



**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA.
ESCUELA DE INGENIERÍA DE MINAS.**

**“Diseño de explotación para materiales pétreos en el Río
Boladel de la Concesión Minera María Felicia”**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:
INGENIERO EN MINAS**

Autor:

SANTIAGO DAVID ALARCÓN ESPINOSA

Director:

ERNESTO PATRICIO FEJOO CALLE

CUENCA, ECUADOR.

2016.

DEDICATORIA

A Dios y a la Virgencita del Cisne, por guiar mi camino y brindarme la sabiduría necesaria y sus bendiciones en este proceso.

A Lida y Eduardo, mis padres, por luchar día a día para ver construido este sueño.

A mi segunda Madre, Rita Lucia, por su incansable y desinteresada ayuda, la vida entera no me alcanzará para devolverte todo.

A mis hermanos, Carlos y Rosita, Fernanda y Tatiana, mis sobrinos, Cami y Pipe, por sus palabras de aliento y brindarme fortaleza en este proceso.

A mis ángeles, Ubita, Jimmy, Rosita, Danielito, Pacita, desde donde sea que estén

AGRADECIMIENTOS

A la planta docente de la escuela de Ingeniería en Minas de la Universidad del Azuay, especialmente a los Ingenieros, Fernando, Federico, Juan, Jaime. Gracias infinitas por su ayuda y por extender una mano en mi formación profesional.

Al Ingeniero Patricio Feijoo, director de este trabajo de graduación. Por su paciencia y tiempo, por su sabiduría y por saber guiar de la mejor manera este proceso.

Al Ingeniero Jaime Garate, mi amigo, por su tiempo y su desinteresada ayuda.

A mis compañeros y amigos de vida, Lucho, Belén, Jaime, Josué, gracias infinitas por caminar tantos años y no rendirnos jamás.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I: GENERALIDADES.....	3
1.1. Información general de la concesión.....	3
1.1.1. Geomorfología	4
1.1.2. Geología	5
1.1.3. Hidrografía	6
1.2. Planteamiento del problema	7
1.3. Objetivos.	9
1.3.1. Objetivo General.	9
1.3.2. Objetivos Específicos:.....	9
1.4. Justificación.....	10

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	12
2.1. La explotación minera en ríos	12
2.2. Los materiales pétreos.....	15
2.3. Material árido y pétreo.....	19
2.3.1. Material árido y pétreo.....	19
2.3.2. Lecho o cauce de ríos.....	19
2.3.3. Canteras y materiales de construcción.....	20
2.4. Diseño de explotación	20
2.5. Explotación por diques.....	21
2.5.1. Diques longitudinales.....	22
2.5.2. Extracción directa.....	22
2.5.3. Diques transversales.....	23
2.7. Instructivo de otorgamiento de concesiones mineras para minerales no metálicos.....	28
2.7.1. Unidad de medida	29
2.7.2. Personas inhabilitadas	30
 CAPITULO III: DISEÑO DE DIQUES TRANSVERSALES.....	 31
3.1. Topografía	31
3.2. Caudal del río Boladel.....	33
3.3. Diseño de diques transversales.....	35
3.4. Construcción de los diques.....	41
3.4.1. Profundidad del espejo de agua.....	41
3.4.2. Ancho del dique	41
3.4.3. Excavadora.....	42
3.4.4. Longitud del dique	47
3.4.5. Profundidad del excavación.....	50
3.5. Pozos de explotación	52

3.6. Procesos operacionales de la mina	55
3.6.1. Método de Extracción.	55
3.6.2. Carga y transporte del material	55
3.6.3. Clasificación.....	56
CAPITULO IV: CALIDAD DE LOS MATERIALES PÉTREOS	58
4.1. Ensayo granulométrico de arena de la concesión minera María Felicia	58
4.1.1. Método para análisis mecánico	58
4.1.2. Procedimiento.	59
4.1.3. Cálculos y gráficos	60
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	67
BIBLIOGRAFÍA.....	70
ANEXOS	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Ubicación geográfica de la concesión	4
Figura 1.2: Geomorfología de la Concesión Minera María Felicia	5
Figura 1.3: Geología de la Concesión Minera María Felicia	6
Figura 1.4: Subcuenca del Río Santa Bárbara.....	7
Figura 2.1: Proceso de extracción y clasificación de áridos	18
Figura 2.2: Dique óptimo para caudales normales o medios	25
Figura 3.1: Resultado del levantamiento topográfico	31
Figura 3.2: Topografía de la Concesión Minera María Felicia.....	32
Figura 3.3: Precipitación media Santa Bárbara.....	33
Figura 3.4: Río Santa Bárbara en la Concesión Minera María Felicia	34
Figura 3.5: Superficie del Río	36
Figura 3.6: Superficie CAD del Río Santa Bárbara	37
Figura 3.7: Perfil del Río Santa Bárbara en la Concesión Minera María Felicia	39
Figura 3.8: Dimensiones de Retroexcavadora 710D.....	43
Figura 3.9: Dimensiones de Retroexcavadora 710D.....	43
Figura 3.10: Perfil Longitudinal del Dique N°1	49
Figura 3.11: Dimensiones del alcance de la retroexcavadora	50
Figura 3.12: Dimensiones JONH DEERE.	52
Figura 3.13: Pozos de explotación del dique N° 1	54
Figura 3.14: Flujo de Carga y Transporte	55
Figura 3.15: Clasificador de materiales	56
Figura 4.1: Curva granulométrica del análisis de la arena de la Concesión Minera María Felicia.....	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Coordenadas de la Concesión	3
Tabla 2.1: Potenciales efectos de la extracción de materiales de arrastre en ríos.....	14
Tabla 2.2: Criterios de clasificación de los materiales pétreos	15
Tabla 2.3: Tipos de caudales de Río	24
Tabla 2.4: Relación Dique/Caudal	25
Tabla 3.1: Relación Dique/Caudal	35
Tabla 3.2: Superficie aprovechable del Río	37
Tabla 3.3: Profundidad del Espejo de Agua.....	41
Tabla 3.4: Características específicas de retroexcavadora John Deere 710 d.....	44
Tabla 3.5: Características de la maquinaria para el ancho del dique	47
Tabla 3.6: Cálculo de longitud del dique	47
Tabla 3.7: Resumen de las dimensiones finales del diseño del dique.....	48
Tabla 3.8: Profundidad de la excavación	51
Tabla 3.9: Distancia del eje.....	53
Tabla 3.10: Volumen de explotación por cada pozo.....	53
Tabla 3.11: Volúmenes explotables mensuales y anuales	53
Tabla 4.1: Relación tamaño/peso en las partículas	59
Tabla 4.2: Análisis granulométrico de la arena de la concesión minera María Felicia ...	63
Tabla 4.3: Calculo de los porcentajes que pasan.....	64
Tabla 4.4: Coeficiente de Uniformidad.....	66
Tabla 4.5: Coeficiente de curvatura	66

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Perfil Longitudinal del Dique N°2	71
Anexo 2: Perfil Longitudinal del Dique N° 3	71
Anexo 3: Perfil Longitudinal del Dique N° 4	72
Anexo 4: Pozos de Explotación Dique N° 2	72
Anexo 5: Pozos de Explotación del Dique N°3	73
Anexo 6: Pozos de Explotación Dique N°4	73
Anexo 7: Finos del Ensayo Granulométrico	74
Anexo 8: Tamizado de la muestra.....	74
Anexo 9: Secado de la muestra en el Laboratorio.....	75
Anexo 10: Peso de la muestra para el ensayo granulométrico.....	75
Anexo 11: Vista frontal del Islote	76
Anexo 12: Cauce del Río Boladel.....	76
Anexo 13: Vista panorámica del patio de Operaciones	77
Anexo 14: Vista Panorámica del Río Boladel.....	77

DISEÑO DE EXPLOTACIÓN PARA MATERIALES PÉTREOS DE LA CONCESIÓN MINERA MARÍA FELICIA EN EL RÍO BOLADEL

RESUMEN

La explotación para materiales pétreos en el río Boladel, mediante diques transversales es la propuesta del siguiente trabajo, buscando atender las necesidades que tiene la concesión minera María Felicia y realizar un diseño de uno de los métodos más amigables con el ambiente y que optimiza la producción y explotación de los materiales de construcción, metodológicamente se basa en una evaluación topográfica del sector, caudales y causes del río y, evaluación de los volúmenes en el sitio que se explotará. El diseño cumple con todas las características técnicas señaladas, obteniendo así, dimensiones reales de los diques y, que sea acorde a los recursos físicos que tiene la concesión, aumentando de esta manera la eficacia en los procesos de explotación.

Palabras claves: Diseño de explotación, materiales pétreos, diques transversales, ambiente, explotación.



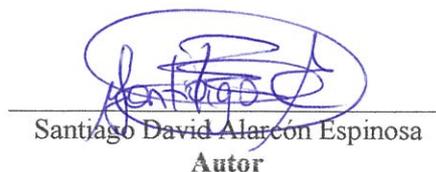
Ernesto Patricio Feijoo Calle

Director de Trabajo de Titulación



Tulio Fernando Valencia Guaricela

Director de Escuela



Santiago David Alarcón Espinosa

Autor

**DESIGN FOR STONY MATERIALS EXPLOITATION FOR *MARIA FELICIA*
MINING CONCESSION IN THE *BOLADEL* RIVER**

ABSTRACT

This research paper proposes the exploitation for stone materials in the *Boladel* River performed through cross-section levees. It aims to meet the needs the *Maria Felicia* mining concession has, and make a design of one of the most environmentally friendly methods which optimizes production and exploitation of construction materials. The methodology used is based on a topographic evaluation of the sector, the river beds and flows, and an evaluation of the volumes on the site to be exploited. The design meets all mentioned technical characteristics; consequently, obtaining actual dimensions of the levees, assuring that are consistent with the physical resources that the concession has, in order to increase the efficiency in operating processes.

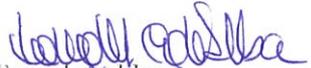
Keywords: Exploitation Design, Stone Materials, Cross-Section Levees, Environment, Exploitation.

Ernesto Patricio Feijoo Calle
Thesis Director

Tulio Fernando Valencia Guaricela
School Director

Santiago David Alarcón Espinosa
Author




Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

Santiago David Alarcón Espinosa
Trabajo de Titulación
Ing. Ernesto Patricio Feijoo Calle
Julio, 2016

DISEÑO DE EXPLOTACIÓN PARA MATERIALES PÉTREOS DE LA CONCESIÓN MINERA MARÍA FELICIA EN EL RÍO BOLADEL

INTRODUCCIÓN

Realizar este trabajo de titulación tiene como finalidad elaborar un diseño de explotación de materiales pétreos en el lecho del río Santa Bárbara, en el cantón Sigsig de la provincia del Azuay. Utilizando el método de diques transversales podremos disminuir los impactos ambientales generados por la explotación y aumentar la producción de la mina, optimizando así los recursos tanto naturales como físicos de la concesión; lograr un diseño de diques transversales que cumpla las características que tiene la concesión minera María Felicia, siguiendo procesos técnicamente establecidos es de gran importancia para lograr una explotación de los materiales pétreos, es entonces, las características principales a evaluar son el entorno (topografía), el río y la maquinaria que posee la concesión, que cumple además con los requisitos que se estipulan en la legislación minera ecuatoriana.

Realizar un estudio topográfico del sector, analizar la geología, el cauce, caudal y comportamiento del río, son características de suma importancia para lograr un diseño eficaz de los diques transversales, de esta manera podremos determinar si las condiciones que presenta la concesión es favorable para la continuidad y elaboración de este diseño. Posteriormente, dimensionar los procesos de explotación, explicando el ciclo que se debe seguir para que todos los procesos productivos se enlacen entre sí. Es

decir, que el diseño de explotación sea acorde a las características y dimensiones de los diques, volúmenes de explotación y pozos de explotación, así como también, la maquinaria existente en la concesión.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1. Información general de la concesión

La concesión minera María Felicia se encuentra ubicada en la provincia del Azuay, en el cantón Sigsig entre las parroquias de Cutchil y Sigsig (según datos inscritos en el geoportal minero de Agencia de Regulación y Control Minero (ARCOM), inscrita con el código 191456.

Tabla 0.1: Coordenadas de la Concesión

COORDENADA X	COORDENADA Y
745.100	9661.200
745.400	9661.200
745.400	9661.000
745.100	9661.000

La concesión minera María Felicia está dedicada a la explotación de materiales pétreos en una superficie de 6 hectáreas, por la concesión pasa el río Boladel que pertenece a la cuenca del Río Santa Bárbara del cantón Sigsig de la Provincia del Azuay.

Es un trabajo unipersonal, familiar o doméstico, en el cual se extraen materiales de construcción provenientes del lecho de río. Según la normativa legal vigente estas concesiones podrán explotar un volumen de material diario en aluviales o no consolidados no mayor a 100 m³/día.

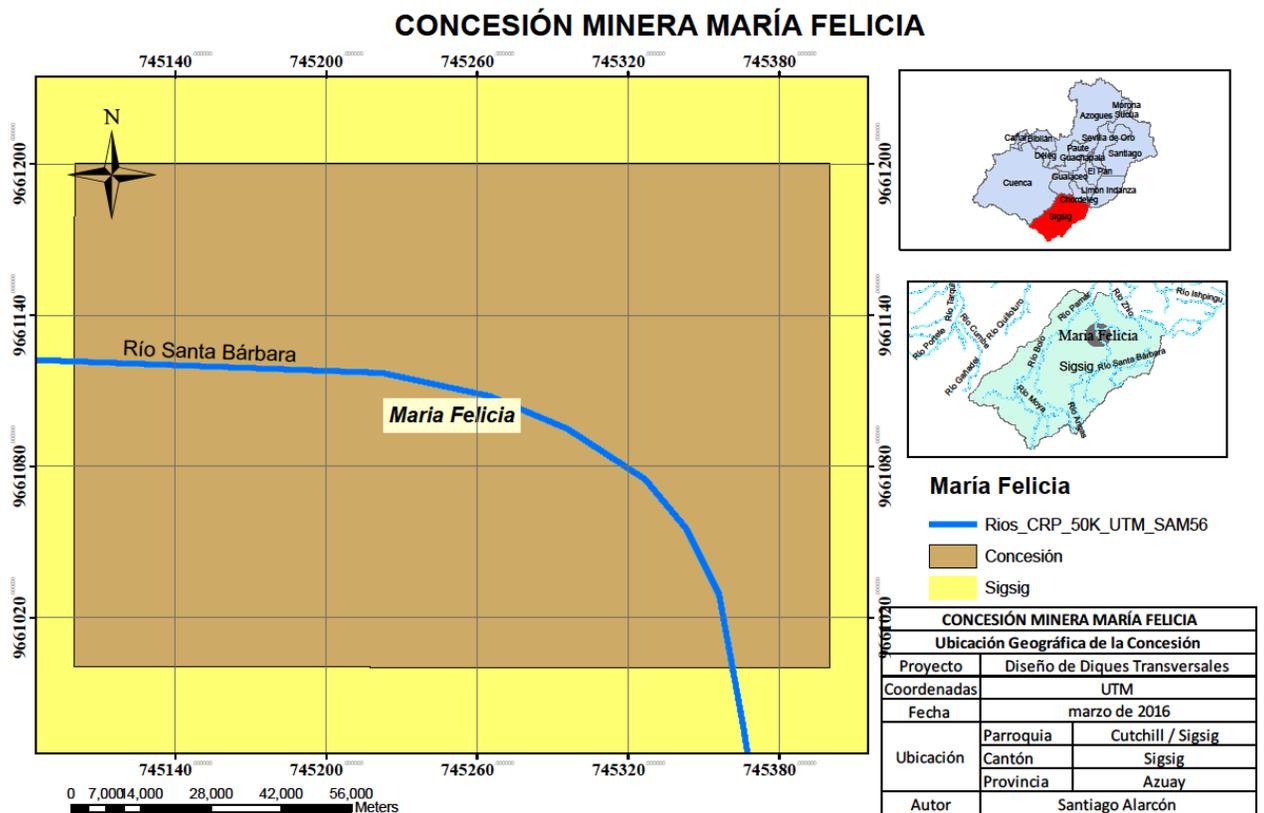


Figura 0.1: Ubicación geográfica de la concesión

1.1.1. Geomorfología

El cantón Sigsig se encuentra localizado al pie occidental de la Cordillera Oriental, en el valle del río Santa Bárbara. En él, existe una topografía muy pronunciada, producto de su extensa cadena montañosa. Las alturas del cantón varían entre los 3510 msnm y los 2518 msnm.

