico vigente, trabajar en equipo, cumplimiento de instrucciones, disciplina, espíritu de colaboración.
Cargo:	Operadores de planta
Responsabilidades	Responsables del funcionamiento y mantenimiento de los equipos de planta del tractor.
Perfil	Profesional técnico superior del mantenimiento mecánico, experiencia previa y conocimiento de los equipos de beneficio mineral, trabajar en equipo, cumplimiento de instrucciones, disciplina, espíritu de colaboración, toma de decisiones e iniciativa.
Cargo:	Mecánico de maquinaria pesada
Responsabilidades	Realizar mantenimiento preventivo y correctivo de la maquinaria pesada, asimismo velar por la salud y seguridad de los trabajadores.
Perfil	Bachiller, experiencia previa en el mantenimiento de equipos pesados, disciplina, recibir y dar instrucciones, redactar informes, trabajar en equipo, conocimiento de las normas de seguridad e higiene vigentes.
Cargo:	Mecánico de vehículos
Responsabilidades	Realizar mantenimiento preventivo y correctivo de los vehículos livianos, asimismo velar por la salud y seguridad de los trabajadores.

Perfil	Bachiller, experiencia previa en el mantenimiento de los vehículos livianos, disciplina, recibir y dar instrucciones, redactar informes, trabajar en equipo, conocimiento de las normas de seguridad e higiene vigentes.
Cargo:	Asistentes de mecánica
Responsabilidades	Brindar apoyo al mecánico de maquinaria pesada y de vehículos livianos.
Perfil	Iniciativa, observador acucioso, sentido común, trabajar en equipo, cumplimiento de instrucciones, disciplina, espíritu de colaboración.
Cargo:	Gerente general
Responsabilidades	Inspector del funcionamiento de las áreas de operaciones mineras, beneficio mineral, mantenimiento mecánico, perforación y voladura además de llevar la contabilidad.
Perfil	Profesional de ingeniería de minas, experiencia comprobable en la industria por 10 años, conocimientos en la interpretación de planos, conocimiento de las normas de seguridad e higiene vigentes, redactar informes, cumplir con cronogramas, imparcialidad en la toma de decisiones.
Cargo:	Administrador
Responsabilidades	Encargado del pago de los impuestos, gastos administrativos y de operaciones, venta del mineral, cotizaciones en cuanto a la compra/venta de los equipos y materiales.
Perfil	Profesional en administración, experiencia en la industria minera ocupando cargos similares, ética de trabajo, saber redactar informes, diligente, colaborador.
Cargo:	Asistente de administración
Responsabilidades	Apoyar al administrador

Perfil	Profesional técnico superior en administración de empresas, disciplina, recibir y dar instrucciones, redactar informes, trabajar en equipo.
Cargo:	Secretaria
Responsabilidades	Recibir e informar sobre la correspondencia, archivarla, transcribir informes y enviarlos, atender llamadas telefónicas.
Perfil	Bachiller, poseer cursos secretariales, conocimiento del manejo de computadoras y habilidad para las herramientas de internet, disciplina, recibir instrucciones.
Cargo:	Vigilantes
Responsabilidades	Brindar seguridad al personal y a las instalaciones.
Perfil	Pertenecer a la reserva militar, informar diariamente sobre los acontecimientos, inspeccionar las entradas y salidas de personal.
Cargo:	Personal de limpieza
Responsabilidades	Mantener las instalaciones aseadas, informar sobre los insumos requeridos.
Perfil	Iniciativa, observador acucioso, sentido común, trabajar en equipo, cumplimiento de instrucciones, disciplina, espíritu de colaboración.
Cargo:	Enfermero
Responsabilidades	Encargado de la atención primaria de los empleados.
Perfil	Sexo: masculino, licenciatura en enfermería, experiencia en cargos similares, espíritu de colaboración.

Fuente: Elaboración propia

5.7.1 PERSONAL PROPUESTO

Ante la implementación de la dragalina como método de explotación, se expone una propuesta del personal que se requiere en la arenera Araguaita de Venezolana de Cementos S.A.C.A.

- **PARA EL DRAGADO DEL RÍO:**

- ✓ Un (1) Supervisor de operaciones
- ✓ Un (1) Operador de cargador frontal
- ✓ Un (1) Operador del equipo auxiliar (Tractor)
- ✓ Tres (3) Choferes de camiones tipo volteo
- ✓ Un (1) Operador de dragalina
- ✓ Un (1) Obrero

- **PARA LA PLANTA DE BENEFICIO MINERAL:**

- ✓ Un (1) Supervisor de planta
- ✓ Un (1) Operadores de planta
- ✓ Dos (2) Obreros
- ✓ Un Operador de excavadora Hidráulica

- **EN LA GERENCIA Y ADMINISTRACIÓN**

- ✓ Un (1) Gerente general
- ✓ Un (1) Administrador
- ✓ Un (1) Asistente de administración
- ✓ Una (1) Secretaria
- ✓ Dos (3) Vigilantes
- ✓ Un (1) Enfermero
- ✓ Dos (2) Personal de limpieza

- **PARA EL TALLER MECÁNICO**

- ✓ Un (1) Mecánico de maquinaria pesada
- ✓ Un (1) Mecánico de vehículos
- ✓ Dos (2) Asistentes de mecánica

CONCLUSIONES

- El volumen total de las reservas probables y probadas desde la progresiva 0+075 hasta la progresiva 0+883.50 es de **141.543 m³**.
- Desde la progresiva 0+ 254.54 hasta la progresiva 0+ 883.50 se encuentran las reservas probadas con un volumen efectivo de 73.443 m³.
- El cálculo del arrastre de sedimento representada por la ecuación MEYER-PETER- FAVER- EINSTEIN, dio como resultado la probabilidad de ocurrencia del caudal para un periodo de retorno de 10 años, se obtiene potencial de arrastre real estadístico 791, 53 m³/ día en promedio.
- El cálculo de la socavación general por la ecuación LISCHTVAN LEVEDIEV, para una canal de diseño de 70m se obtuvo resultados un espesor de 1, 93m. lo que significa que ese espesor si no lo explota el mismo río por su propia energía cinética es capaz de removerlo ahora bien, para fines mas ambientales y por dictamen del ministerio del ambiente, no se puede explotar material todo en uno a una profundidad no mayor a 1.5 m.
- Una vez implementada la dragalina como método de explotación, se laborará de igual forma 255 días/año aproximadamente, con la finalidad de alcanzar una producción 805 m³/día, es decir 17.706m³/mes y producción dependerá de los requerimientos de la planta de beneficio.
- Se ha proyectado la explotación de 240.000m³ al año de material todo-uno del lecho del río, las cuales se sitúan para este lapso anual en 20.000m³/mes, de material **IN SITU**.
- Los equipos de carga seleccionados son un (1) cargador frontal con una capacidad nominal de cucharón de 4,50m³ y su función será el cargar el material todo en uno que se encuentra a orilla de playa a los camiones.

