



**UNIVERSIDAD DEL AZUAY**

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

**Diseño de explotación para materiales pétreos en el río**  
**Jubones de la concesión minera Sánchez**

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

**Autora:**

MARÍA FERNANDA LEÓN ORTIZ

**Director:**

JAIME ALFONSO AMPUERO FRANCO

**CUENCA, ECUADOR**

**2017**

## DEDICATORIA

A la Purísima de Macas que me ha dado fortaleza para continuar cuando a punto de caer he estado.

Al hombre que me dio la vida, que me ha enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada que para alcanzar los sueños hace falta extender las alas y volar. Por llevarme siempre en tus oraciones porque estoy segura que siempre lo haces.

A mi madre, por estar siempre conmigo en todo momento, por el amor que me das, por los regaños que me merecía y no entendía, por estar pendiente durante toda esta etapa.

A ustedes les dedico este triunfo, en reconocimiento a todo el sacrificio puesto para que este sueño se cumpla, por haber fomentado en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida y porque el orgullo que sienten por mí, fue lo que me hizo ir hasta el final. Va por ustedes, por lo que valen y por lo que han hecho de mí.

Los amo, papi y mami.

A mi único hermano que la vida me dio por ser uno de los seres más importantes para mí, a pesar de nuestras diferencias.

Se merecen esto y mucho más.

## **AGRADECIMIENTO**

Al plantel docente de la Escuela de Ingeniería en Minas de la Universidad del Azuay, especialmente al ingeniero Jaime Ampuero director de este trabajo de titulación por su paciencia y conocimientos entregados, a los ingenieros Gil y Fernando por su tiempo en este proceso.

Al ingeniero Javier Mendieta y su esposa, mis amigos quienes me brindaron su ayuda desinteresada y tiempo en la elaboración de este trabajo.

A mi abuelita Angelita y mi Tere quienes fueron unas de las personas que me apoyaron en el inicio de esta etapa de mi vida, cuando todo se tornaba difícil, inmensamente agradecida por su compañía y cuidados.

A mi angelito abuelito Juan que lo perdí en el camino de esta etapa de mi vida, porque desde el cielo me cuidas.

A mis tíos Wilson, Marcela y Ana que a pesar de estar tan lejos siempre estuvieron pendientes de este sueño que hoy se vuelve realidad. Gracias por haber creído en mi hasta el último momento ¡Ya soy Ingeniera!

A mis amigos los mismos de siempre Kevin y Fredy que un lugar lejos de nuestros hogares nos volvimos familia, por todos los momentos que caminamos juntos y no rendirnos, lo logramos.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS .....	viii
RESUMEN.....	x
ABSTRACT .....	xi
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I: EL PROBLEMA .....</b>	<b>3</b>
1.1 Formulación del problema.....	3
1.2 Objetivos .....	4
1.2.1 Objetivos generales.....	4
1.2.2 Objetivos específicos .....	4
1.3 Justificación del problema.....	4
1.4 Descripción de la concesión minera Sánchez.....	5
1.5 Datos de la zona Santa Isabel .....	6
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>9</b>
2.1 La Minería .....	9
2.1.1 Tipos de minería .....	10
2.1.2 Concesión minera .....	11
2.2 Antecedentes de investigación teóricas .....	12
2.3 Materiales pétreos.....	14

2.3.1 Propiedades de los materiales pétreos .....	16
2.4 Explotación de materiales pétreos .....	17
2.5 Explotación de materiales pétreos mediante noques .....	20
2.5.1 Parámetros para desarrollar los noques en general .....	23
2.6 Áridos, arenas y areniscos .....	24
2.7 Clasificación de áridos .....	25
2.7.1 Arcillas.....	30
2.8 Rocas y piedras.....	32
2.8.1 Rocas ígneas o eruptivas.....	33
2.8.2 Granito .....	34
2.8.3 Basalto .....	35
2.8.4 Rocas sedimentarias.....	35
2.8.5 Caliza .....	38
2.9 Clasificación de materiales pétreos usados en la construcción .....	39
2.10 Marco legal pertinente.....	44
2.11 Definición de términos .....	47
2.11.1 Conceptos básicos.....	47
<b>CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>48</b>
3.1 Descripción del proyecto.....	48
3.2 Levantamiento Taquimétrico.....	49
3.3 Levantamiento Geológico .....	50
3.4 Batimetría .....	51
3.5 Caudal del río Jubones.....	53
3.6 Precipitaciones.....	53
3.7 Temperatura (°C).....	54
3.8 Diagrama de precipitación y temperatura.....	55