“El cantón Sigsig pertenece a una zona de antiguo volcanismo, con diversidad en su orografía, la cual es producto de la presencia de la Cordillera Occidental, que es la culpable de la presencia de diversos paisajes” (Wolf, 1879)

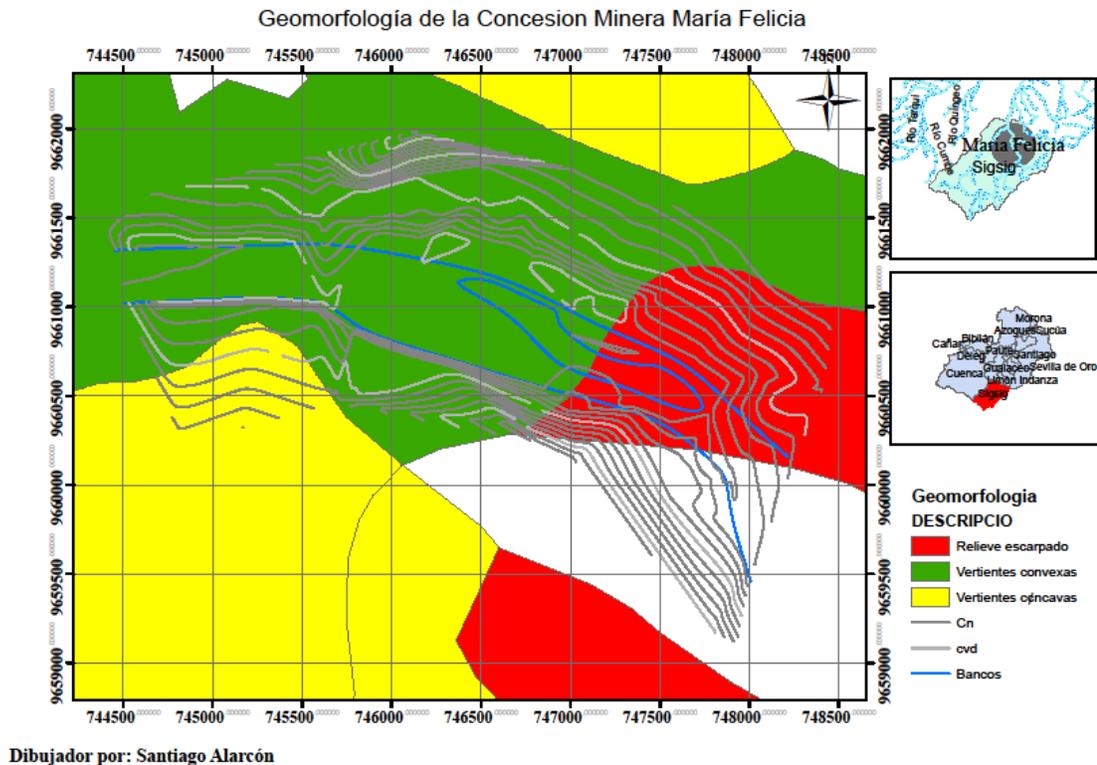


Figura 0.2: Geomorfología de la Concesión Minera María Felicia

1.1.2. Geología

“Formación Pisayambo, propia del Mioceno Superior o Plioceno compuesta por una extensa y gruesa secuencia volcánica; los piroclastos se ubican en la unidad inferior, junto con brechas gruesas y aglomeradas además de tobas con algunos tipos de lavas y en la parte superior se encuentran flujos macizos de lavas basálticas andesíticas, atraviesa las parroquias San Bartolomé, Ludo, San José de Raranga, Gima, la parte norte de Cuchil y cubre pequeñas áreas en Guel y la Cabecera Cantonal” (Nuñez, 2003)

“La unidad Chiguinda: está compuesto por rocas metamorizadas que agrupan a esquicitos grafiticos, pizarras, cuarcitas, meta cuarcitas, y filitas negras como una

secuencia semipelítica, que está localizada en la parte sur de la cabecera Cantonal” (Nuñez, 2003)

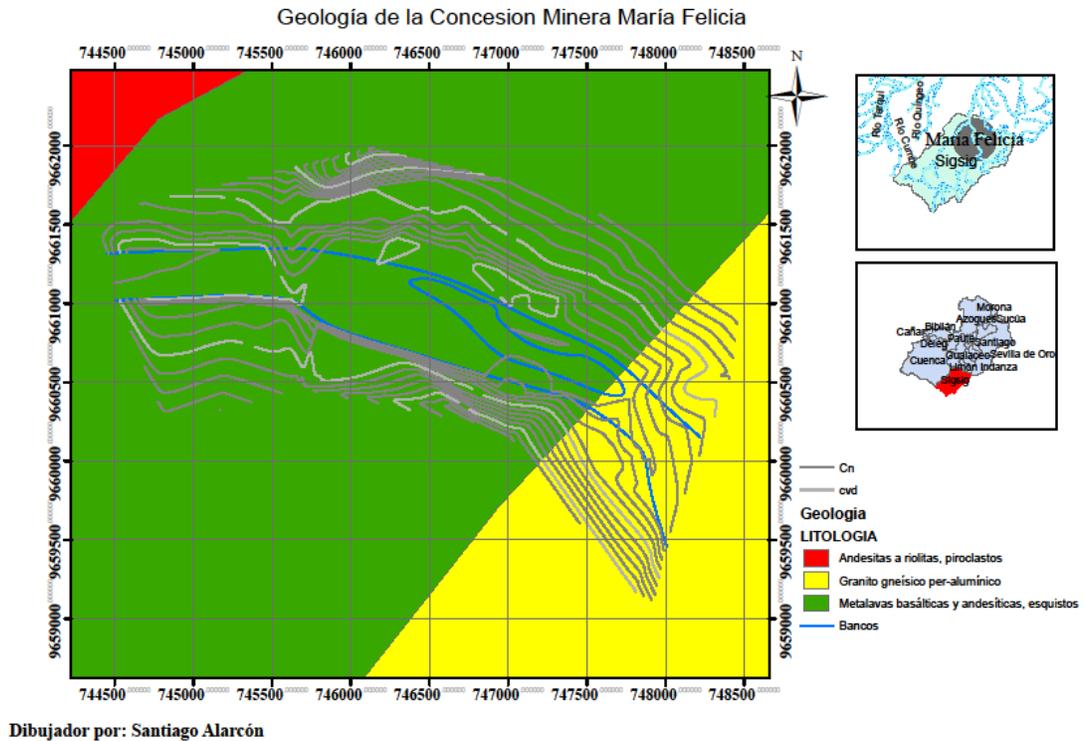


Figura 0.3: Geología de la Concesión Minera María Felicia

1.1.3. Hidrografía

Sigsig es un cantón rico en ríos, quebradas y lagunas, estos tienen diferentes beneficios a la población local, ya sea: en la agricultura, económico, aseo personal, alimentación, en la extracción de materiales pétreos. Además es notorio saber que en algunos caseríos y pueblos no existe agua potable o aún se encuentra en proyecto.

“El cantón Sigsig posee dos ríos principales: el Santa Bárbara y el Bolo o Palmar y seis secundarios como el Alcacay, Ríote, Altar, Ayllón, Moya y Minas, que acrecientan el caudal del Gualaceo. Destacándose el Santa Bárbara que nace en una laguna del mismo nombre, atraviesa todo el cantón y que posteriormente baña a Gualaceo y Paute, para desembocar en el Marañón que deposita sus aguas en el Atlántico” (Loja C. , 1999)

“Otro río de gran importancia es el Bolo o Palmar, con su afluente el río San Antonio, que se origina en el páramo de Moriré. Es importante porque a través de su recorrido pasa por un valle templado que beneficia la producción frutícola, en su recorrido se une al río Santa Bárbara” (Loja C. , 1999)

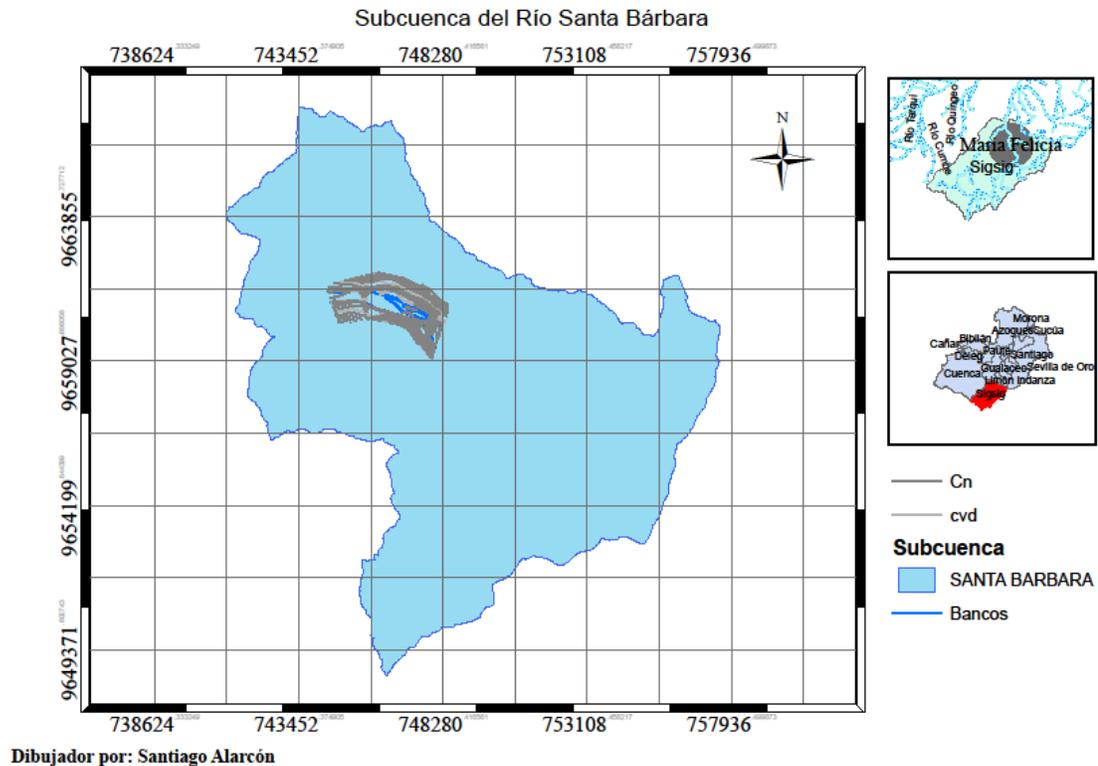


Figura 0.4: Subcuenca del Río Santa Bárbara

1.2. Planteamiento del problema

El presente trabajo pretende responder y aportar a la comunidad en relación a la siguiente pregunta ¿Realizar un diseño de explotación garantiza la explotación óptima de materiales pétreos? La pregunta de investigación planteada busca la relación entre algunas variables, como por ejemplo 1) la necesidad de intervenir técnicamente las operaciones mineras en el caso puntual de las explotaciones de materiales pétreos en lecho de río, 2) el mejorar y optimizar el ciclo del minado que realizan algunas empresas

o dueñas de concesiones de materiales pétreos y, 3) el diseñar herramientas viables para la explotación de materiales en los lechos de ríos, teniendo en cuenta en la no afectación y mejoramiento del cauce del río, evitando así daños ambiental provocadas por malas prácticas mineras. El estudio de la literatura sobre estos casos, los antecedentes puestos en práctica no necesariamente en el ámbito minero sino en ámbitos hidrográficos y obras civiles para estabilizar factores como la corriente, arrastre, cauce, caudal de los ríos en diferentes partes del mundo dan sustento al planteamiento del problema del presente proyecto de tesis. Este tipo de obras mejoraran notablemente la manera que se vienen llevando las explotaciones de materiales pétreos en algunos de los ríos ecuatorianos, especialmente en el centro sur del país, demostrar que con estas prácticas la afectación ambiental variara para estándares positivos. Esto a simple vista, es alentador para las comunidades, parroquias, municipios y entes gubernamentales, pues un mercado tan grande, necesario y alentador como son los materiales pétreos mejorara sus prácticas en su explotación.

Sin embargo, el diseño de los diques, noques, piscinas o cualquier obra transversal en los ríos es una práctica poco ocupada en el sector de estudio, de hecho, según conocimiento del autor, pocas personas conocen las ventajas de realizar dichas obras por ende no ven necesario el emplazamiento y construcción de las mismas, esto a mediano y largo plazo se convertiría en un problema tanto ambiental como de producción, afectando así a los ríos y al mercado de las obras civiles y arquitectónicas.

Además, es necesario entender que aplicando y diseñando diques transversales para la extracción de materiales pétreos, la optimización del minado será inminente ya que se conocerán a ciencia cierta: 1) las épocas del año en que la producción se verá beneficiada, 2) se conocería la cantidad de material a explotarse, lo que haría que se mejore el ciclo del minado hasta acabar con la clasificación de los materiales que se ofrecen, y, 3) se tendrá una correcta planificación minera que se emplazaría en todas las operaciones que lleve la concesión.

Asimismo, y no menos importante el cuidado ambiental que se tendrá con la fuente de la materia prima de las obras civiles y arquitectónicas es relevante, atreviéndome a decir que es uno de los puntos exitosos del diseño de diques transversales o de cualquier obra transversal en un río.

1.3.Objetivos.

En el presente trabajo se limita al estudio de los siguientes objetivos.

1.3.1. Objetivo General.

Elaborar un diseño de explotación de materiales de construcción en el río Boladel (perteneciente al Río Santa Bárbara) de la concesión minera María Felicia.

1.3.2. Objetivos Específicos:

- Realizar la caracterización geológica de la concesión, mediante el levantamiento de campo y el conocimiento general de las condiciones geológicas actuales de la zona de estudio.
- Diseño de Diques Transversales, analizando alternativas en el proceso de explotación que sean acordes a las necesidades ambientales, sociales y de producción de la concesión minera.
- Maximizar los procesos de explotación, previendo los volúmenes de producción a explotarse, así como también los volúmenes usados en la construcción de las obras.

1.4. Justificación

El presente proyecto de tesis pretende hacer un estudio, un análisis, un diseño y una interpretación en relación a los diferentes factores tanto técnicos, sociales, ambientales y económicos que engloban la realización de un diseño de diques transversales para la explotación de materiales pétreos y su impacto en la optimización de las tareas mineras y el río con el fin de ofrecer recomendaciones y propuestas viables que certifiquen que la alternativa de realizar diseños de diques para la explotación de pétreos es totalmente positiva así como también evaluar todas las características necesarias y estudios para dimensionar correctamente el diseño de la obra transversal.

El diseño de diques ayuda a mantener el cauce del río evitando así daños en la ribera y algún desbordamiento destructivo y peligroso para la región, siendo estas bastas razones para realizar el presente proyecto de tesis.

Considerando los criterios a continuación redactados, la presente investigación se justifica por lo siguiente:

- Conocer el estado actual del cauce y caudal del Río Boladel perteneciente a las parroquias Cutchill y Sigsig del cantón Sigsig de la Provincial del Azuay.
- Realizar estudios topográficos y batimétricos para conocer el curso en que se encuentra la concesión “María Felicia”, y de esta manera poder analizar todas las alternativas en el diseño de los diques transversales. Así como también el plan operacional de mina.
- Diseñar acorde a características geológicas, topográficas, batimétricas, entorno, entre otras la obra minera que será enlazada a la optimización de los procesos de producción y explotación de la concesión para materiales pétreos.

- Conocer y evaluar la calidad de los materiales pétreos de la zona, tanto para las obras civiles y arquitectónicas como para los agregados en diferentes materiales, con el fin de tener una certeza sobre el material que pondremos en competencia para el mercado.
- Recomendar el uso de un nuevo sistema de minado tomando en cuenta, equipos mineros, capacidad de explotación, diagrama y secuencia de explotación, instalaciones mineras, entre otros para de esta manera lograr una optimización de los recursos en los cuales se emplaza la concesión.
- Diseñar un sistema de explotación acorde a todas las características anteriormente señaladas, mediante el cual se hará relevancia en la consecución de los objetivos planteados.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. La explotación minera en ríos

La minería de ríos para la explotación de materiales pétreos es una actividad primordial para el desarrollo de las obras arquitectónicas y civiles de la sociedad y el ser humano. Este, que se ha caracterizado por buscar alternativas en todos los ámbitos, ayudado de la ingeniería y la industria.

Son muchos los ríos a nivel mundial en los cuales se aprovechan las gravas y las arenas, los cantos rodados y el ripio, entre otros los cuales son explotados de una manera masiva para ser usados en construcciones de edificaciones e infraestructura, ya sea por las propiedades fisiomecánicas o porque sirven como materia prima para la elaboración de agregados para la construcción.

Los costos de explotación son también un factor importante a considerar ya que son bajos en comparación a los materiales de canteras, de igual manera los costos de transporte y procesamiento ya que los materiales aluviales tienen un proceso mínimo en su tratamiento operativo.