- La implementación de una Dragalina con capacidad nominal del cucharón de 3m^3 y un largo de pluma de 30m. Podrá mejorar en un 71,32 % los niveles de extracción de material todo en uno.
- Los equipos de acarreo son tres (3) camiones tipo volteo con una capacidad de carga de 25 Tn, los cuales serán llenados con tres (3) pases para una producción de 131,47 Tn/hora y su tiempo aproximado por viaje será de 7,40 minutos.
- El empleo de una retroexcavadora con una capacidad nominal del cucharón 1m^3 y alcance horizontal de 12 m limita la extracción. Ante esta realidad surge la inquietud de realizar la implementación del método de dragado con una dragalina con capacidad de balde de 3m^3 y alcance de 3 a 4 veces con respecto al excavador. Con la puesta en funcionamiento de una dragalina se estima aumentar los niveles de extracción de material todo en uno y de arena lavada en este sentido, la producción de arena lavada está relacionada directamente con la capacidad de carga del equipo de extracción de material todo en uno, mientras mayor sea la capacidad del balde superior será el rendimiento.
- Al colocar una excavadora con la misma capacidad nominal del cucharón de la dragalina se extrae la misma cantidad de arena que la dragalina pero el único inconveniente que hay, es que la dragalina la colocamos a orilla de la playa conformada y se lanza el cucharón, entonces se tiene un barrido de 25 a 29m, ahora la excavadora tendría que hacer base o playa y después debería irse retirando, esto operacionalmente no es rentable.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar la extracción de material todo en uno que no exceda los 1,5m de profundidad para no dañar el lecho socavable.
- Realizar un avance ordenado y sistemático en las trincheras de explotación, teniendo especial atención a las dimensiones y su profundidad con respecto al plano horizontal.
- De acuerdo al potencial de arrastre que tiene una probabilidad de ocurrencia de acuerdo al caudal de diseño de 70m, no se debe explotar más allá del potencial de arrastre estadístico mensuales decir, 20.000m^3 .
- Se recomienda la implementación de la Dragalina con capacidad nominal del cucharón de 3m^3 y largo de pluma de 30m, ya que los niveles de extracción mejoran en un 71,32 %.
- Una vez implementada la Dragalina se recomienda mejorar la disponibilidad mecánica y porcentaje de utilización de los equipos de carga y acarreo de material para optimizar el rendimiento de dichos equipos y alcanzar la producción anual estimada.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, J. (1980). “Hidráulica de Sedimentos”. Mérida, Venezuela.
- Bateman, A. (2007). “Hidrología Básica y Aplicada”. Grupo de Investigación en transporte de Sedimentos.
- Caterpillar. (s/f). Hand Book 2000. Caterpillar
- Días, M. (2007). “Manual de Maquinarias de Construcción” 2da Edición. Madrid, España. Editorial: McGraw- Hill. (pag. 558).
- Escalante, K. (2011). “Elaboración de una Propuesta de Explotación Subterránea de Carbón en la Etapa de Ingeniería Conceptual para la Concesión Cazadero 12, ubicada en el Municipio Lobatera en el Estado Táchira”. Trabajo Especial de Grado. Inédito. Universidad Central de Venezuela. Caracas.
- ESTUDIOS MINEROS DEL PERÚ S.A.C. (s/f). “Manual de minería. Ingenieros de Minas”, página web de: http://ingenierosdeminas.org/biblioteca_digital/libros/Manual_Mineria.pdf. [consultado 10 de octubre de 2015].
- De Santis (2016), “Evaluación Fluvial N° 32 de Reservas Probadas y Obras de Control en un tramo del Río Tuy, Aguas Abajo del Puente Aragüita”, Arenera de Venezolana de Cementos Estado Miranda.
- De Santis (2014), “Evaluación Fluvial N° 30 de Reservas Probadas y Obras de Control en un tramo del Río Tuy, Aguas Abajo del Puente Aragüita”, Arenera de Venezolana de Cementos Estado Miranda.

- De Santis (1996), “Evaluación Fluvial N° 01 de Reservas Probadas y Obras de Control en un tramo del Río Tuy, Aguas Abajo del Puente Aragüita”, Arenera de Venezolana de Cementos Estado Miranda.
- Fidias, A. (2012) “El proyecto de Investigación: Introducción a la Metodología Científica”. (Edición N°6). Caracas, Venezuela. Editorial Episteme. p45.
- Fuenmayor, Z. (2014) “Estudio técnico-económico en la Implementación de un Sistema de Bandas Transportadoras para el Acarreo de Estéril en el Área de la Mina paso Diablo sur, Carbozulia s.a.”.T.E.G. U.C.V. Caracas, Venezuela.
- Geymayr, G. (1985). “Todo lo Esencial del Concreto en su Bolsillo”. Valencia, Edo. Carabobo: EGN comunicación S.R.L.
- Gil, S. B. (2013). “Metodología para Calcular la Profundidad de Socavación General en Ríos de Montaña (lecho de gravas)”. T.E.G. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.
- Gobierno Bolivariano de Venezuela, Corporación Socialista de Cemento, Venezolana de Cementos S.A.C.A. (2014), “Solicitud de renovación, permiso especial de explotación. Arenera Araguaita”. Periodo 2014.
- Gobierno Bolivariano de Venezuela, Corporación Socialista de Cemento, Venezolana de Cementos S.A.C.A. (2011), “Solicitud de Renovación, Autorización para Afectación de Recursos Naturales Arenera Araguaita. periodo 2011-2014”.

- Hernández, T. (2003) “Estudio técnico-económico de Sistema de Transporte de Bauxita para la Explotación de los Bloques 5 al 10 del Yacimiento de los Pijiguaos, estado Bolívar”. T.E.G. U.C.V. Caracas, Venezuela.
- Herrera, J. (2006) “Métodos Minería a Cielo Abierto” Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Minas. Pag. 77-
- Hurtado, J. (2010) “El Proyecto de Investigación”. Edición N° 6. Caracas-Bogotá. Editorial Quiron. p98
- Kyle, J., Costello, M. (2006). “Comparison of Measured and Simulated Motion of a Scaled Dragline Excavation System”. Oregon State University, United States.
- López Jimeno, Carlos. (1995). “Manual de Arranque, Carga y Transporte en Minería a Cielo Abierto”. Madrid. Instituto Tecnológico Geominero De España.
- Ministerio del poder popular para la energía y petróleo (MPPPEP), (2005). “Definiciones y Normas de los Tipos de Reservas”. Dirección general de exploración, reserva y tierra
- Navas, J. (2012) “Diagnóstico de las Condiciones Físicas de los Equipos que Operan en las Actividades Mineras a Cielo Abierto en el estado Bolívar en el año 2011”. Trabajo especial de grado. Inédito. Universidad Central de Venezuela. Venezuela, Caracas.