Se debe tener un especial cuidado ya que – “esta minería intensiva origina graves efectos en el sistema fluvial debido al desbalance causado en el transporte de sedimentos en el sitio de extracción; se origina una erosión general del cauce que puede alcanzar grandes distancias aguas arriba y aguas abajo, generando a su vez la inestabilidad de las orillas, cambios en la morfología del cauce, erosión regresiva en los afluentes, descenso en el nivel freático, afectación de la flora y fauna acuática y riparias, y, además, poniendo en

riesgo las diferentes estructuras localizadas a lo largo del cauce y sus tributarios (puentes, captaciones, muros de protección, entre otros.” (Ramirez, 2011)

A lo largo de los años es claro poder darse cuenta que en los ríos de nuestro país se han dado explotaciones de sus lechos de una manera irresponsable y penosa, pensando solo en el extractivismo común, en ganar dinero y no en sus consecuencias ambientales que estos provocan, es por eso que en este proyecto se demostrará que existen maneras técnicas, ambientales, sociales de generar una minería responsable con el medio ambiente, para lo cual hemos sido formados académicamente. Calculando los volúmenes óptimos de explotación, la calidad de los materiales explotados, cumplir con un ciclo de minado y sobre todo dar cumplimiento total con las diferentes leyes que están ponderadas en nuestro país.

Existen algunos efectos que conlleva el realizar una explotación minera en ríos, algunas veces puede generar serios impactos ambientales ya que principalmente el río sufre cambios en sus condiciones geométricas e hidráulicas en los sitios en donde se ejecuta la explotación, también se podría alterar la capacidad de transporte de la corriente y los sedimentos transportados.

La incisión del cauce puede inducir otros efectos, tales como, inestabilidad y erosión de las orillas, cambios en la morfología del cauce, erosión remontante en los afluentes, descenso del nivel freático en la planicie aluvial cercana al cauce (disminuyendo los niveles de aguas en los pozos cercanos), variación en el tamaño de los materiales del lecho y ampliación del cauce, deterioro de la calidad del agua (incrementando la turbiedad) lo cual afecta a los usuarios aguas abajo y a la fauna y flora acuática. (Ramirez, 2011)

Tabla 2.1: Potenciales efectos de la extracción de materiales de arrastre en ríos.

Efectos locales	Efectos aguas arriba	Efectos aguas abajo
<ul style="list-style-type: none"> • Erosión de orillas • Descenso de nivel freático • Menos velocidad del flujo • Descenso de los niveles del fondo y del agua • Socavación de puentes y estructuras • Destrucción de hábitats riparíos y acuáticos 	<ul style="list-style-type: none"> • Incremento del gradiente hidráulico • Mayor velocidad del flujo • Erosión remontante • Acorazamiento del lecho • Socavación de orillas y ensanchamiento del cauce • Erosión de afluentes • Descenso de los niveles del fondo y del agua • Socavación de puentes y estructuras • Destrucción de hábitats riparíos y acuáticos 	<ul style="list-style-type: none"> • Erosión del lecho • Incremento de la turbiedad y de los sedimentos suspendidos • Mayor inestabilidad de las bancas y el lecho • Obstrucción de captaciones y vertientes por sedimentos en suspensión • Descenso de los niveles del fondo y del agua • Socavación de puentes y estructuras • Destrucción de los hábitats riparíos y acuáticos

Fuente: (Ramirez, 2011)

2.2.Los materiales pétreos.

Los materiales pétreos son los materiales naturales o estos adaptados por el hombre que sirven como materia prima para la elaboración de obras civiles o arquitectónicas. Estos materiales provienen de rocas o derivados de rocas sean estas ígneas, sedimentarias y metamórficas, todos los materiales que en su procesamiento no implique un proceso industrial diferente a la trituración y/o clasificación granulométrica. (Bañón, 2009)

Existen diferentes maneras de obtener estos materiales, la principal, la explotación en lechos de ríos, seguida por la explotación de canteras y el aprovechamiento de sectores con cantidades considerables de material.

Existe cierta clasificación de estos materiales lo cuales se harán con diferentes criterios.

Tabla 2.2: Criterios de clasificación de los materiales pétreos

CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES PÉTREOS			
Atendiendo a su naturaleza	Atendiendo a su origen	Atendiendo a su tamaño	Atendiendo a su adhesividad con los ligantes
Ígneos	Naturales	Árido grueso	Ácidos
Compactos, duros muy resistentes.	Procedentes de Yacimientos Naturales	Gravas de tamaño superior a 5 mm.	Silíceos, hidrófilos, mala adhesividad.
Sedimentarios	Artificiales	Árido fino	Básicos
Abundante, baratos y fácilmente pulibles	Sometidos a un proceso de machaqueo	Arenas comprendidas entre 5 a 0.02 mm.	Alcalinos, hidrófobos, buena adhesividad.
Metamórficos	Sintéticos	Filler	
Lajosos,	Obtenidos mediante	Polvo ultrafino inferior	

alterados y poco utilizables	medios industriales	a 0.02 mm.
------------------------------------	---------------------	------------

Fuente: (Blázquez, 2009)

La procedencia de estos materiales se ve expuesta a diferentes criterios, diferentes formas de obtener la materia prima.

Áridos Naturales: dentro de este grupo se engloban aquellos áridos que se encuentra ya machacados, pudiendo ser directamente empleados tal y como se encuentran en la naturaleza; únicamente es necesario someterlos a un proceso de selección, refinado y clasificación por tamaños. Se hallan en graveras, canteras y otro tipo de yacimientos al aire libre, por lo que su extracción es relativamente sencilla. (Blázquez, 2009)

Son estos los materiales que se les dará importancia en este trabajo, ya que como podemos entender la definición anterior, los materiales explotados sin mayor complicidad y derivados de canteras, ríos o yacimientos al aire libre. En este tipo de explotación se tendrá muy en cuenta los procesos de extracción de las arenas, ripios y algunos otros agregados para la construcción o como materia prima.

Áridos artificiales o de machaqueo: obtenidos a partir de la disgregación de un macizo rocoso, empleando generalmente procedimientos de voladura con explosivos. Necesitan un mayor tratamiento que los anteriores, por lo que es necesario procesarlos en plantas de machaqueo; en ellas, el material es limpiado, machacado, clasificado y almacenado en acopios. (Blázquez, 2009)

Son materiales que requieren obligadamente de un pequeño proceso en su tratamiento, deben cumplir diferentes ciclos para darles su disposición final. Generalmente estos materiales se los encuentra en yacimientos y su método de explotación es más laborioso, además que su costo de explotación es superior a los áridos naturales. (Blázquez, 2009)

Productos Sintéticos Industriales: este grupo lo componen materiales de diversa índole, como productos de desecho o subproductos de procesos industriales, materiales calcinados, procedentes de la demolición y reciclado de firmes existentes o áridos manufacturados con características mejoradas. (Blázquez, 2009)

Estos materiales son un grupo de áridos más elaborados, derivados algunos de diferentes procesos industriales, procesos complementarios como el reciclaje y el aprovechamiento de todos los materiales derivados por ejemplo de las demoliciones, son materiales mejorados y reutilizados.

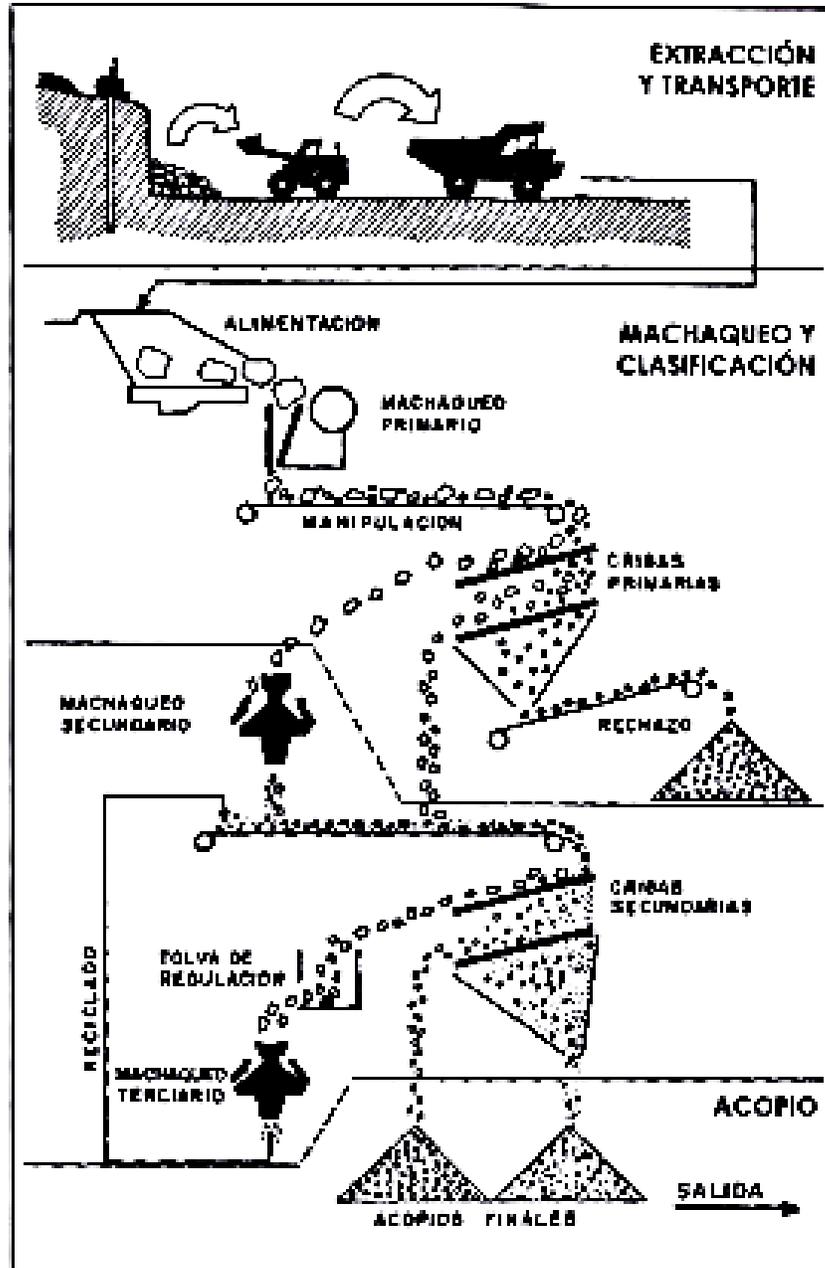


Figura 2.1: Proceso de extracción y clasificación de áridos

Fuente: (Bañón, 2009)

2.3. Material árido y pétreo.

Es importante tener una definición clara y contundente de la terminología que vamos a aplicar en este trabajo, es así que he creído conveniente citar el decreto ejecutivo 1279 para el Reglamento especial para explotación de materiales áridos y pétreos en el Ecuador, 2012; en este decreto encontraremos algunas definiciones que nos servirán en el transcurso de este trabajo de grado.

2.3.1. Material árido y pétreo

Para fines de aplicación del presente reglamento, se considera material árido aquel que resulta de la disgregación y desgaste de las rocas y se caracteriza por su estabilidad química, resistencia mecánica y tamaño; y, se consideran materiales pétreos, los agregados minerales que son suficientemente consistentes y resistentes a agentes atmosféricos, provenientes de macizos rocosos, generalmente magmáticos. (art. 2)

2.3.2. Lecho o cauce de ríos

Se entiende como lecho o cauce de un río el canal natural por el que discurren las aguas del mismo, en el que se encuentran materiales granulares resultantes de la disgregación y desgaste de rocas de origen ígneo, sedimentario o metamórfico.

El lecho menor, aparente o normal es aquel por el cual discurre el agua incluso durante el estiaje, en tanto que, se denomina, lecho mayor o llanura de inundación al que contiene el indicado lecho menor y es solo invadido por las aguas en el curso de las crecidas y en general en la estación anual en la que el caudal aumenta. (art. 4)

2.3.3. Canteras y materiales de construcción.

En concordancia con lo establecido en el inciso segundo del artículo 45 del Reglamento General de la Ley de Minería, se entiende por cantera al depósito de materiales construcción, o macizo constituido por una o más tipos de rocas ígneas, sedimentarias o metamórficas, que pueden ser explotados a cielo abierto y que sean de empleo directo principalmente en la industria de la construcción.

De igual modo, se entienden como materiales de construcción a las rocas y derivados de las rocas, sean estos de naturaleza ígnea, sedimentaria o metamórfica tales como: andesita, basaltos, dacitas, riolitas, granitos, cenizas volcánicas, pómez, materiales calcáreos, arcillas superficiales; arenas de origen fluvial o marino, gravas; depósitos tipo aluviales, coluviales, flujos laharíticos y en general todos los materiales cuyo procesamiento no implique un proceso industrial diferente a la trituración y/o clasificación granulométrica o en algunos casos tratamientos de corte y pulido, entre su explotación y su uso final y los demás que establezca técnicamente el Ministerio Sectorial previo informe del Instituto Nacional Geológico, Minero, Metalúrgico. (Reglamento Especial para Explotación de Materiales Áridos y Pétreos. Decreto 1279, 2012)

2.4. Diseño de explotación

Diseñar es darle las correctas directrices para un desempeño eficiente de la mina. Manteniendo en cuenta aspectos como la geología, hidrogeología, metalurgia, exploración inicial y avanzada, entre otros. Es limitar los procesos de explotación y utilizar la cantidad adecuada de recursos económicos, humanos, sociales e ingenieriles.

Programar acertadamente las actividades que implica el correcto desempeño de la mina, para el caso particular de esta investigación, la maquinaria a utilizar, el sitio a explotar, las dimensiones de las obras de diseño minero, el almacenamiento interno de los materiales, el tipo y calidad de materiales a explotar, el transporte interno del material, entre otros.

Un tema con no menor importancia es el ámbito ambiental y la ventaja que se obtiene sobre el lecho de río al utilizar diseños adecuados y acordes a la situación ambiental, social y económica del sector, teniendo en cuenta que es una zona en donde el agua de los ríos es uno de los recursos comunes y muy utilizados por los habitantes de ese sector. Además, la afectación ambiental que se verá sin lugar a dudas disminuida por los procesos técnico-ambientales que se utilizarán, garantizando así la armonía y una relación normal empresa/comunidad.

El diseño de explotación de una mina engloba factores que se analizarán al transcurso de este trabajo tales como: transporte, diseño de diques, volumen a explotar, ciclo del minado, parámetros de la legislación minera y ambiental, uso del agua, entre otros. Son todas las formas operacionales posibles existentes en el medio las cuales junto a un conjunto de características del yacimiento tales como: geología, geomecánica, límite de destape, recuperación, dilución, entre otros. Ayudan a explotar de la mejor manera un yacimiento cumpliendo estándares técnicos, ambientales, legales y económicos.

Diseñar una etapa de explotación es darle un curso sistemático a las operaciones mineras, tales como vías, métodos de explotación, maquinaria, capacidad de planta, para así lograra un correcto funcionamiento y operación de la mina.

2.5. Explotación por diques

Existen diferentes sistemas de diques que nos permiten un correcto desenvolvimiento en nuestra explotación, siendo estos los diques transversales, diques longitudinales y una extracción directa. (Chile)

2.5.1. Diques longitudinales

Son obras en las cuales se construyen diques que siguen el cauce del río, tiene algunas ventajas y desventajas. Son métodos muy conocidos en el campo de la explotación de los materiales de arrastre.

Existen principalmente ciertos beneficios:

- Alta producción en la explotación
- El ámbito económico ocupa un lugar exclusivo en este método, ya que como tenemos una producción elevada, los avances económicos son positivos.

Tienen algunas desventajas:

- General un impacto ambiental significativo, debido a la construcción y operación de los diques.
- No se tienen precaución en el cuidado ambiental en los bordes del río.
- Aumenta la erodabilidad de los bordes del río.

En la construcción de estas obras se deben utilizar materiales con una resistencia muy elevada, ya que, debido a la condición de construcción, estos materiales deben resistir los caudales de los ríos en donde se los emplace. (Mojica & Manrique, 2008)

2.5.2. Extracción directa

Este método, es el más utilizado en las empresas y concesiones que se dedican a la explotación de materiales pétreos: Consiste en que la maquinaria utilizada para la explotación (retroexcavadoras, volquetas, entre otros) siga el cauce y dirección del río, lo que genera y se necesita que las vías que lleguen a los sectores de explotación estén en excelente estado; los volquetes son los encargados de transportar el material extraído del lugar de explotación a las zonas de stock y clasificación del mismo.