- Soubllette, A. (2012). “Evaluación del Plan de Explotación de Contingencia septiembre-octubre 2011, Realizado por la Contratista bdj5000 (sector 1 nivel 1330 y sector 2 nivel 1190 de la concesión camedas I)”. Trabajo Especial de Grado. Inédito. Universidad Central de Venezuela. Caracas.
- Solanilla, B., Jorge. (2003). Gerencia de Equipos para Obras Civiles y Minería. Bogotá. Editorial: Precolombi–David Reyes.363p.
- Palella, S. (2006). “Metodología de la Investigación Cuantitativa”. Edición N°2. Caracas, Venezuela. Editorial FEDUPEL. p96.
- Peláez, E. (1981). “Preparación y Concentración de Menas. UCV”.
- Porrero Joaquín et al (2012). “Manual del Concreto Estructural”. Editado por SIDETUR. Cuarta Edición. Caracas, Febrero.
- Tamayo, M. (2009). “El Proyecto de la Investigación Científica”. Edición N°5. México. Editorial LIMUSA. p114.
- Venezolana de Cementos S.A.C.A (2014). “Plan Anual de Explotación Correspondiente al Periodo 2014 – 2017”. Caracas, Venezuela.
- Zucarelli, G. (1998). “Flujo en Canales Abiertos: Caracterización en Cursos de la Provincia de Santa Fe”. Universidad nacional del litoral. Argentina

ANEXOS

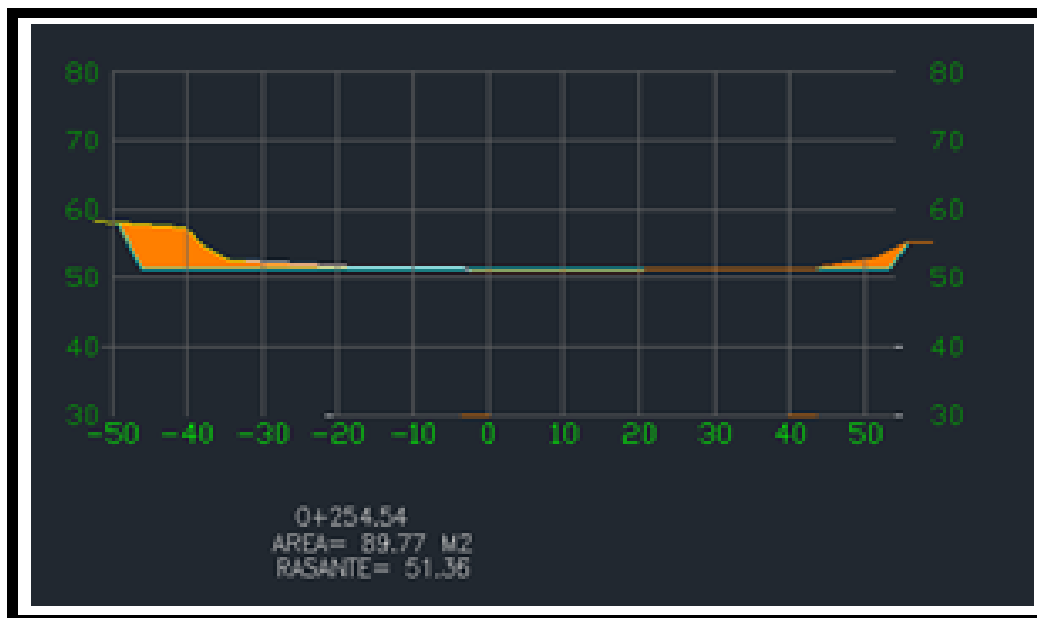


Figura N° 33. Progresiva 0 + 254.54. Fuente: DeSantis (2016)

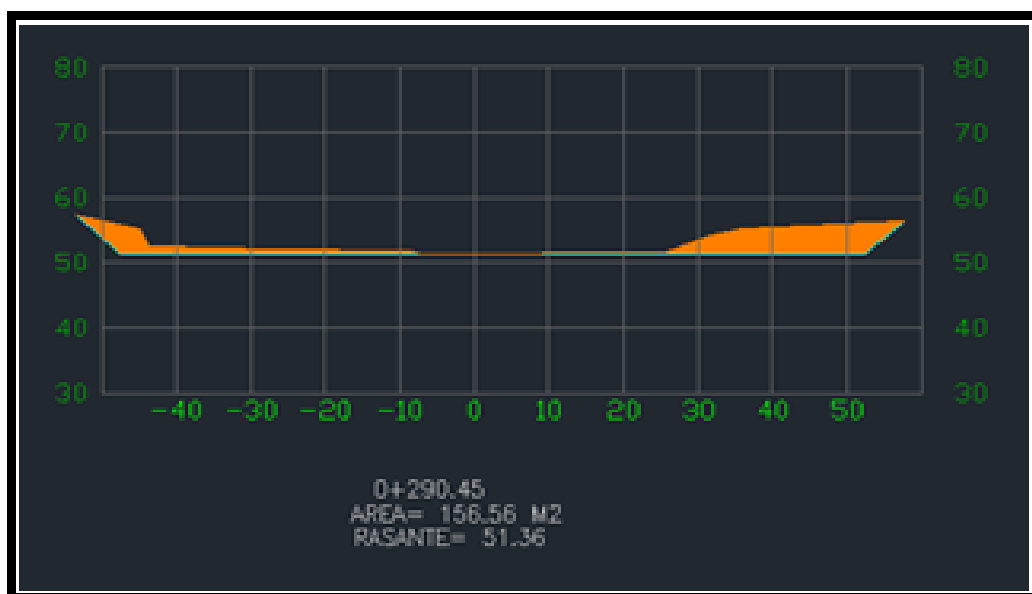


Figura N° 34. Progresiva 0 + 290.45. Fuente: DeSantis (2016)

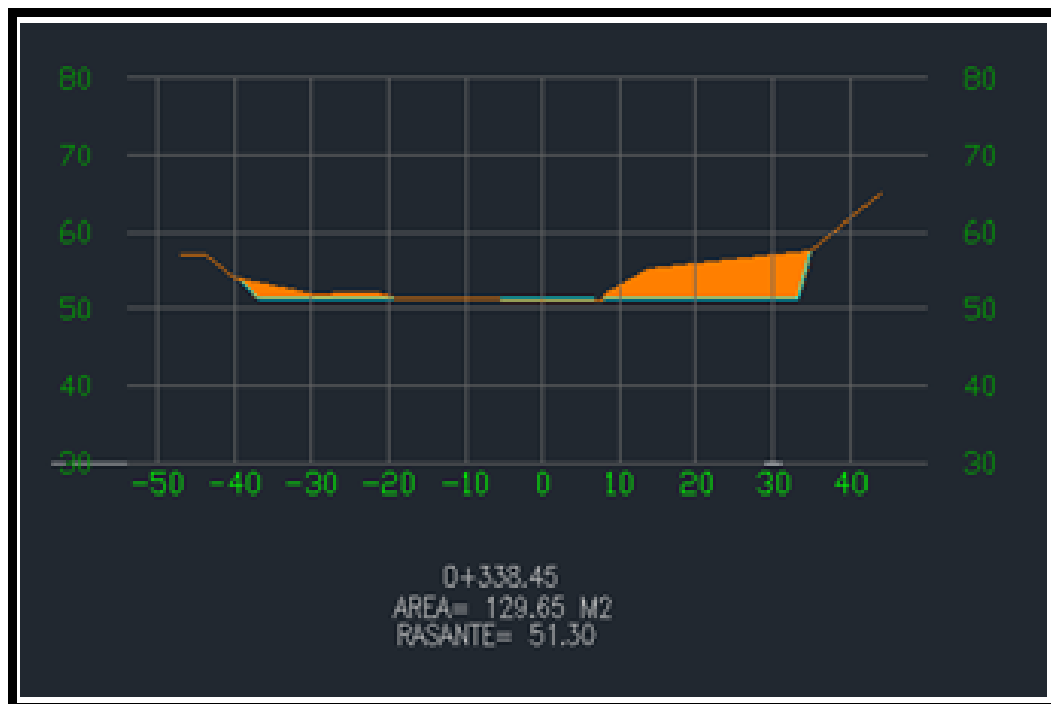


Figura N° 35. Progresiva 0 + 338.45. Fuente: DeSantis (2016)

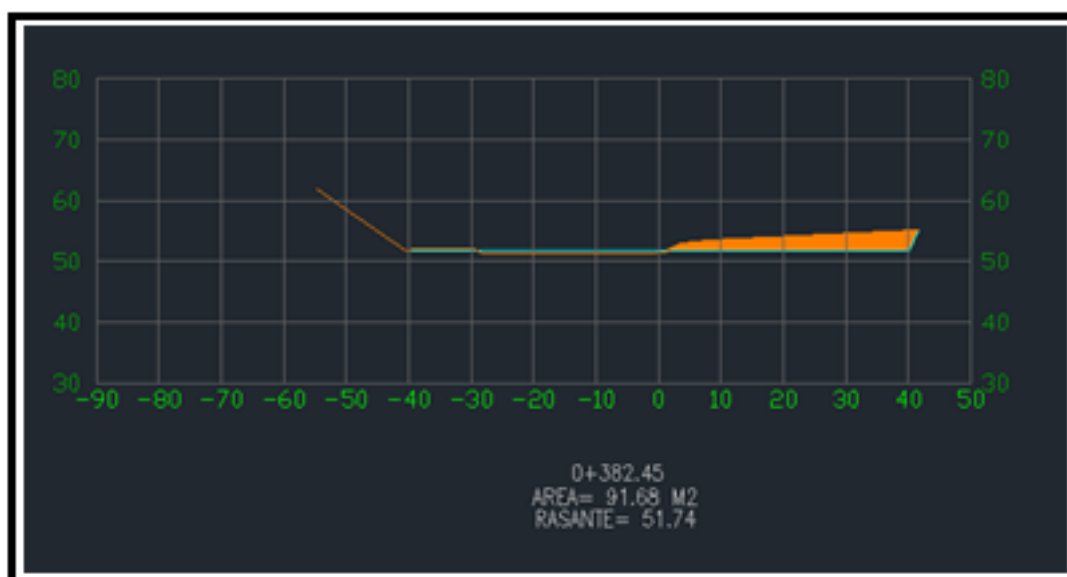


Figura N° 36. Progresiva 0 + 382.45. Fuente: DeSantis (2016)

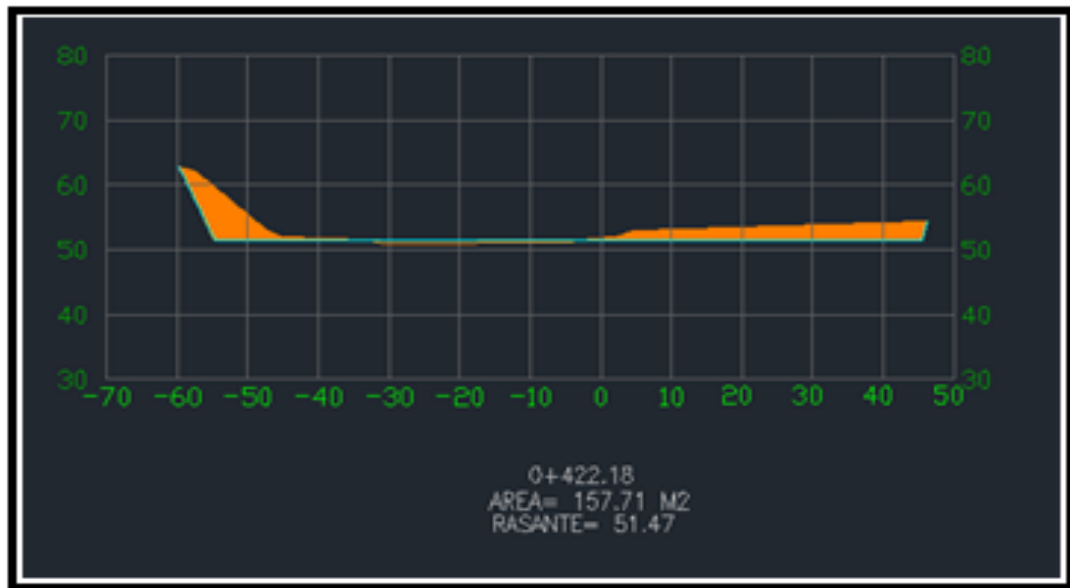


Figura N° 37. Progresiva 0 + 442.18. Fuente: DeSantis (2016)

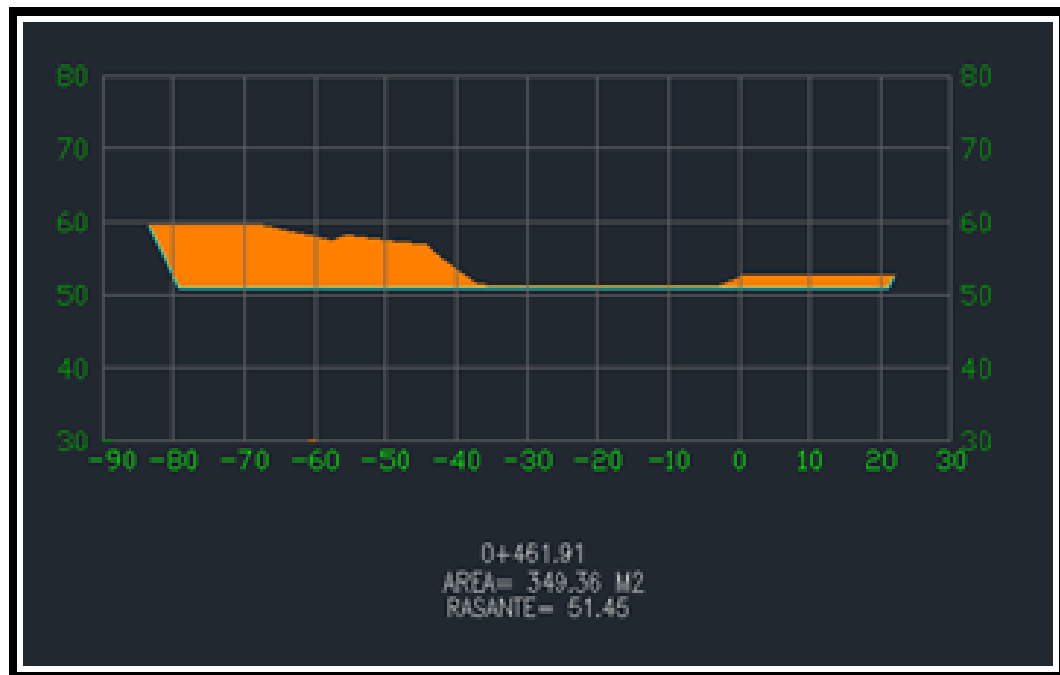


Figura N° 38. Progresiva 0 + 461,91. Fuente: DeSantis (2016)