Los bajos costos de explotación, la cantidad elevada de materiales extraídos, y el valor económico alto en la recaudación son las principales ventajas de este método. (Chile)

2.5.3. Diques transversales

Es el método minero - ambiental más estable del campo ingenieril, puesto que además de lograr un mayor aprovechamiento del cauce natural del río, extraer material de arrastre o pétreo, aumentar la producción, logra generar impactos ambientales que no alteran considerablemente el estado actual del sector, es más, de acuerdo al diseño se puede generar impactos ambientales positivos ya que es muy propenso a la mejora del cauce del río, a la estabilidad de las laderas del río, al mantener en un ámbito técnico la sedimentación generada naturalmente en el río.

“Diques transversales es un método de explotación utilizado en la extracción del material de arrastre, que utiliza lo mínimo en recursos económicos proporcionando una mejor producción y manteniendo siempre una armonía con el medio ambiente” (Mojica & Manrique, 2008)

“Los principales beneficios del método de explotación por diques transversales son:

- Un incremento significativo en la producción de material de arrastre depositado por el río (gravas, cantos y arena)
 - Una reducción sustancial en los costos para la extracción del material
 - Mitigación de los impactos ambientales producidos en el lecho y ribera del río.
- (Mojica & Manrique, 2008)

En este método existen ciertas herramientas que para su correcta operación son básicas, estas son:

- Retroexcavadoras
- Volquetas para el cague y transporte
- Herramientas manuales.

La capacidad de estas herramientas variará lógicamente de acuerdo a las condiciones geométricas del río en donde se emplazará el método. Es por esto que es muy importante estudios topográficos y batimétricos de la zona a explotar.

Es importante conocer la geología del sector, las dimensiones totales y reales del río, la topografía de la zona y su batimetría, el cauce y caudal del río estos datos son proporcionados por algunas entidades encargadas de la hidrografía e hidrogeología del país como: Servicio Meteorológico del Ecuador INAMHI, Empresa Pública Municipal de telecomunicaciones, agua potable, alcantarillado y saneamiento ETAPA, Secretaria Nacional del Agua SENAGUA.

“El diseño de los Diques Transversales depende del caudal presente en el río de los cuales existen tres clases:

Tabla 2.3: Tipos de caudales de Río

Caudal de estiaje o caudal mínimo	Caudal normal o caudales medios	Caudales extraordinarios
Este caudal obedece a períodos largos de sequía y corre por un canal que se denomina canal de estiaje	Corresponde a condiciones climáticas tipo de la cuenca. Su caudal de recorrido toma el nombre de lecho natural y su capacidad es para las crecidas normales	Rebasan el canal normal de crecida, transcurren por la llanura de inundación que en muchos lugares de nuestro territorio está siendo ocupado por la población y por cultivos agrícolas.

	periódicas	
--	------------	--

Fuente: (Briones Sánchez, 1997)

Tabla 2.4: Relación Dique/Caudal

TIPO DE CAUDAL	TIPO DE DIQUE
Caudal de estiaje	Dique de madera
Caudal Normal	Dique de gaviones
Caudal extraordinario	Diques de concreto

“El diseño de los diques es similar, consiste en la colocación de una línea de rocas de sobretamaño, cajones de madera o bloques de concreto, perpendiculares a la corriente del río y distanciados cada 50 metros, con el fin de retener el material conducido por la corriente, este método para la extracción del material de arrastre o pétreo, es apropiado porque no altera el lecho ni las riberas del río” (Mojica & Manrique, 2008)

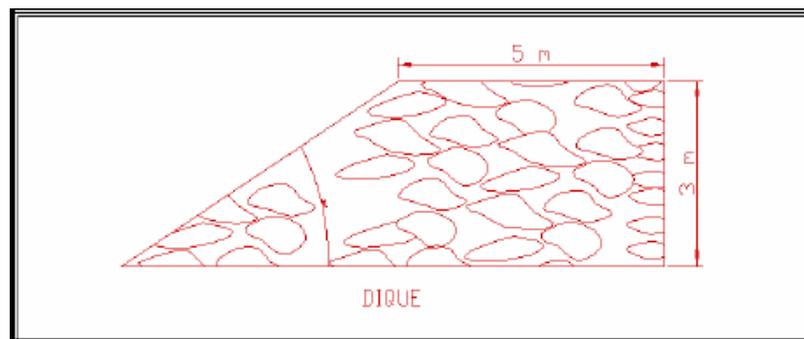


Figura 2.2: Dique óptimo para caudales normales o medios

Fuente: (Mojica & Manrique, 2008)

2.6. Concesión minera para minerales no metálicos

“ La idea concesional indudablemente ha estado presente en la legislación minera a lo largo de la historia, así, en tiempo romanos se otorgaba a particulares el derecho para explotar las minas por medio del pago de un atributo al rey; en la época española medieval de igual forma por medio de licencias y ordenanzas que sirvieron de base para la figura de la concesión minera en la época moderna, así en la actualidad se requiere de la aprobación del Estado para poder acceder a la exploración y explotación minera por medio de un trámite administrativo, independientemente en manos de quien se encuentren las minas” (Vergara Blanco, 2010)

Para entender a una concesión minera, es indispensable conocer la concesión en un sentido general, con una definición que a continuación se redactará: “Un acto que amplía los derechos de los particulares, pues la etimología (concessio, conceder) indica que la Administración otorga o cede alguna facultad o derecho al interesado. Por lo tanto, tradicionalmente la doctrina y la legislación han entendido que todo concesionario, en virtud de un acto concesional, siempre adquiere un derecho, ex novo: esto es un derecho del que carecía antes de la intervención concesional” (Vergara Blanco, 2010)

Es decir, es un derecho que adquiere un concesionario, es un derecho que no se poseía antes de haber solicitado administrativamente una concesión, este derecho está limitado de acuerdo a las diferentes normativas y constituciones de los países,

Según el diccionario de la Real Academia de la Lengua Española, la concesión es “Negocio jurídico por medio del cual la Administración cede a una persona facultades de uso privativo de una pertenencia del dominio público o la gestión de un servicio público en plazo determinado bajo ciertas condiciones”

En los procesos mineros, la definición gira en torno netamente del sector, manifestando que una concesión minera: “Es un acto de naturaleza administrativa en virtud del cual se otorga a una persona, una vez cumplidos los requisitos que señala la ley, derechos nuevos y exclusivos; estos derechos pueden estar dirigidos a explorar y explotar – en caso de las concesiones de explotación minera - o solo realizar labores de exploración - en el caso de las concesiones de exploración minera-, y en su caso, una vez ejercidos aquellos derechos, a hacerse dueño de todas las sustancias minerales que se extraigan dentro de los límites territoriales fijados para cada caso” (Vergara Blanco, 2010)

Está claro entonces que la concesión es un acto o solicitud que una persona natural o jurídica hace al estado (en su ente competente) para que este le brinde un derecho sobre un bien para en este caso particular realizar exploración o explotación minera de los recursos naturales no renovables, sean estos metálicos o no metálicos, tomando en cuenta la normativa que establece la Constitución de la República del Ecuador. (Artículo. 30 Ley de Minería del Ecuador, 2008).

Concesiones mineras. - El Estado podrá excepcionalmente delegar la participación en el sector minero a través de las concesiones. La concesión minera es un acto administrativo que otorga un título minero, sobre el cual el titular tiene un derecho personal, que es transferible previa la calificación obligatoria de la idoneidad del cesionario de los derechos mineros por parte del Ministerio Sectorial, y sobre éste se podrán establecer prendas, cesiones en garantía y otras garantías previstas en las leyes, de acuerdo con las prescripciones y requisitos contemplados en la presente ley y su reglamento general. La inscripción de la transferencia del título minero será autorizada por la Agencia de Regulación y Control Minero una vez que reciba la comunicación de parte del concesionario informando la cesión de sus derechos mineros, de acuerdo al procedimiento y los requisitos establecidos en el reglamento general de esta ley. (Artículo. 30 Ley de Minería del Ecuador, 2008).

2.7. Instructivo de otorgamiento de concesiones mineras para minerales no metálicos.

En el Ecuador existen una serie de requisitos, los cuales han sido establecidos por el Ministerio de Minas y sus entes reguladores y de apoyo. Estos requisitos son:

- Personas naturales: nombres y apellidos completos, números de cedula de ciudadanía, certificado de votación, Registro Único de Contribuyente (RUC), y domicilio del solicitante. Para el caso de 1. Personas jurídicas; razón social o denominación y, número de RUC, debiendo acompañarse tanto el nombramiento del representante legal o apoderado debidamente inscrita o de acto por el cual se haya reconocido su personalidad jurídica y sus reformas.
- Denominación del área materia de la solicitud, ubicación del área, señalando lugar, parroquia, cantón, provincia o circunscripción territorial; número de hectáreas mineras solicitadas; coordenadas catastrales, cuyos valores numéricos serán siempre múltiplos de cien tanto para las X como para las Y del punto de partida y de los demás vértices del polígono del área, de acuerdo con lo señalado en el artículo 32 de la Ley de Minería; Nombre del asesor técnico, geólogo, ingeniero geólogo o ingeniero de minas así como del abogado patrocinador del peticionario y referencia a su título profesional; A las solicitudes bajo la modalidad de condominio, cooperativas y asociaciones se acompañará la escritura pública que acredite la designación de procurador común; Designación de lugar donde habrá de notificarse al solicitante; y, firmas del peticionario o su representante o apoderado, según corresponda, de su asesor técnico y del abogado patrocinador.
- Declaración expresa de asumir la obligación de obtener la respectiva licencia ambiental y dar cumplimiento a las obligaciones generadas de esta;

- Declaración expresa de cumplir con las obligaciones económicas, técnicas y sociales contempladas en la Ley de Minería y demás normativa aplicable y de no hallarse incurso en las inhabilidades previstas en el artículo 20 de la Ley de Minería y el artículo 153 de la Constitución de la República del Ecuador;
- Acreditación de solvencia técnica, económica, monto de inversión, plazos para el desarrollo de actividades de explotación y procesamiento;
- Comprobante de pago por derecho de trámite administrativo.

(Artículo 32 de la Ley de Minería del Ecuador, 2008)

2.7.1. Unidad de medida

Para fines de aplicación de la presente Ley, la unidad de medida para el otorgamiento de un título minero se denominará "hectárea minera". Esta unidad de medida, constituye un volumen de forma piramidal, cuyo vértice es el centro de la tierra; su límite exterior es la superficie del suelo y corresponde planimétricamente a un cuadrado de cien metros por lado, medido y orientado de acuerdo con el sistema de coordenadas UTM - que es un sistema de coordenadas basadas en la proyección cartográfica y un modelo elipsoidal de la tierra que tiene como referencia el meridiano - utiliza una Proyección Transversa Mercator, en uso para la Carta Topográfica Nacional. Se exceptúa de estas reglas al lado de una concesión que linde con las fronteras internacionales, áreas protegidas y/o con zonas de playa, en cuyo evento se tendrá como límite de la concesión, la línea de frontera o de las playas de mar, según sea el caso. El título minero es susceptible de división material o acumulación, dentro del límite de una hectárea minera mínima y cinco mil hectáreas mineras máximas, por concesión. Los aspectos técnicos que correspondan a las formas, dimensiones, relación entre las dimensiones mínima y máxima de las concesiones, orientación, delimitaciones, graficaciones, verificaciones, posicionamientos, mensuras, sistemas catastrales y los demás que se requieran para los

trámites de otorgamiento, conservación y extinción de derechos mineros, constarán en el reglamento general de esta ley. (Artículo 20 de la Ley de Minería del Ecuador, 2008).

2.7.2. Personas inhabilitadas

Se prohíbe el otorgamiento de concesiones mineras a personas que tengan o hayan tenido conflictos de interés o puedan hacer uso de información privilegiada, las personas naturales o jurídicas vinculadas a los organismos de decisión de la actividad minera, sea a través de su participación directa o de sus accionistas y sus parientes hasta cuarto grado de consanguinidad y segundo de afinidad o ex funcionarios del ministerio de recursos naturales, ministerio de energía y minas, ministerio de minas y petróleo o de sus parientes inmediatos hasta cuarto grado de consanguinidad y segundo de afinidad y las personas naturales o jurídicas vinculadas a las instituciones de decisión del sector minero, señaladas en el Título IV "de los contratos" Capítulo 1 "de las capacidades, inhabilidades o nulidades" de la Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública, entre otros.

En la nueva actualización de los decretos y artículos que se señalan en la Ley de Minería del Ecuador, hay un cambio importante que para nuestro tema de interés es indispensable señalar: “En el marco del artículo 264 de la Constitución vigente, cada Gobierno Municipal, asumirá las competencias para regular, autorizar y controlar la explotación de materiales áridos y pétreos, que se encuentren en los lechos de los ríos, lagos, lagunas, playas de mar y canteras, de acuerdo al Reglamento Especial que establecerá los requisitos, limitaciones y procedimientos para el efecto. El ejercicio de la competencia deberá ceñirse a los principios, derechos y obligaciones contempladas en las ordenanzas municipales que se emitan al respecto. No establecerán condiciones y obligaciones distintas a las establecidas en la presente ley y sus reglamentos.” (Decreto Presidencial hacia la Ley de Minería).

CAPITULO III

DISEÑO DE DIQUES TRANSVERSALES

3.1. Topografía

Para desarrollar el “Diseño de explotación para materiales pétreos de la concesión minera María Felicia en el Río Boladel” es importante conocer la superficie real del terreno, estudio que nos da la topografía, para ello se utilizó la técnica de restitución aerofotogramétrica del sector en donde se emplazara el proyecto y en el sector que ocupa la concesión, este tipo de estudios se los realiza mediante vehículos aéreos no tripulados (VANT/drones).