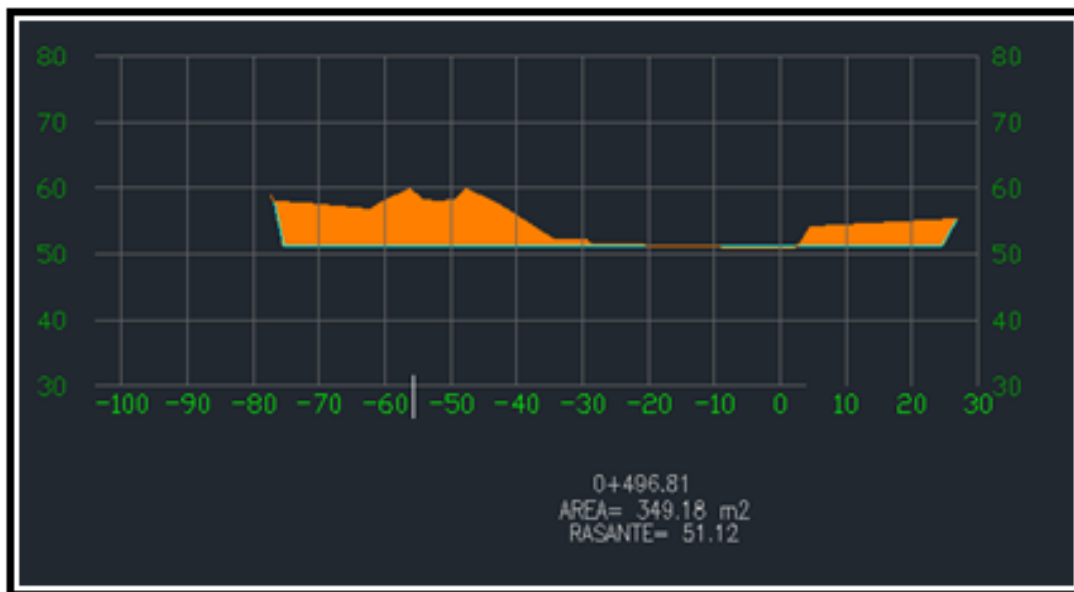


Figura N° 39. Progresiva 0 + 496,81. Fuente: DeSantis (2016)

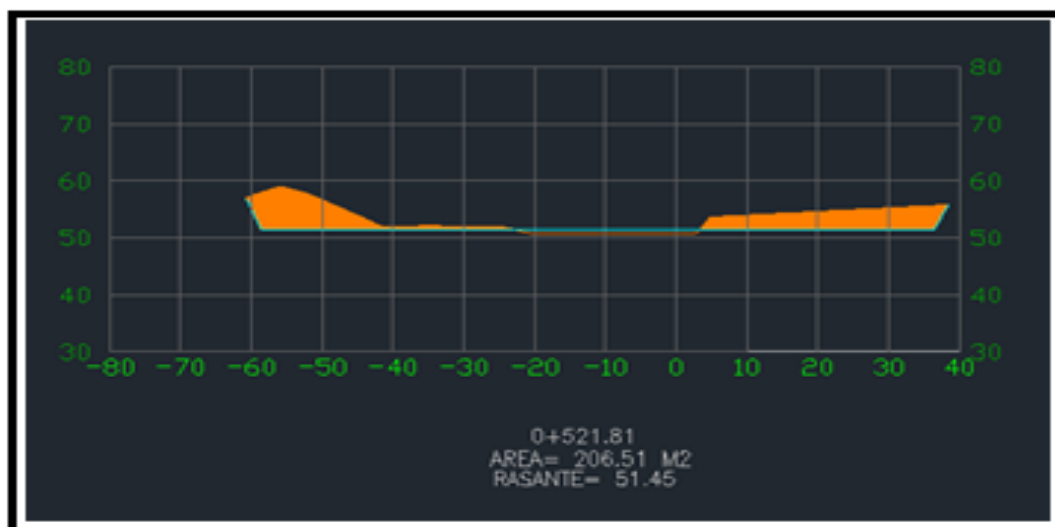


Figura N° 40. Progresiva 0 + 521,81. Fuente: DeSantis (2016)

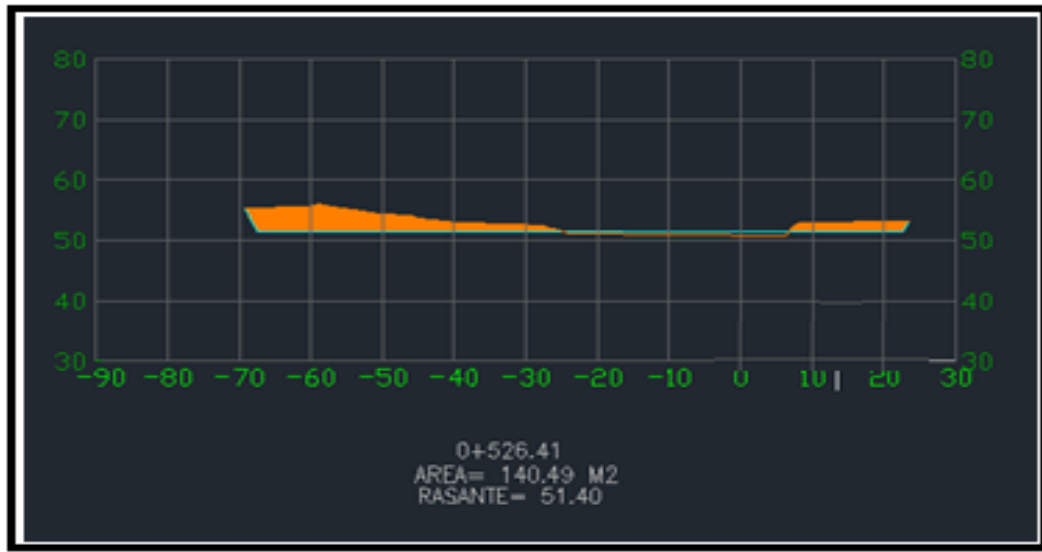


Figura N° 41. Progresiva 0 + 526,41. Fuente: DeSantis (2016)