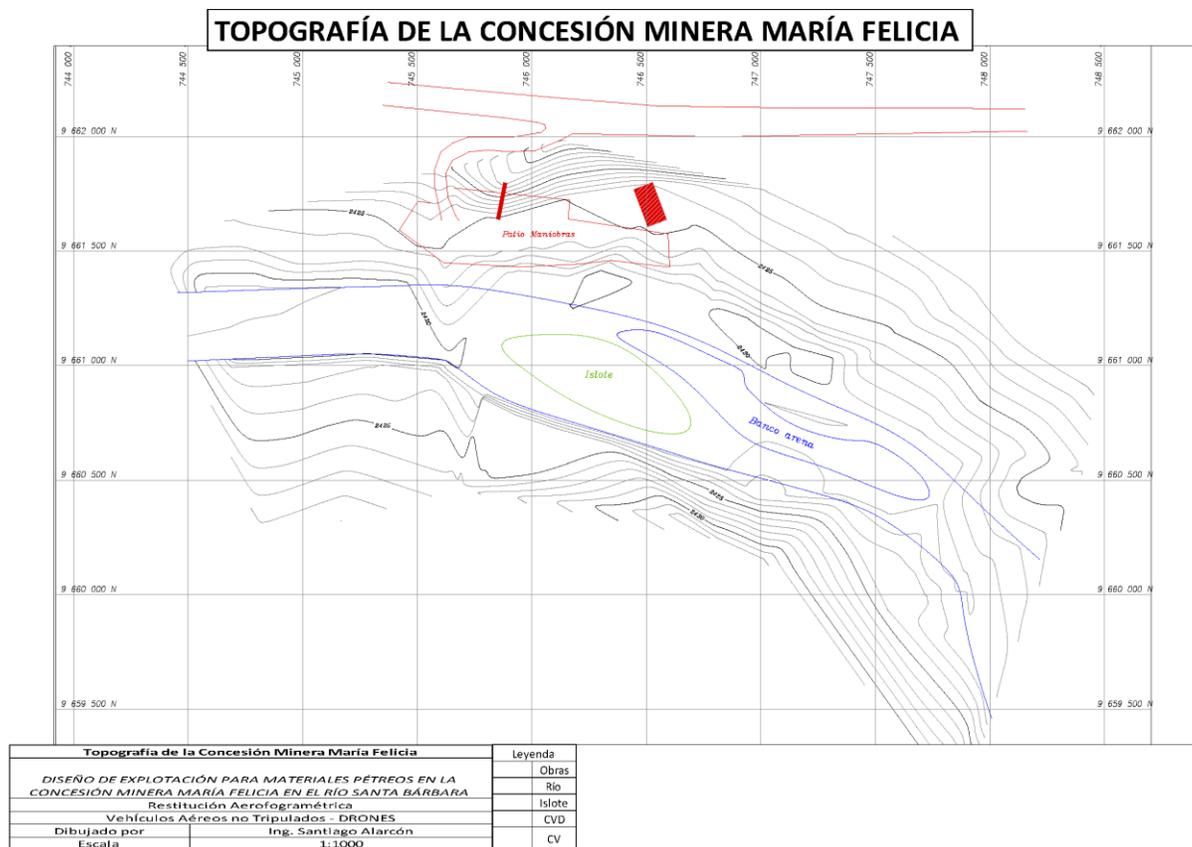


Figura3.1: Resultado del levantamiento topográfico

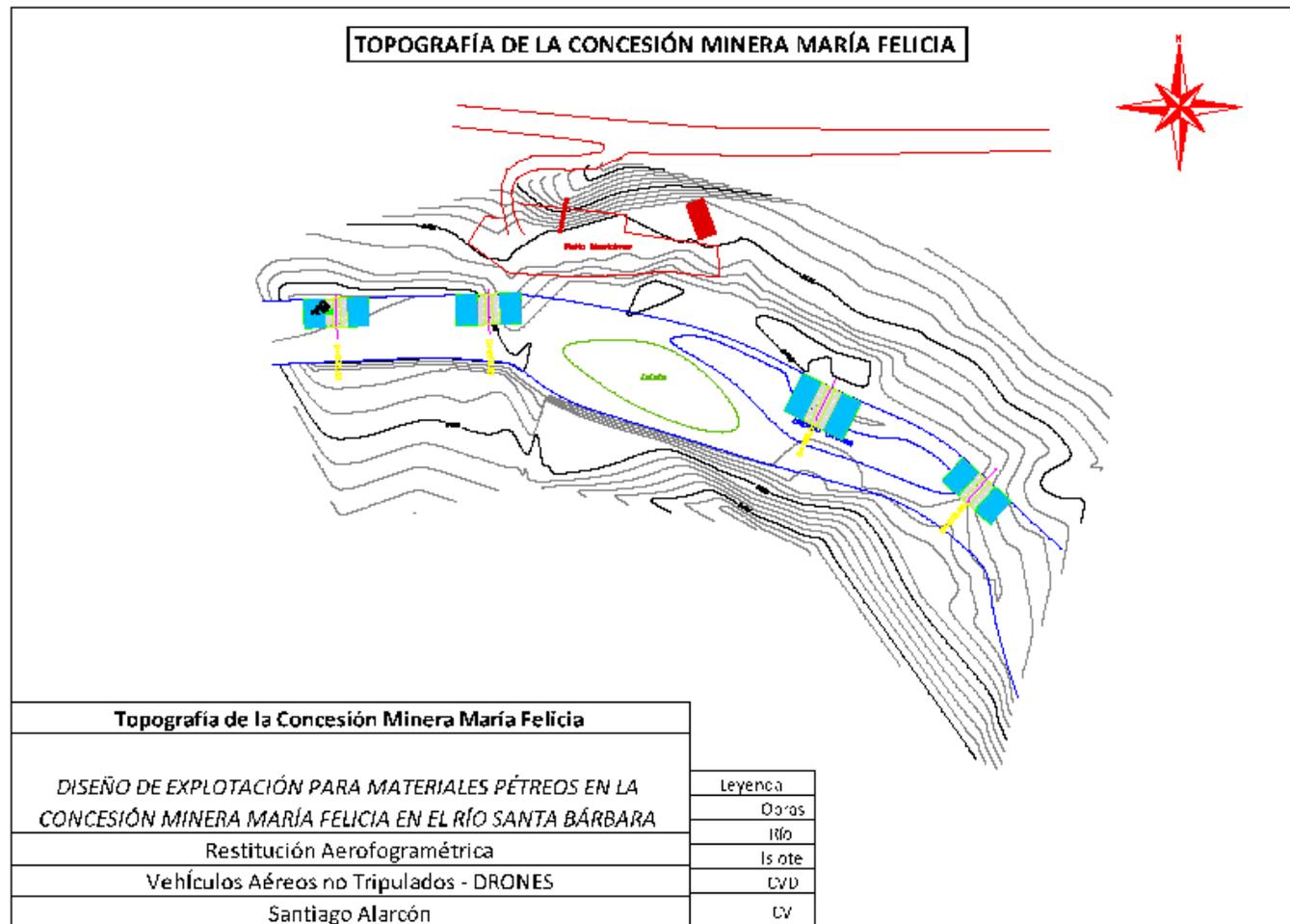


Figura 3.2: Topografía de la Concesión Minera María Felicia

3.2. Caudal del río Boladel.

La subcuenca del río Santa Bárbara está ubicada en el centro sur de la cuenca del Paute, representando el 14.71% de la superficie total de la cuenca del Paute. Políticamente el 98.4 % de la Subcuenca del Santa Bárbara se localiza en la provincia del Azuay y el 1.6% en la Provincia de Morona Santiago; altitudinalmente se encuentra entre los 2200 y los 3750 m.s.n.m. La subcuenca está conformada por 8 microcuencas: río San José, río San Francisco, río Gualaceo alto, río Zhio, río Pamar, río Santa Bárbara, río Boladel y río Gualaceo bajo (Lojano & Lucero, 2011)

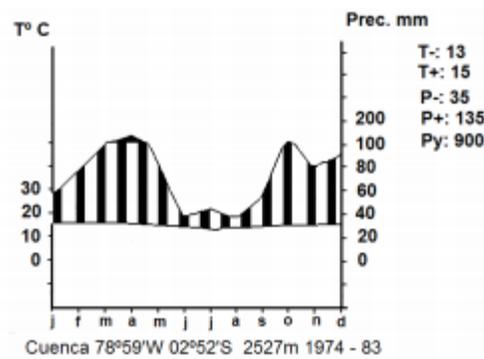


Figura 3.3: Precipitación media Santa Bárbara

Fuente: (Lojano & Lucero, 2011)

En la figura 3.0.4 claramente nos podemos dar cuenta las precipitaciones promedio anual de la cuenca del río Santa Bárbara, que para el caso de estudio podemos afirmar que durante todo el año existen precipitaciones importantes, pero teniendo énfasis en los meses de enero, febrero, marzo, abril, mayo, septiembre, octubre, noviembre y diciembre.

Dentro del diseño de explotación en este caso de estudio es necesario entender que la “determinación de la carga de sedimentos esperada en el río a partir de la curva de duración de la carga anual de sedimentos de acuerdo con las condiciones climáticas e

hidrológicas esperadas para el año de explotación, así: para un año húmedo o de invierno la carga anual de sedimentos será aquella con permanencia del 25% para un año de caudales medios será la carga con permanencia del 50% y para un año cálido o seco será la carga con la permanencia del 75%.” (Gárate, 2016)

EL río Boladel es parte de la cuenca del río Santa Bárbara ubicados en el Sigsig, consta de un caudal promedio mensual de $55 \text{ m}^3 / \text{s}$. según estudios realizados por Inamhi y registros documentados en periódicos locales de la provincia.



Figura 3.4: Río Santa Bárbara en la Concesión Minera María Felicia

Según Briones Sánchez, Gregorio en su obra Aforo del Agua, 1997 el caudal pertenece a un caudal normal o caudal medio: corresponde a condiciones climáticas tipo de la cuenca. Su caudal de recorrido toma el nombre de lecho natural y su capacidad es para las crecidas normales periódicas.

Tabla 3.1: Relación Dique/Caudal

TIPO DE CAUDAL	TIPO DE DIQUE
Caudal de estiaje	Dique de madera
Caudal Normal	Dique de gaviones
Caudal extraordinario	Diques de concreto

Los datos de los caudales son muy importantes en el desarrollo del diseño de los diques ya que en el caso específico del “Diseño de explotación para materiales pétreos de la concesión minera María Felicia en el Río Boladel” se usarán diques de gaviones comprendidos acorde a las especificaciones técnicas sugeridas y al material existente en la concesión.

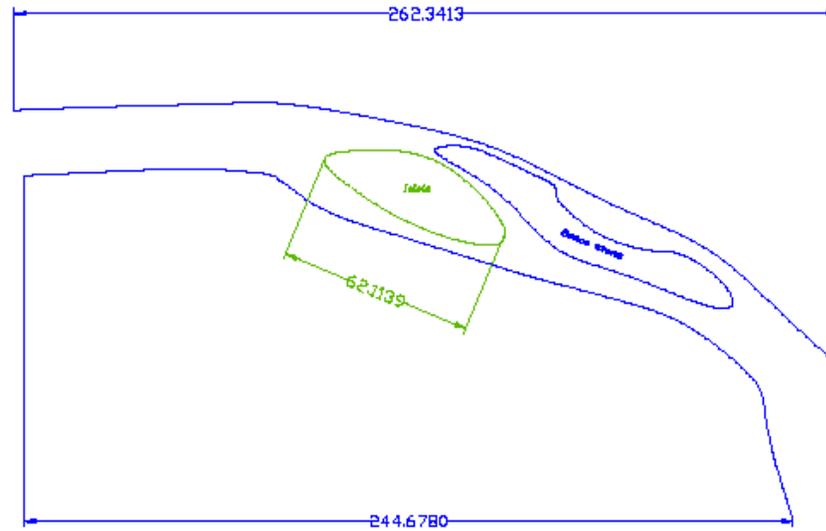
3.3. Diseño de diques transversales.

“El diseño de los diques es similar, consiste en la colocación de una línea de rocas de sobretamaño, cajones de madera o bloques de concreto, perpendiculares a la corriente del río y distanciados cada 50 metros, con el fin de retener el material conducido por la corriente, este método para la extracción del material de arrastre o pétreo, es apropiado porque no altera el lecho ni las riberas del río” (Mojica & Manrique, 2008)

Después de haber analizado el caudal del río Boladel y siguiendo las especificaciones técnicas en la construcción de los diques transversales, la construcción de los mismos se hará con diques de gaviones longitudinales al espejo de agua y a la corriente de río.

Según la topografía obtenida y conociendo el sector en donde se emplazará la construcción de las obras transversales, tendremos:

RÍO BOLADEL DE LA CONCESIÓN MINERA MARÍA FELICIA



Río Boladel de la Concesión Minera María Felicia	
<i>DISEÑO DE EXPLOTACIÓN PARA MATERIALES PÉTREOS EN LA CONCESIÓN MINERA MARÍA FELICIA EN EL RÍO BOLADEL</i>	
Topografía del Río BOLADEL	Leyenda
Distancias en línea recta de los márgenes en el río	Obras
Santiago Alarcón	Río
	Isote
	CVD
	CV

Figura 3.5: Superficie del Río

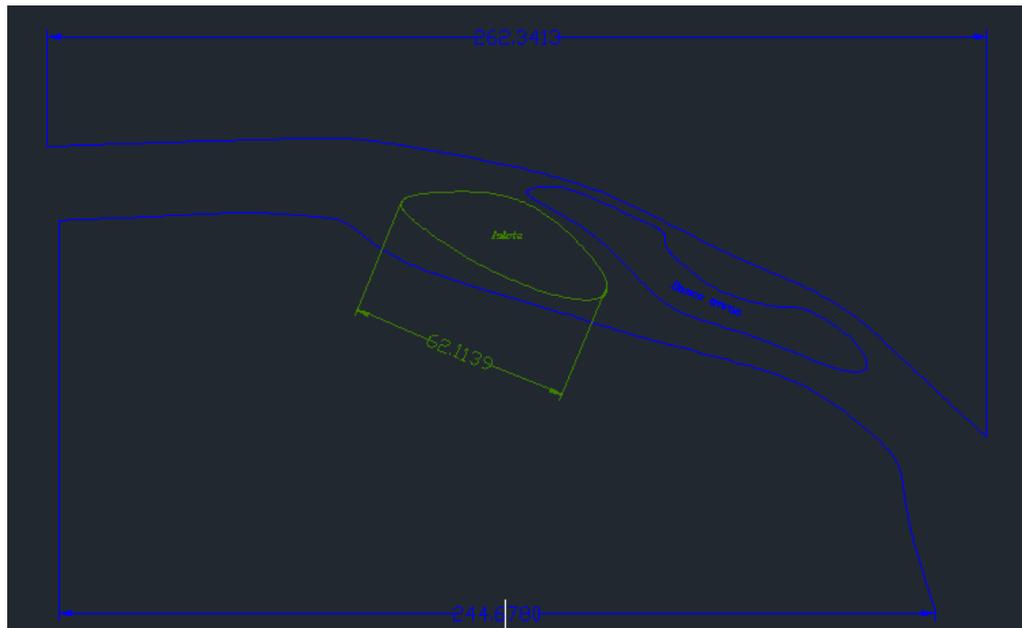


Figura 3.6: Superficie CAD del Río Santa Bárbara

Luego de analizar los datos obtenidos por el levantamiento topográfico realizado, nos podemos dar cuenta que existe una superficie aprovechable del Río en la concesión de:

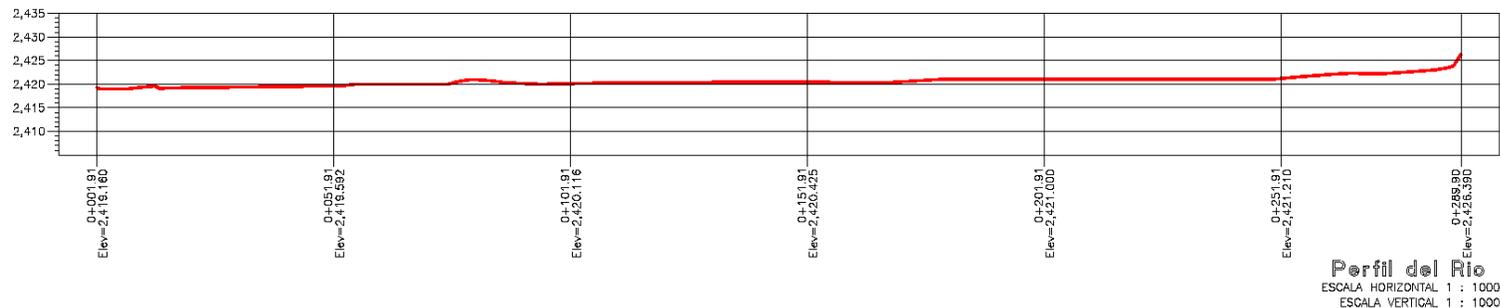
Tabla 3.2: Superficie aprovechable del Río

Superficie	Distancia (m)
Margen Superior del Río	262.34
Margen Inferior	244.7
Islote	62.11
Distancia aprovechable del Río	182 m aprox.

Existe un islote en aproximadamente la mitad de la superficie del Río Boladel que circula por la concesión, ambiental y técnicamente no es viable la extracción de dicho

islote, ya que tendríamos un impacto visual en la zona y además se afectaría el cauce original del río lo que podría aumentar la erodabilidad del mismo.

PERFIL DEL RÍO SANTA BÁRBARA



Perfil del Río Santa Bárbara en la Concesión Minera María Felicia

*DISEÑO DE EXPLOTACIÓN PARA MATERIALES PÉTREOS EN LA
CONCESIÓN MINERA MARÍA FELICIA EN EL RÍO SANTA BÁRBARA*

Santiago Alarcón

Figura 3.7: Perfil del Río Santa Bárbara en la Concesión Minera María Felicia

Atendiendo las características técnicas sugeridas por los autores, se desarrollará la construcción de las obras civiles cada 50 m.

Dentro de la superficie aprovechable, el autor ha decidido realizar la construcción de 4 diques transversales en el sector, esto debido a que en la superficie del río existe el islote antes mencionado de 62.11 metros.

Los diques estarán diseñados siguiendo líneas específicas en

- Cuidado ambiental:
 - Cumpliendo con factores de cuidado de los márgenes del río
 - Previendo la erodabilidad de los márgenes del río
 - Sin impacto visual en la zona de explotación
 - Cuidando el cauce normal del río

- Factores Técnicos:
 - Cumpliendo con factores de seguridad estandarizados
 - Delimitando la explotación
 - Cuidando el BedRock
 - Aprovechando la corriente del río
 - Longitudinalmente guardando y preservando los márgenes del río

- Factores operacionales:
 - Utilizando la maquinaria existente en la concesión
 - Utilizando la mano de obra necesaria
 - Utilizando caminos ya construidos existentes en la concesión

3.4. Construcción de los diques

La materia prima que se utilizaran en la construcción de los diques son los sobretamaños de la explotación y rocas existentes en la zona con un tamaño mayor a 50 cm y para su encaje rocas con tamaños entre 20 y 40 cm, este tipo de rocas existen en la zona, y, es una manera de aprovechar y optimizar los recursos de la zona.

3.4.1. Profundidad del espejo de agua

De acuerdo al levantamiento topográfico del río y atendiendo las normas de seguridad y de protección en el ambiente, de acuerdo a la situación actual de la concesión tendremos diferentes profundidades:

Tabla 3.3: Profundidad del Espejo de Agua

Profundidad del Espejo de Agua	Metros (m)
1	2
2	0.75
3	0.73
4	0.86

En esta tabla nos podemos dar cuenta que existe una zona en la parte occidental de la concesión en donde el río es más profundo por ende el primer dique es el que más profundidad tiene, esto a su vez se convierte en una ventaja ya que por factores de diseño este dique aseguraría el arrastre y sería una protección para los otros diques.