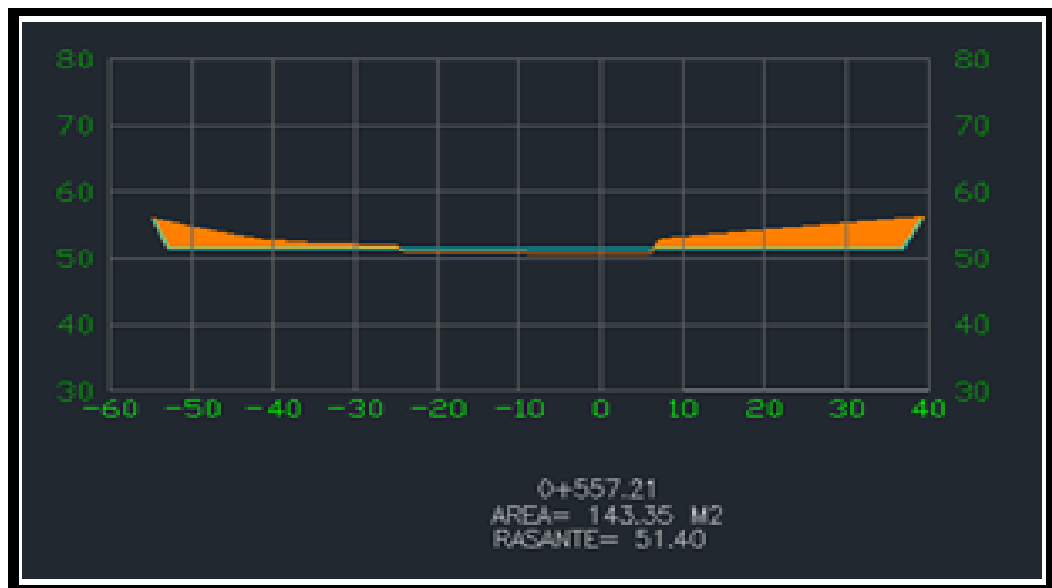


Figura N° 42. Progresiva 0 + 526,41. Fuente: DeSantis (2016)

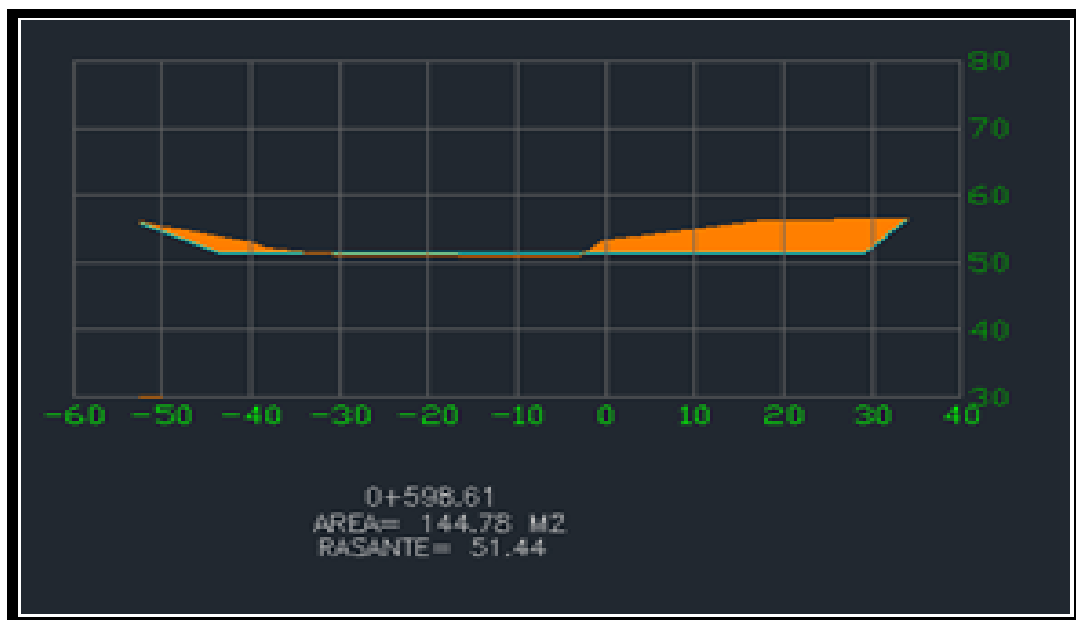


Figura N° 43. Progresiva 0 + 598,61. Fuente: DeSantis (2016)

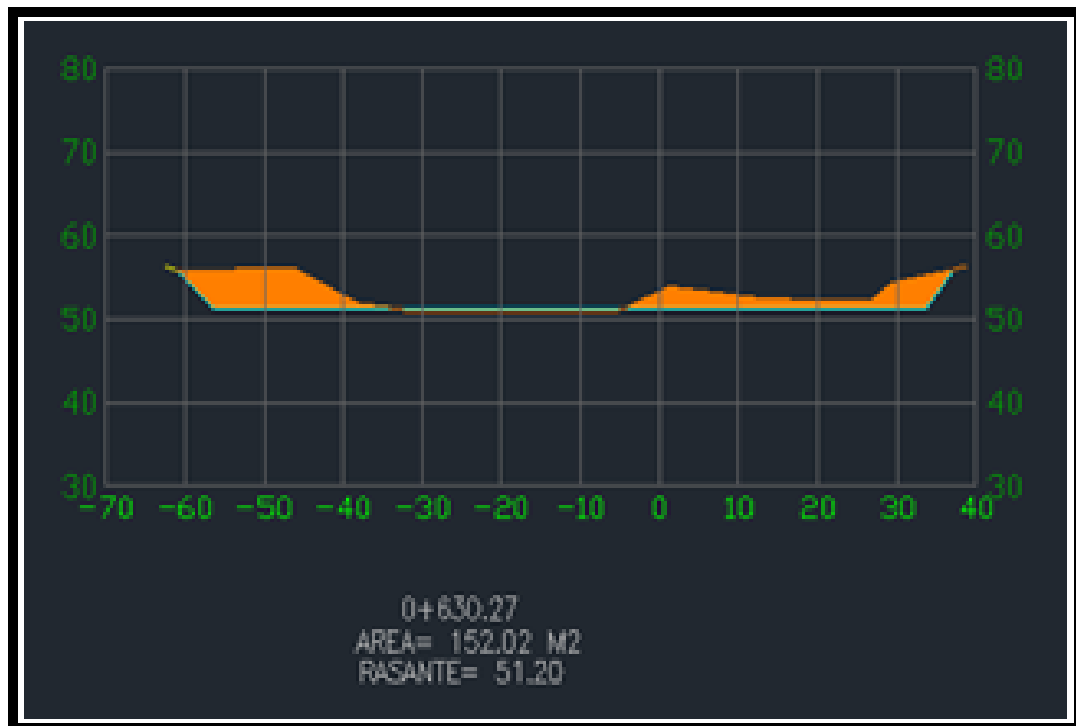


Figura N° 44. Progresiva 0 + 630,27. Fuente: DeSantis (2016)