3.4.2. Ancho del dique

El ancho del dique se obtiene por la siguiente expresión

$$AD = AE + (2 * FACTOR DE SEGURIDAD)$$

Fuente: (Gárate, 2016)

De donde:

AD= ancho del dique

AE= ancho de la excavadora

Factor de seguridad= ancho de la excavadora

- Este factor de seguridad es esencial en la construcción del dique ya que cada obra transversal tendrá dos frentes de explotación.

3.4.3. Excavadora.

María Felicia cuenta con maquinaria indispensable para la explotación de los materiales pétreos, Retroexcavadora JOHN DEERE 710D. Dicha retroexcavadora consta de las siguientes características.

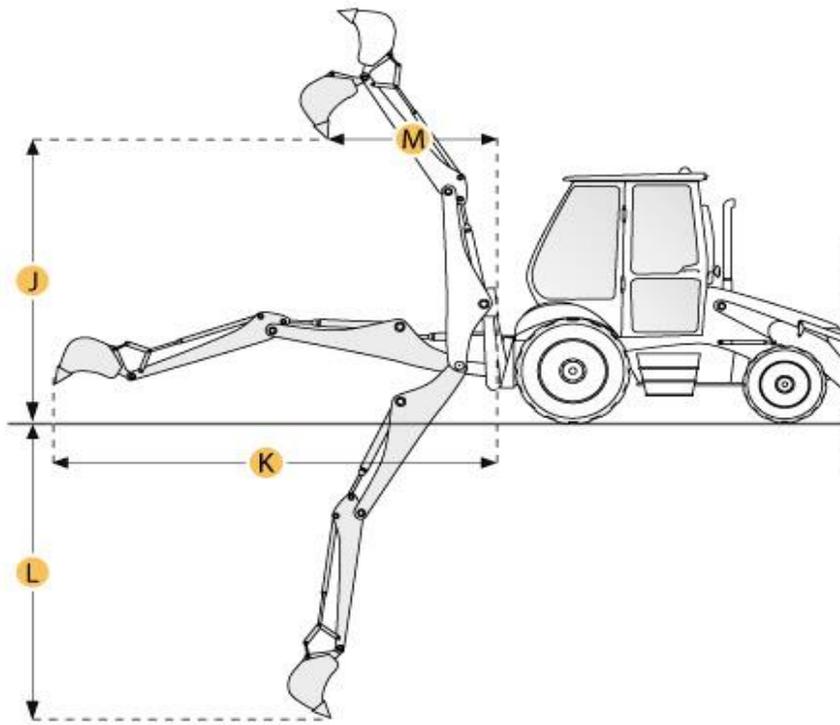


Figura 3.8: Dimensiones de Retroexcavadora 710D
Fuente: Catálogo JOHN DEERE

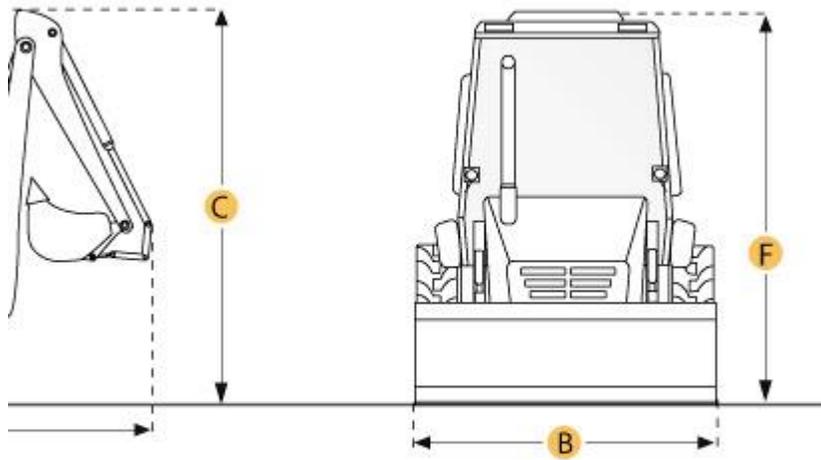


Figura 3.9: Dimensiones de Retroexcavadora 710D
Fuente: Catálogo JONH DEERE

Tabla 3.4: Características específicas de retroexcavadora John Deere 710 d

<i>Backhoe</i>		
<i>J. Load height – std</i>	13.3 ft in	4030 mm
<i>K. Reach from swivel – std</i>	22.7 ft in	6909.8 mm
<i>L. Dig depth – std</i>	18.2 ft in	5538.2 mm
<i>M. Reach at load height – std</i>	26.8 ft in	6900 mm
Dimensiones		
A. Longitud del transporte	26.7 ft in	8129 mm
B. Anchura del transporte	8 ft in	2440 mm
C. Altura del transporte	13.8 ft in	4210 mm
D. Distancia entre ejes	7.9 ft in	2400 mm
E. Despeje desde el suelo	1.2 ft in	356 mm
F. Altura hasta la parte superior de la cabina	9.3 ft in	2820 mm
<i>Loader</i>		
<i>G. Clearance at max dump height</i>	9.4 ft in	2880 mm
<i>H. Reach at max dump height</i>	27.9 ft in	8500 mm
<i>I. Dig depth</i>	5.8 in	147 mm
<i>Engine</i>		
<i>Make</i>	John Deere	
<i>Model</i>	6059T	
<i>Gross power</i>	120 hp	89.5 kw
<i>Net power</i>	115 hp	85.8 kw
<i>Displacement</i>	359 cu in	5.9 L
<i>Power measured @</i>	2200 rpm	
<i>Number of cylinders</i>	6	
<i>Net torque rise</i>	25 %	
<i>Net max torque</i>	343 lb ft	465 Nm
<i>Aspiration</i>	Turbocharged	
<i>Operational</i>		

<i>Operating weight 2wd</i>	23038.3 lb	10450 kg
<i>Max weight</i>	23000 lb	10450 kg
<i>Fuel capacity</i>	44 gal	166 L
<i>Hydraulic system fluid capacity</i>	40 gal	151 L
<i>Oil system fluid capacity</i>	5 gal	19 L
<i>Cooling system fluid capacity</i>	6.9 gal	26 L
<i>Transmission fluid capacity</i>	6 gal	23 L
<i>Rear axle fluid capacity</i>	4.5 gal	17 L
<i>Turning radius</i>	14.3 ft in	4370 mm
<i>Tire size front - 2wd / 4wd</i>	14.5/75-16.1,10PR F3	
<i>Rear tires size 2wd/4wd</i>	21L-24,16PR R4	
<i>Operating voltaje</i>	12 V	
<i>Alternator supplied amperage</i>	95 amps	
<i>Transmission</i>		
<i>Type</i>	<i>Powershift</i>	
<i>Number of forward gears</i>	4	
<i>Number of reverse gears</i>	2	
<i>Max speed – forward</i>	21 mph	33.9 km/h
<i>Max speed reverse</i>	6.6 mph	10.6 km/h
<i>Backhoe</i>		
<i>Dig depth – std</i>	18.2 ft in	5538.2 mm
<i>Dig depth – ext</i>	23.1 ft in	7034.8 mm
<i>Reach from swivel – std</i>	22.7 ft in	6909.8 mm
<i>Reach from swivel – ext</i>	27.3 ft in	8305.8 mm
<i>Bucket dig force – std</i>	12940 lb	5869.5 kg
<i>Bucket dig force – ext</i>	12940 lb	5869.5 kg
<i>Load at max lift – std</i>	10300 lb	4679 kg
<i>Load at max lift – ext</i>	6800 lb	3090 kg
<i>Load height – std</i>	13.3 ft in	4030 mm
<i>Load height – ext</i>	15.3 ft in	4650 mm

<i>Reach at load height – std</i>	26.8 ft in	6900 mm
<i>Reach at load height – ext</i>	31.3 ft in	9560 mm
<i>Loader</i>		
<i>Bucket capacity</i>	1.9 yd ³	1.3 m ³
<i>Bucket width</i>	96 in	2440 mm
<i>Bucket breakout force</i>	14050 lb	62.5 kN
<i>Lift capacity at full height</i>	7733 lb	3503 kg
<i>Clearance at max dump height</i>	9.4 ft in	2880 mm
<i>Reach at max dump height</i>	27.9 ft in	8500 mm
<i>Dig depth</i>	5.8 in	147 mm
<i>Hydraulic</i>		
<i>Pump type</i>	Radial pistons	
<i>Pump flow capacity</i>	53 gal/min	201 L/min
<i>Relief valve pressure</i>	2550 psi	17500 kPa
<i>Dimensions</i>		
<i>Transport length</i>	26.7 ft in	8129 mm
<i>Transport width</i>	8 ft in	2440 mm
<i>Transport height</i>	13.8 ft in	4210 mm
<i>Height to top of cab</i>	9.3 ft in	2820 mm
<i>Wheelbase</i>	7.9 ft in	2400 mm
<i>Ground clearance</i>	1.2 ft in	356 mm

Fuente: JONH DEERE

De acuerdo a las características específicas de la retroexcavadora, podemos rescatar algunos datos que son esenciales para diseñar el ancho del dique.

Tabla 3.5: Características de la maquinaria para el ancho del dique

ZONA	Dimensión (ft)	Dimensión (mm)	Dimensión (m)
B. Anchura del transporte	8 ft in	2440 mm	2.44 m

Utilizando la fórmula antes mencionada, tendremos

$$AD = AE + (2 * FACTOR DE SEGURIDAD)$$

$$AD = 2.44 + (2 * 2.44)m$$

$$AD = 7.32 m$$

Por razones de construcción de la obra y aumentando así la seguridad en las maniobras el ancho de los diques tendrá 7.5 metros.

3.4.4. Longitud del dique

Este factor es uno de los más importantes en el diseño de los diques transversales, ya que cumpliendo con las características principales de la explotación de lecho de río por medio de diques transversales que es proteger los márgenes de los ríos, cuidar los caudales ecológicos, disminuir el impacto visual, entre otros. La longitud del dique tendrá un 45% la longitud total del río en donde se emplazará dicha obra.

Tabla 3.6: Cálculo de longitud del dique

Dique	Abscisa	Ancho del Río (A.R) (m)	Fórmula LD= AR * 0.45	Longitud del Dique (LD)	Longitud de Construcción (m)
1	0+0.23,53	20.66	LD = 20.66 *	9.29	9.30 m

			0.45		
2	0+0.73,55	22.00	LD = 22.00 * 0.45	9.9	10 m
3	0+186.04	30.08	LD= 30.08 * 0.45	13.53	13.6 m
4	0+248.60	21.86	LD = 21.86 * 0.45	9.83	10 m

Tabla 3.7: Resumen de las dimensiones finales del diseño del dique

N° de Dique	Profundidad (m)	Ancho (m)	Longitud (m)
Dique 1	2	7.5	9.30
Dique 2	0.75	7.5	10
Dique 3	0.75	7.5	13.6
Dique 4	0.9	7.5	10

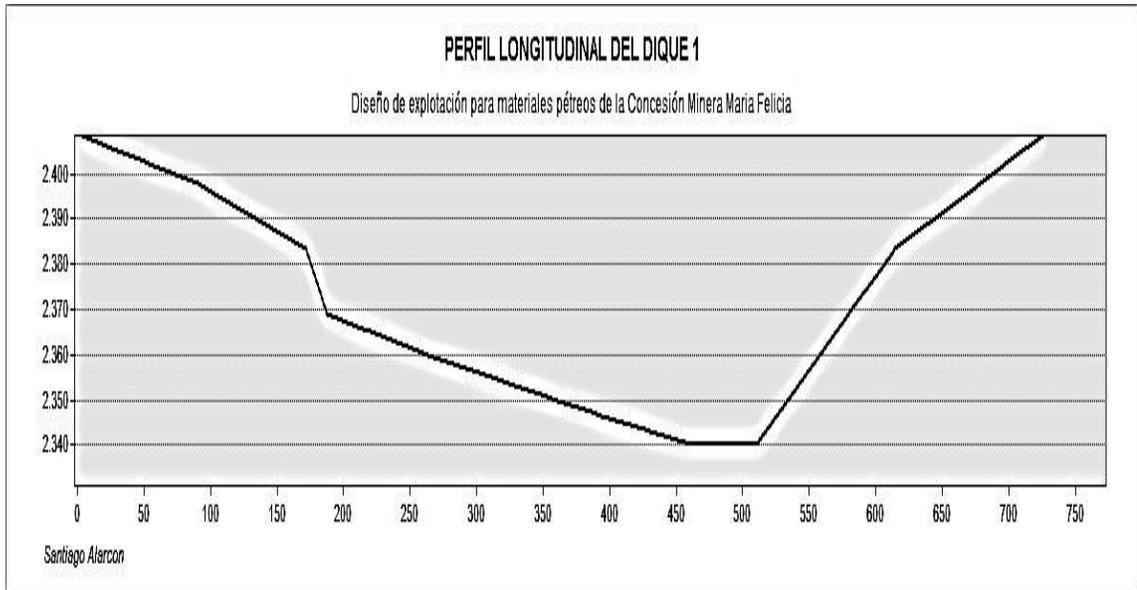


Figura 3.10: Perfil Longitudinal del Dique N°1

3.4.5. Profundidad de la excavación.

Siguiendo las características de explotación, se realizará a cielo abierto con una extracción directa, es decir, sacamos el material pétreo del río utilizando la cuchara de la retroexcavadora, JONH DEERE 710D.

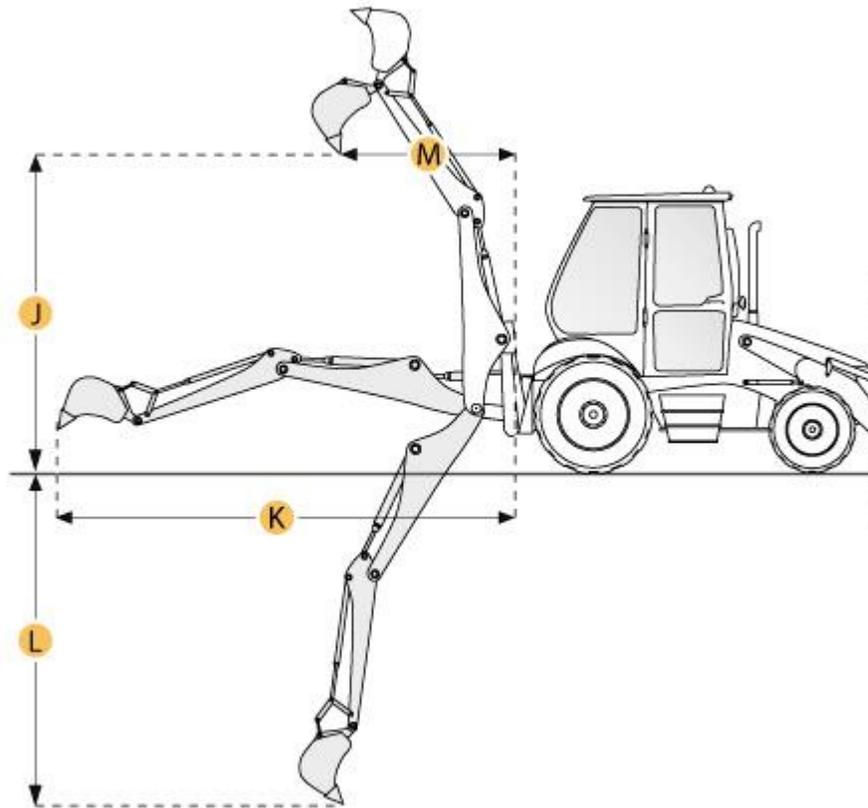


Figura 3.11: Dimensiones del alcance de la retroexcavadora

Fuente: JONH DEERE

Analizando la siguiente imagen nos podemos dar cuenta que, DIGHT DEPT (L) o profundidad de excavación (por su traducción al español) de esta máquina es de

Tabla 3.8: Profundidad de la excavación

Características				
L	Profundidad de excavación	18.2 ft in	5538.2 mm	5.5 m

Fuente: JOHN DEERE.

Existen algunas relaciones matemáticas las cuales nos ayudaran a delimitar la capacidad máxima de excavación, teniendo en cuenta factores como: BedRock, espejo de agua, altura de los diques.

$$P.E. = PME - ADR - AP$$

Fuente: (Gárate, 2016)

De donde,

PE= profundidad de excavación

PME= profundidad máxima de excavación de maquinaria

ADR= altura entre el nivel del dique y el punto más bajo del río en la sección (este es un valor variable, de acuerdo en donde se emplace la excavación).

AP= altura de protección (con el objetivo de no tocar el BedRock)

Atendiendo a la relación matemática tenemos:

PME= 5.55 m

ADR= 1m

AP= 1m, entonces

$$P.E. = PME - ADR - AP$$

$$P.E. = 5.55 - 1 - 1$$

$$P.E = 3.55$$

Por factores de diseño y aumentando la seguridad del BedRock ≈ 3.5 metros.

3.5. Pozos de explotación

Los pozos son los lugares en donde se llevará a cabo la explotación, son el lugar en donde se depositarán el material pétreo arrastrado por el Río Boladel. Según la maquinaria que posee el concesionario, estos pozos se diseñarán de acuerdo a ciertas características puntuales de la retroexcavadora, que es quien extraerá el material para ser posteriormente depositarlo en las volquetas.

Estos tendrán el ancho máximo del alcance del brazo de la cuchara de la retroexcavadora, así mismo tendrán la profundidad que estará basada en la profundidad máxima de excavación, anteriormente mencionado.

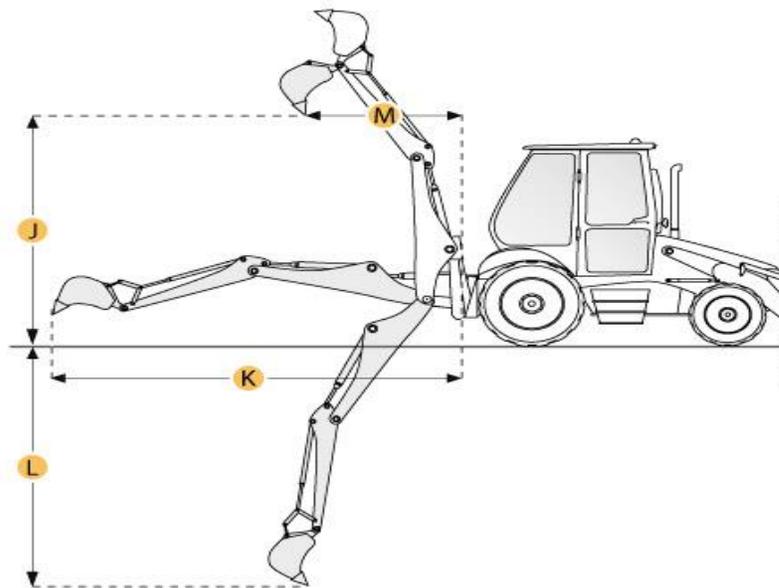


Figura 3.12: Dimensiones JONH DEERE.

Fuente: Catálogo.

Tabla 3.9: Distancia del eje

Características				
K	REACH FROM SWIVEL – STD/ Alcance desde el eje	22.7 ft in	6909.8 mm	6.9 m

Fuente: Catálogo

Tabla 3.10: Volumen de explotación por cada pozo

Pozo	Largo (m)	Ancho (m)	Profundidad de excavación (m)	Ancho explotable (m)	Volumen de explotación (m ³)
1	9.3	6.9	3.5	13.8	449.19
2	10	6.9	3.5	13.8	483
3	13.6	6.9	3.5	13.8	656.88
4	10	6.9	3.5	13.8	483
					2072.07

Tabla 3.11: Volúmenes explotables mensuales y anuales

N° Pozo	Volumen Explotable (m ³)	Cosechas Mensuales	Cosechas Anuales	Volumen explotable mensual (m ³)	Volumen explotable anual (m ³)
1	449.19	4	48	1796.76	21561.12
2	483	4	48	1932	23184
3	656.88	4	48	2627.52	31530.24
4	483	4	48	1932	23184
Total				8288.28	99459.36

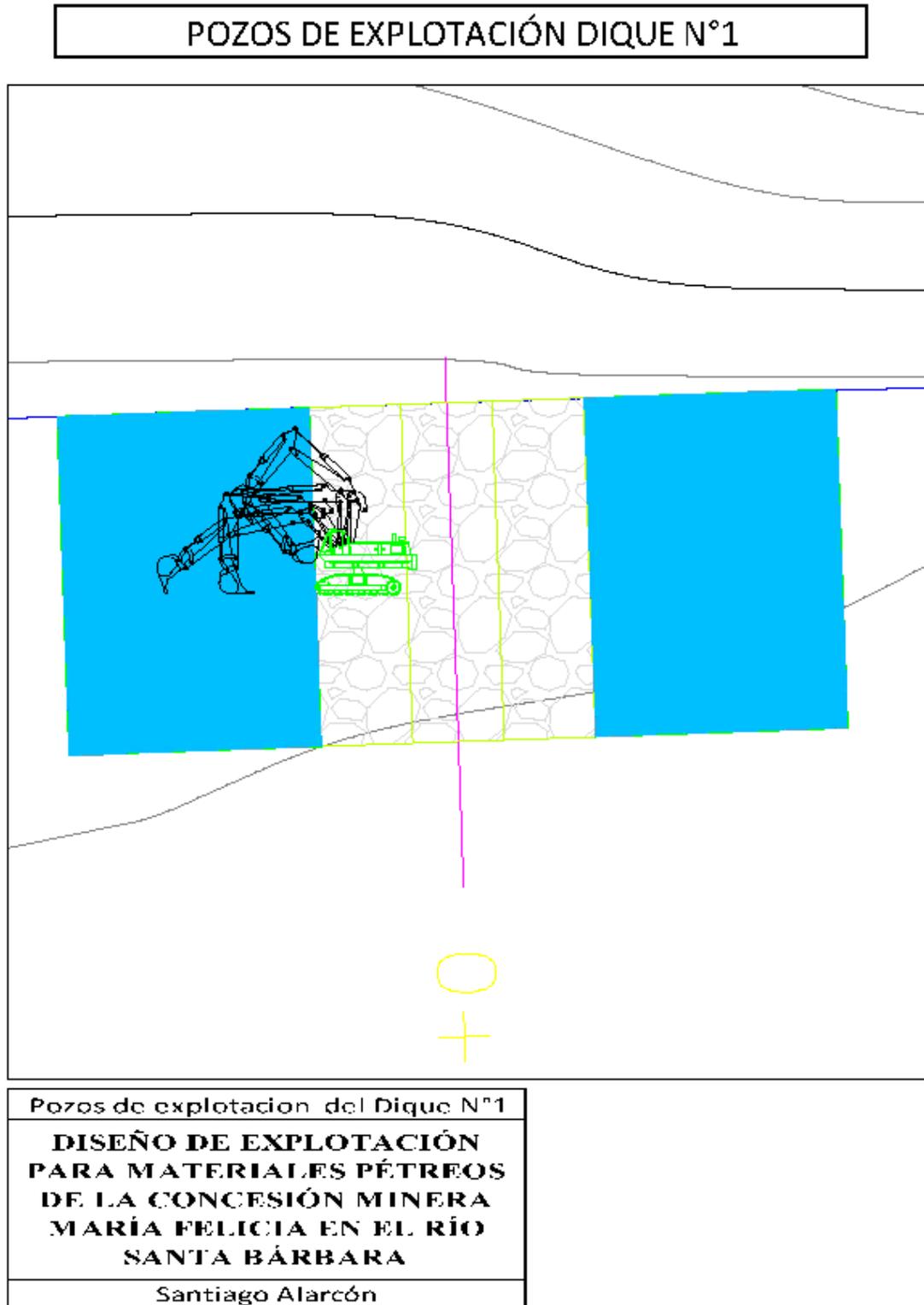


Figura 3.13: Pozos de explotación del dique N° 1

3.6. Procesos operacionales de la mina

3.6.1. Método de Extracción.

El método de explotación será mediante la extracción del material desde los diques que están diseñados en los planos utilizando una retroexcavadora, posteriormente el material mediante volquetas será enviado a la criba clasificadora la cual se encargará de clasificar el material en los diferentes productos que ofrece la concesión.

“Cualquier sobre tamaño se depositará en la ribera derecha del cauce para proteger los caminos de acceso al río, que será perpendicular o con dirección hacia aguas abajo” (Gárate, 2016)

3.6.2. Carga y transporte del material

Una vez extraído el material del sitio destinado a la explotación, será depositado en volquetas de transporte que seguirán el camino, el cual los llevará hacia las zonas destinadas para el stock o directamente a la criba de clasificación. Este será un proceso continuo.

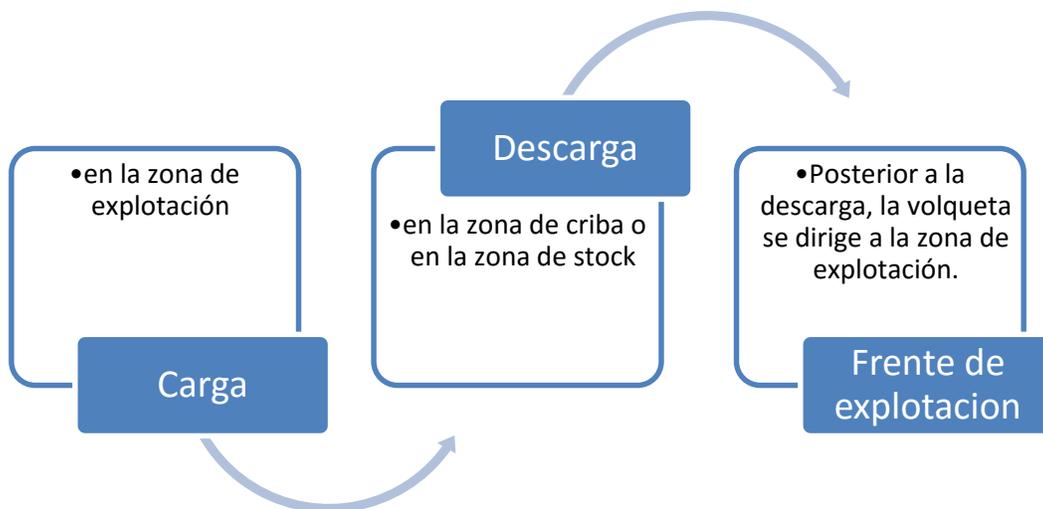


Figura 3.14: Flujo de Carga y Transporte

3.6.3. Clasificación

Debido a que es una concesión de minería artesanal, los procesos de clasificación se los hacen directamente en una criba clasificadora de materiales



Figura 3.15: Clasificador de materiales

La misma que clasifica los materiales en:

- Material grueso (mayor a 20 cm)
- Material medio (10 y 20 cm)
- Material fino (menores a 10 cm)

CAPITULO IV

CALIDAD DE LOS MATERIALES PÉTREOS

4.1. Ensayo granulométrico de arena de la concesión minera María Felicia

Este ensayo nos permite obtener una distribución por tamaño de las partículas de arena presentes en la concesión, es de suma importancia ya que en gran parte de los criterios de aceptación de los materiales pétreos (arena) para ser utilizados en bases o subases de carreteras, presas, diques, drenajes y arquitectónicas o de construcción.

Para obtener la distribución de tamaños, se emplean tamices normalizados y numerados, dispuestos en orden decreciente.

4.1.1. Método para análisis mecánico

4.1.1.1. Equipo necesario.

- Un juego de tamices normalizados.
- Dos balanzas: con capacidades superiores a 2000 grs y precisiones de 0.1 gr.
- Horno de secado con circulación de aire y temperatura regulable capaz de mantenerse en 110 ± 5 °C
- Un vibrador mecánico

4.1.1.2. Herramientas y accesorios

- Bandeja metálica
- Poruña

- Recipientes y escobilla.

4.1.2. Procedimiento.

Se homogeniza cuidadosamente el total de la muestra en estado natural, tratando de evitar romper sus partículas individuales, especialmente si se trata de un material blando, piedra arenosa u otro similar.

Se reduce por cuarteo una cantidad de muestra levemente superior a la mínima recomendada según el tamaño máximo de partículas del árido.

Tabla 4.1: Relación tamaño/peso en las partículas

Tamaño máximo de partículas	Cantidad mínima a ensayar (kg)
5	0.5
25	10
50	20
80	32

Fuente: Universidad Nacional de Loja

Se seca el material ya sea al aire a temperatura ambiente, o bien dentro de un horno a una temperatura inferior a 60°C, por aproximadamente 24 horas.

Cuando esté seca, se obtiene la cantidad mínima recomendada (Mt) a ensayar según la tabla anterior.

Inmediatamente obtenido el tamaño de muestra a ensayar, se separa a través del tamiz 3/8" ASTM (10mm). La fracción retenida en este tamiz, se pesa y se lava con el fin de eliminar todo el material fino menor a 0.074 mm,

Cumplido el tiempo de secado y una vez enfriada la muestra, se pesa (M_f) y por diferencia con respecto a M_t se obtiene el material fino por lavado.

Se deposita el material en la criba superior del juego de tamices, los que deberán encontrarse limpios y ordenados en forma decreciente hasta la criba 3/8". El juego deberá contar de una tapa en la parte superior y una bandeja de residuos en la inferior.

Se hace vibrar el conjunto durante 5 a 10 minutos, tiempo después del cual se retira del vibrador y se registra el peso del material retenido en cada tamiz.

Para la fracción de muestra que pasó el tamiz 3/8", el procedimiento es similar, salvo que una vez lavada y seca, se ensaya una muestra representativa de 500 grs. Utilizando los tamices comprendidos entre la malla N°4 y la N°200 ASTM. (Universidad Nacional de Loja, laboratorio de Materiales de Construcción).

(Loja U. N., 2016)

4.1.3. Cálculos y gráficos

De acuerdo a los valores de los pesos retenidos en cada tamiz, registrar los siguientes datos en la hoja de cálculos

- Porcentaje retenido en cribas (%RC)

$$(\%RC) = \frac{PRC}{M_t * 100} \%$$

De donde:

PRC: peso retenido en cada criba (gr)

Mt= peso total de la muestra seca (gr)

- Porcentaje retenido en mallas (%RM)

$$(\%RM) = \frac{PRM * K}{K} \%$$

De donde:

PRM= peso retenido en cada malla (gr)

K= porcentaje de muestra que pasó el tamiz 3/8"

500= peso de la muestra representativa (gr)

Porcentajes retenidos acumulados, suma acumulativa de los porcentajes retenidos en cribas y mallas.

Porcentaje que pasa, los que consisten en restar a 100% el porcentaje retenido acumulado en cribas y mallas.

Calcular el porcentaje de pérdida (%P) para cada fracción de material, mediante la siguiente expresión

$$(\%P) = \frac{(M1 - M2)}{M1 * 100 (\%)}$$

De donde:

M1= peso de materia (grava o arena) a ensayar (gr)

M2= sumatoria de pesos retenidos (gr)

Graficar la curva granulométrica, donde la ordenada será el porcentaje que pasa en peso en cada tamiz en escala natural y la abscisa el tamaño (diámetro equivalente) de las partículas en escala logarítmica

Calcular el coeficiente de uniformidad (C_u), el cual es una medida de uniformidad (graduación) del suelo y el coeficiente de curvatura (C_c), el cual es un dato complementario para definir la uniformidad de la curva, mediante las siguientes expresiones:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60} * D_{10})}$$

De donde:

D_{10} : tamaño donde pasa el 10 % del material

D_{30} = tamaño donde pasa el 30% del material

D_{60} = tamaño donde pasa el 60% del material

Fuente: Universidad Nacional de Loja, laboratorio de Materiales de Construcción.