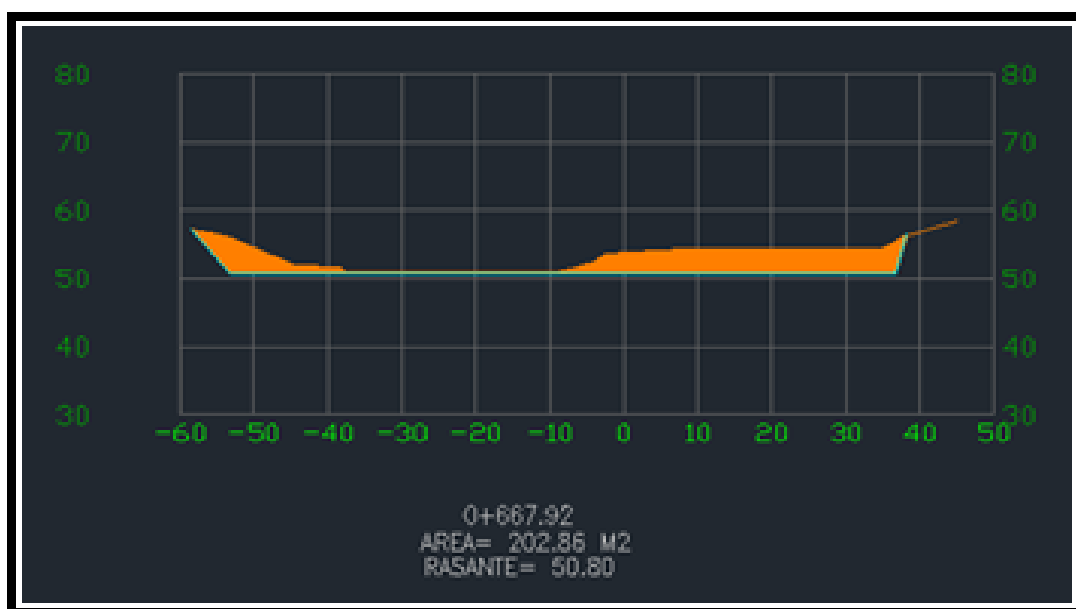


Figura N° 45. Progresiva 0 + 667,92. Fuente: DeSantis (2016)

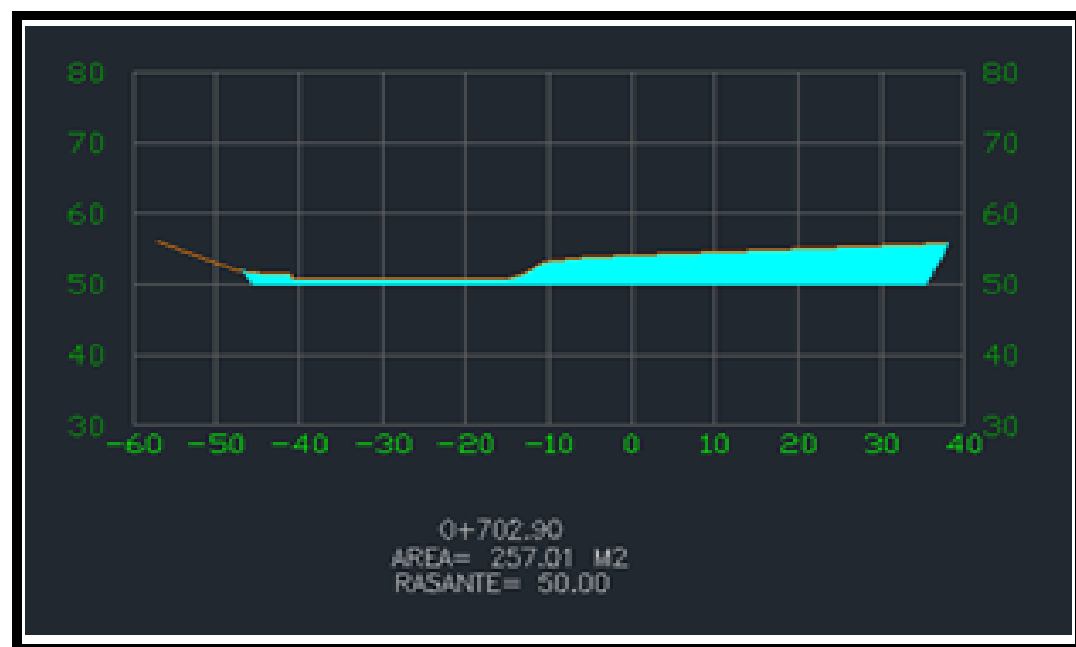


Figura N° 46. Progresiva 0 + 702,90. Fuente: DeSantis (2016)

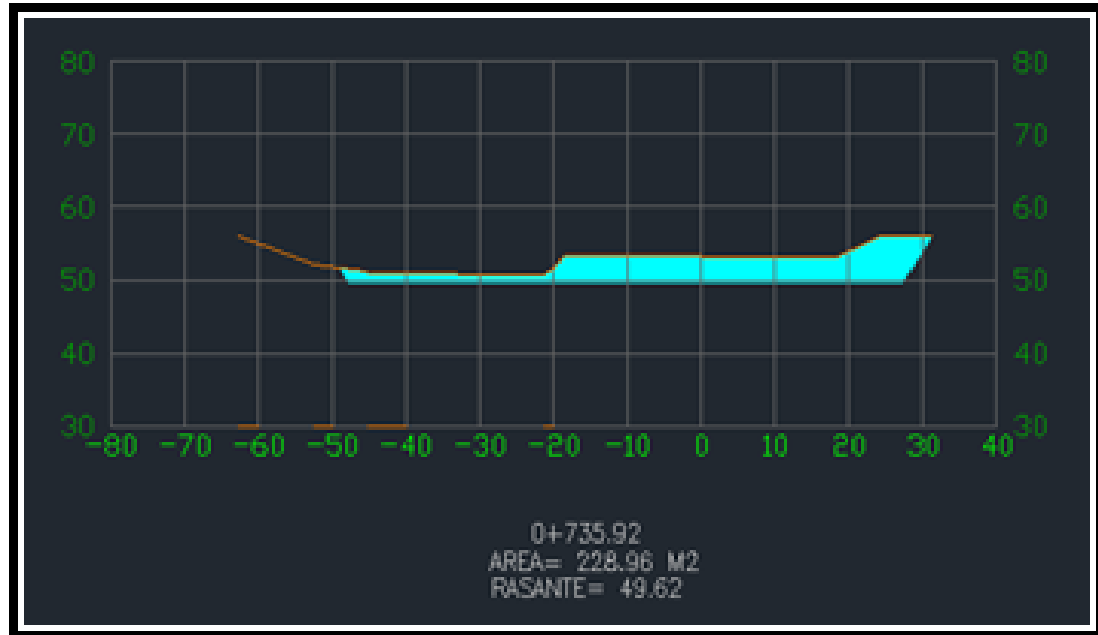


Figura N° 47. Progresiva 0 + 735,92. Fuente: DeSantis (2016)