Tabla 4.2: Análisis granulométrico de la arena de la concesión minera María Felicia

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL MATERIAL PÉTREO DE LA CONCESIÓN MINERA MARÍA FELICIA							
N° Tamiz	Diámetro (mm)	Peso 1(gr) (con muestra)	Peso 2 (gr) (sin muestra 1)	Peso 3 (gr) (sin muestra 2)	Masa de suelo retenida (gr)	Porcentaje retenido	Porcentaje que pasa
3/8 "	9.5	464.37	446.70	446.70	17.67	3.5%	96.5%
1/4	6.3	465.3	452.00	452.00	13.30	2.7%	93.8%
4	4.75	461.9	439.30	439.30	22.60	4.5%	89.3%
8	2.36	485.43	412.13	412.17	73.30	14.7%	74.6%
16	1.18	451.17	361.43	361.50	89.73	17.9%	56.7%
30	0.6	404.17	320.10	320.13	84.07	16.8%	39.9%
50	0.3	385.93	294.53	294.63	91.40	18.3%	21.6%
100	0.15	349.67	280.63	280.77	69.03	13.8%	7.8%
200	0.075	303.53	277.33	277.40	26.20	5.2%	2.6%
Bandeja		266.90	253.90	253.90	13.00	2.6%	
Masa total					500		

Tabla 4.3: Cálculo de los porcentajes que pasan

D10		D30		D60	
X	0.3	X	0.6	X	2.36
X1	0.15	X1	0.3	X1	1.18
Y	21.6	Y	39.9	Y	74.6
Y1	7.8	Y1	21.6	Y1	56.7
D10	0.19	D30	0.46	D60	1.42

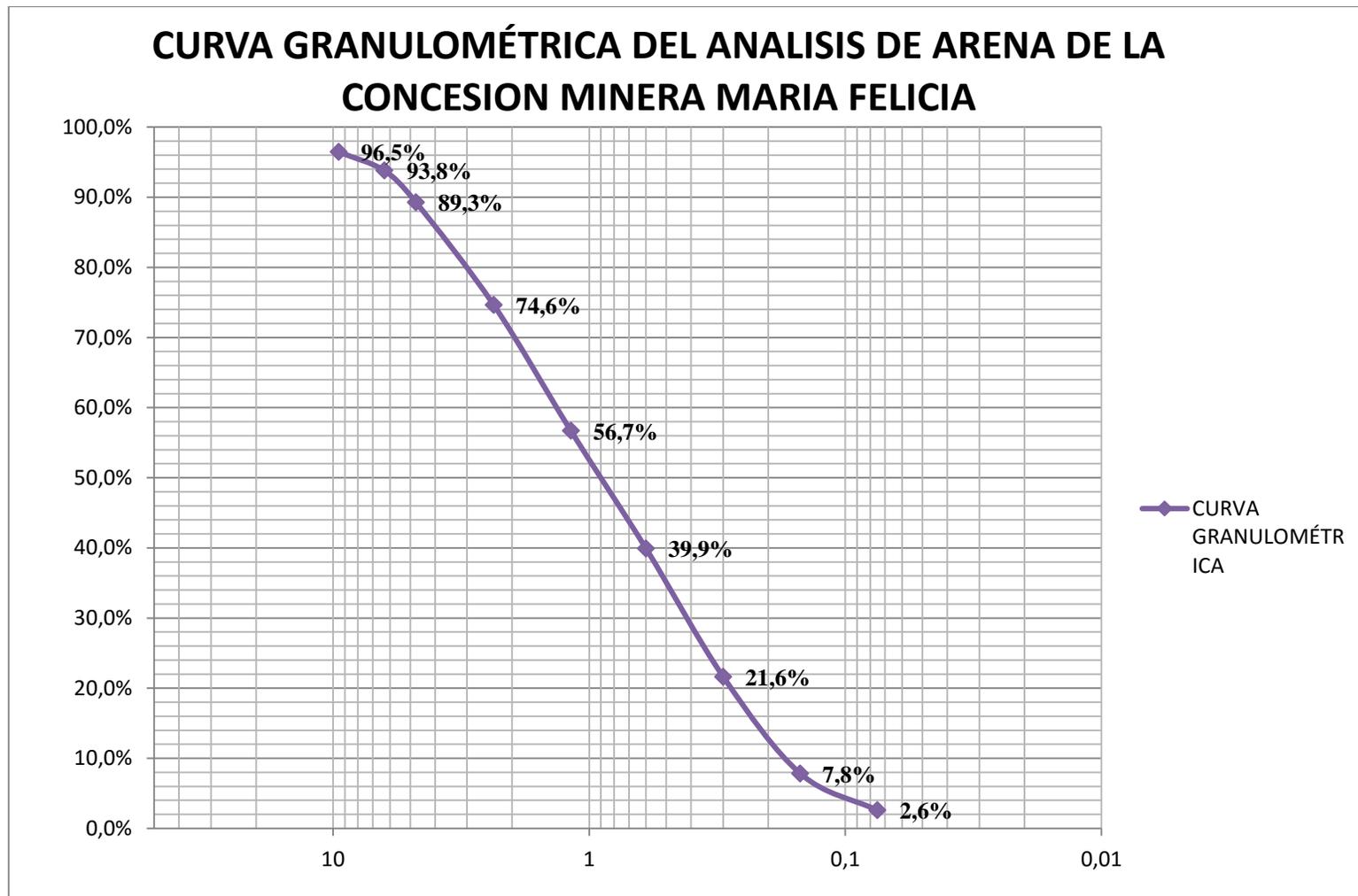


Figura 4.1: Curva granulométrica del análisis de la arena de la Concesión Minera María Felicia

Tabla 4.4: Coeficiente de Uniformidad

Coeficiente de Uniformidad	
CU	7.63

Tabla 4.5: Coeficiente de curvatura

COEFICIENTE DE CURVATURA	
CC	0.80

Según los estándares de calidad de suelos, y los resultados de este ensayo, la arcilla de la concesión minera María Felicia es una arena bien gradada, se identifica con el símbolo SW, ya que su coeficiente de uniformidad es mayor a 6 y su coeficiente de curvatura es menor a 3.

Para tener una mejor veracidad en los resultados de los ensayos, se realizaron 3 pruebas y un promedio de las 3.

La tabla anteriormente realizada es el resultado del promedio de los 3 ensayos realizados.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- En el presente trabajo de titulación pudimos demostrar que en la concesión minera María Felicia es posible realizar un diseño de diques transversales, cumpliendo los estándares técnicos sugeridos, por lo cual es factible realizar una explotación en el sector.
- Para realizar el diseño de los diques transversales es indispensable conocer el caudal del río Santa Bárbara, el cual es de 55 m³/s, el cual posterior análisis se pudo comprobar que es un caudal medio.
- Siguiendo las recomendaciones de los autores, el material óptimo para la construcción de los diques transversales es un muro de gaviones, con piedras de tamaños promedios entre 70 cm y 30 cm. Este material se encuentra depositado en las riberas del río y dentro de la concesión.
- De acuerdo al diseño se llegó a la conclusión que los diques tendrán un ancho de 7.5 metros, ya que éste es el valor recomendado atendiendo a los parámetros de seguridad y a la maquinaria existente en la concesión.
- Las profundidades de los diques dependerán exclusivamente del espejo de agua que se emplaza en cada lugar en donde se construirán los diques.
- Las distancias entre diques serán de 50 metros, esta es una medida recomendada y que nos permitirá que los pozos de explotación se rellenen.
- Por cada dique construido, tendrán dos pozos de explotación, uno en cada frente del dique. El ancho máximo de explotación está diseñado de acuerdo al alcance máximo del brazo de la retroexcavadora que es de 13.8 metros.

- La altura de explotación está diseñada respetando parámetros ambientales, sobre todo cuidando y protegiendo el BedRock.
- La longitud del pozo y los diques serán del 45 % del ancho del río en el lugar en donde se emplazará la obra, este valor es con el fin de salvaguardar el cauce del río y proteger los extremos de una posible erodabilidad del suelo.
- Los volúmenes a extraer de cada pozo son:

Pozo	Largo (m)	Ancho (m)	Profundidad de excavación (m)	Ancho explotable (m)	Volumen de explotación (m3)
1	9.3	6.9	3.5	13.8	449.19
2	10	6.9	3.5	13.8	483
3	13.6	6.9	3.5	13.8	656.88
4	10	6.9	3.5	13.8	483
					2072.07

- Los volúmenes mensuales y anuales explotables de acuerdo a cada pozo son:

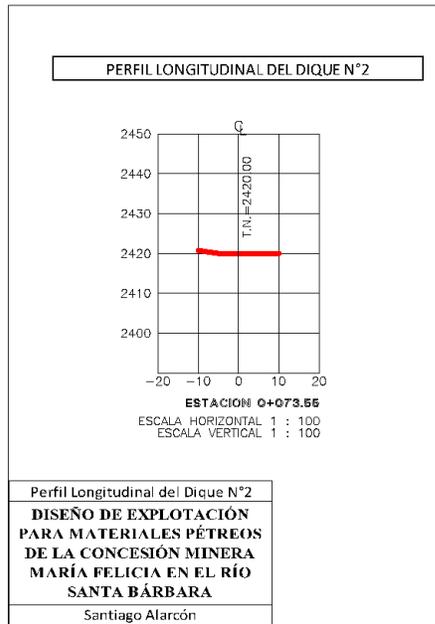
N° Pozo	Volumen Explotable (m3)	Cosechas Mensuales	Cosechas Anuales	Volumen explotable mensual (m3)	Volumen explotable anual (m3)
1	449.19	4	48	1796.76	21561.12
2	483	4	48	1932	23184
3	656.88	4	48	2627.52	31530.24
4	483	4	48	1932	23184
Total				8288.28	99459.36

- La calidad de los materiales pétreos se pudo verificar mediante un análisis granulométrico, que, de acuerdo a los resultados obtenidos en dicho ensayo, la arena de la concesión es una arena bien gradada, lo que significa que es de buena calidad para la construcción de obras civiles y arquitectónicas.

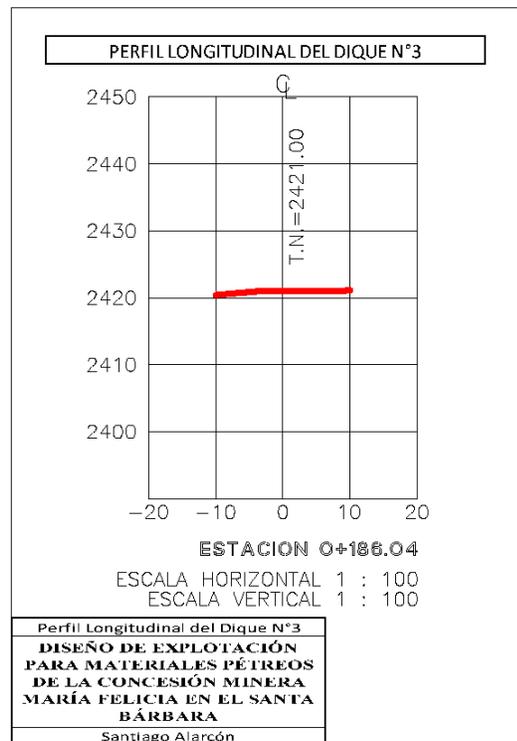
BIBLIOGRAFÍA

- Bañón, L. (2009). *Materiales Pétreos* .
- Blázquez, L. B. (2009). *Materiales Pétreos*.
- Briones Sánchez, G. (1997). *Aforo del Agua*.
- Cabrera, D. (2013). *Análisis del contrato ecuatoriano de concesión minera de conformidad con la ley orgánica de minería*. CUENCA.
- Chile, U. N. (s.f.). *Diseño de Minas a Cielo Abierto*.
- Gárate, J. (2016). *Diseño de explotación de los materiales de construcción del lecho del río Paute sector Caguazhún, mediante el método de diques transversales*. Cuenca.
- Loja, C. (1999). *Provincia del Azuay: Estudio Geográfico y Cartografía digital de los cantones: Gualaceo y Sigsig* .
- Loja, U. N. (2016). *Laboratorio de Materiales de Construcción*. Ecuador .
- Lojano, L., & Lucero, G. (2011). *Estado de la calidad físico - químico, bacteriológico y biológico del agua de la subcuenca del río Santa Bárbara, en una estación climática, cantones Sigsig, Chordeleg y Gualaceo, provincia Azuay - Ecuador*. Cuenca .
- Minería. (2008). *Ley de Minería. Ley de Minería del Ecuador* . Ecuador.
- Mojica, R., & Manrique, A. (2008). *Diques transversales: Método de explotación minero - ambiental*.
- Núñez, E. (2003). *Geología del Ecuador*. Guayaquil: Universidad Politécnica del Litoral .
- Panoramio. (2012). *Panoramio*. Recuperado el Abril de 2016, de Panoramio: www.panoramio.com
- Ramirez, B. S. (2011). *Metodología para estimar los volúmenes máximos de explotación de materiales de arrastre en un río* . *Ingeniería y Competitividad* , 2-9.
- Vergara Blanco, A. (2010). *Insituciones de Derecho Minero*.
- Wolf, T. (1879). *Viajes Científicos por la República del Ecuador*. En T. Wolf, *Viajes Científicos por la República del Ecuador* (pág. 56). Imprenta del Comercio. .

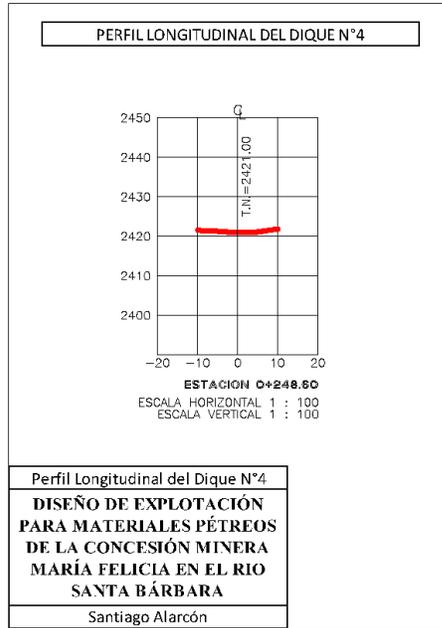
ANEXOS



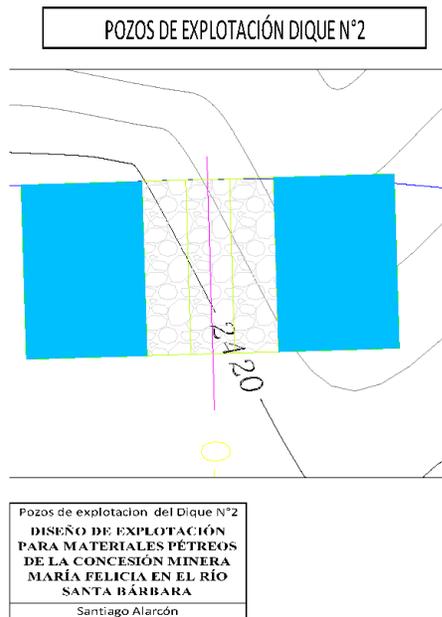
Anexo 1: Perfil Longitudinal del Dique N°2



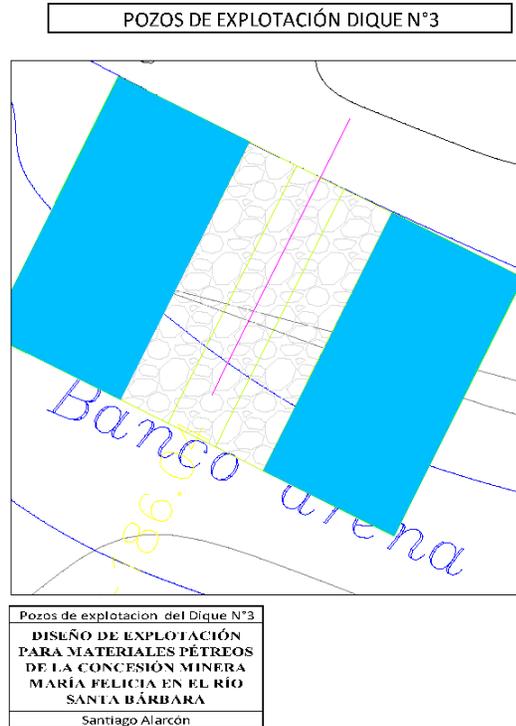
Anexo 2: Perfil Longitudinal del Dique N° 3



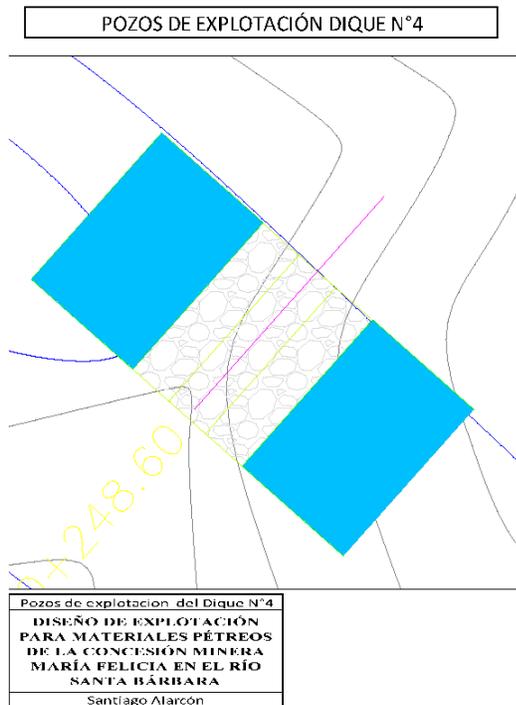
Anexo 3: Perfil Longitudinal del Dique N° 4



Anexo 4: Pozos de Explotación Dique N° 2



Anexo 5: Pozos de Explotación del Dique N°3



Anexo 6: Pozos de Explotación Dique N°4



Anexo 7: Finos del Ensayo Granulométrico



Anexo 8: Tamizado de la muestra



Anexo 9: Secado de la muestra en el Laboratorio



Anexo 10: Peso de la muestra para el ensayo granulométrico



Anexo 11: Vista frontal del Islote



Anexo 12: Cauce del Río Boladel



Anexo 13: Vista panorámica del patio de Operaciones



Anexo 14: Vista Panorámica del Río Boladel