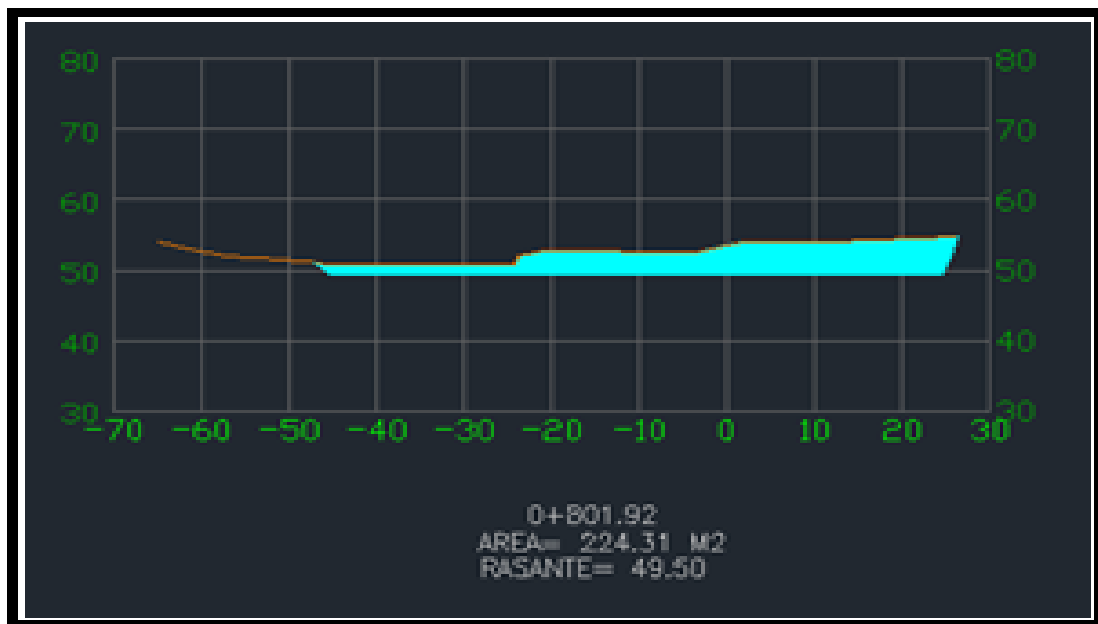


Figura N° 48. Progresiva 0 + 801,92. Fuente: DeSantis (2016)

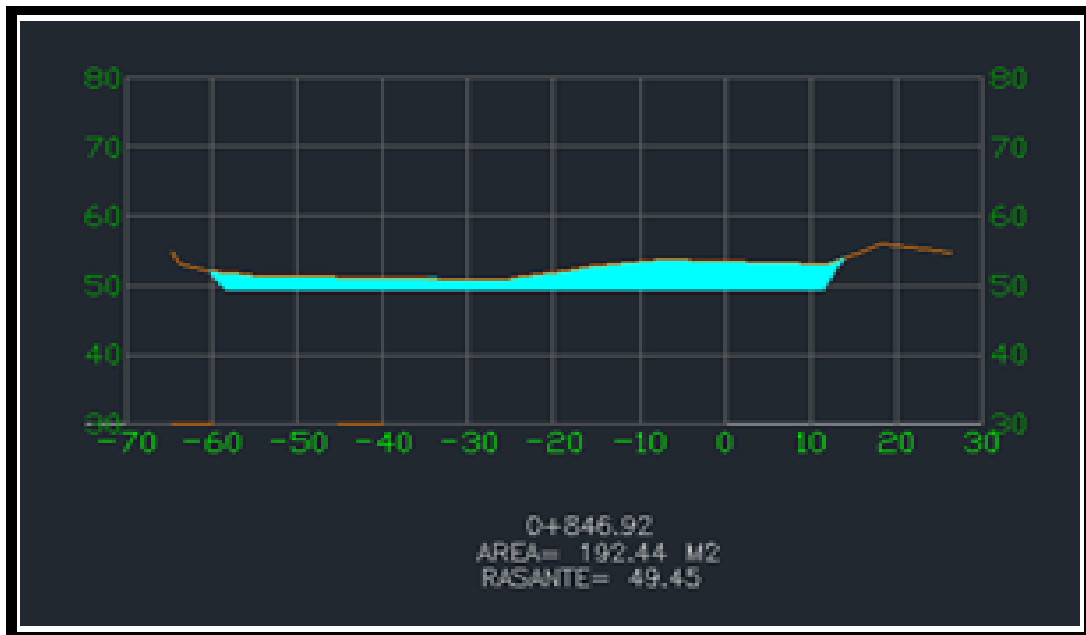


Figura N° 49. Progresiva 0 + 846,92. Fuente: DeSantis (2016)

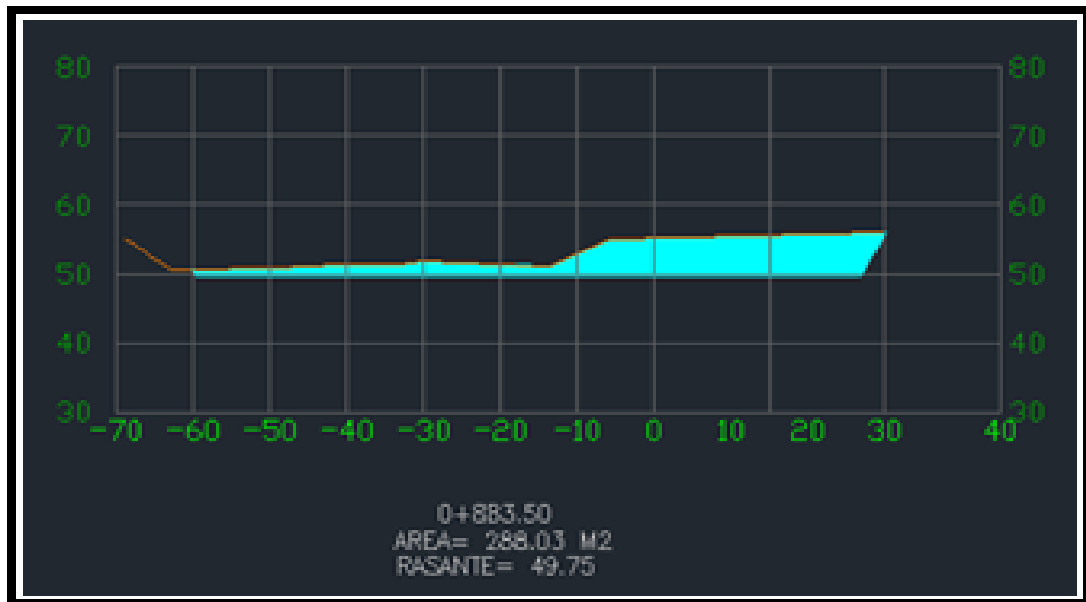


Figura N° 50. Progresiva 0 + 883,50. Fuente: DeSantis (2016)