3.9 Diseños de explotación.....	56
3.9.1 Estados de reservas .....	58
3.10 Construcción de los noques .....	59
3.10.1 Profundidad del espejo de agua .....	60
3.10.2 Ancho del noque .....	60
3.10.3 Longitud del noque .....	62
3.10.4 Vías de acceso.....	62
3.10.5 Volumen factible de explotación .....	63
3.10.6 Depositación .....	64
3.11 Dimensiones de los noques para el diseño de explotación.....	65
3.12 Análisis del diseño de explotación .....	67
3.13 Sistema de extracción.....	67
3.14 Descripción de las operaciones mineras en el proyecto .....	68
3.15 Carga y Transporte .....	68
3.15.1 Equipo y maquinaria utilizado.....	70
3.15.2 Descripción de la maquinaria para Cargas y Transporte .....	70
3.16 Rendimiento de la maquinaria usada para la carga y transporte .....	76
3.17 Capacidad de excavación .....	79
3.18 Análisis de consumo de combustible .....	80
3.19 Análisis de resultados .....	82
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>84</b>
Conclusiones .....	84
Recomendaciones .....	85
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>86</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>92</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Mapa provincial. Localización de la concesión minera Sánchez .....	7
Figura 2.1. Propiedades de los materiales pétreos. ....	16
Figura 2.2. Curva de duración de carga anual.....	20
Figura 2.3. Noques creados en ríos .....	21
Figura 2.4. Noque en el fondo del río .....	22
Figura 2.5. Recuperación de la línea de caudal.....	22
Figura 2.6. Zona donde se va hacer la excavación de los noques.....	23
Figura 2.7. Clasificación de los áridos.....	25
Figura 2.8. Aplicaciones de la arcilla.....	31
Figura 2.9. Clasificación de las rocas.....	33
Figura 2.10. Clasificación de las rocas.....	34
Figura 2.11. Tipología de roca sedimentaria.....	37
Figura 2.12. Tipos de materiales usados en la construcción.....	42
Figura 2.13. Clasificación de los áridos .....	43
Figura 3.1. Precipitación media mensual de la Estación Santa Isabel .....	55
Figura 3.2. Fenómeno de erosión remontante y progresiva por extracción de materiales de arrastre en los ríos.....	58
Figura 3.3. Mecanismo de la depositación.....	64
Figura 3.4. Dimensiones de los noques diseñados para la concesión minera Sánchez .....	66
Figura 3.5. Frentes de explotación .....	68
Figura 3.6. Volquete utilizadas para la carga y transporte interno.....	69
Figura 3. 7. Excavadora 320D.....	71
Figura 3. 8. Excavadora 329D.....	73
Figura 3.9. Mercedes Benz 2632.....	75

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 1. Coordenadas de la concesión minera Sánchez.....	6
Tabla 1.2. Concesiones mineras en el cantón Santa Isabel .....	7
Tabla 1.3. Localización de la cuenca del río Jubones .....	8
Tabla 2.1. Granulometría de la grava.....	26
Tabla 2.2. Granulometría de la arena .....	26
Tabla 2.3. Clasificación según el tamaño de sus partículas .....	28
Tabla 2.4. Granulometría de los áridos más comunes para la construcción .....	30
Tabla 2.5. Piedras de construcción y sus usos .....	31
Tabla 2.6. Principales clases de rocas sedimentarias .....	38
Tabla 2.7. Grupo de áridos empleados en diseño y construcción de carreteras.....	43
Tabla 3. 1. Medidas de profundidad a lo largo del río Jubones .....	52
Tabla 3. 2. Precipitación mensual de la Estación Santa Isabel .....	54
Tabla 3.3. Promedio de temperatura media mensual de la Estación Santa Isabel .....	55
Tabla 3.4. Profundidad promedio del espejo de agua .....	60
Tabla 3.5. Maquinaria utilizada en la concesión minera Sánchez .....	60
Tabla 3.6. Dimensiones de la maquinaria .....	61
Tabla 3.7. Ancho del río.....	61
Tabla 3.8. Dimensiones de la maquinaria .....	62
Tabla 3.9. Cubicación del volumen factible de explotación en la mina Sánchez .....	63
Tabla 3. 10. Maquinaria utilizada en la concesión minera Sánchez .....	70
Tabla 3. 11. Ficha Técnica Excavadora 320 D .....	72
Tabla 3. 12. Ficha Técnica Excavadora 329 D .....	74
Tabla 3.13. Motor Mercedes Benz 2632.....	76
Tabla 3.14. Tabla de la eficacia de la cuchara de la excavadora .....	78
Tabla 3.15. Tabla de coeficiente de transformación .....	78
Tabla 3. 16 Tabla del tiempo de duración del tiempo en segundos .....	78



Tabla 3.17. Consumo de combustible por cada maquinaria .....	80
Tabla 3.18. Costos de consumo de combustible mensual.....	81
Tabla 3.19. Sueldos de los empleados de la concesión minera Sánchez .....	81
Tabla 3.20. Gastos mensuales .....	81
Tabla 3. 21. Cálculos de producción por día.....	82
Tabla 3.22. Costo de producción del material explotado.....	82

## RESUMEN

El presente trabajo de titulación presenta un diseño que servirá para mejorar la actividad de explotación de materiales pétreos en la concesión minera Sánchez, localizada en el río Jubones, con la finalidad de aumentar la productividad.

Para la caracterización del sitio se realizaron los estudios y levantamiento necesarios para obtener un modelo del área. El diseño de los noques, se realizó en planos mediante un software CAD que permite mostrar los detalles descriptivos de cada noque. Así como también se describirá el proceso de carga y transporte con el fin de optimizarlos usando recursos físicos que tiene la concesión.

**Palabras claves:** Materiales Pétreos, Concesión Minera, Explotación, Depósitos Aluviales.



---

Jaime Alfonso Ampuero Franco  
**Director del Trabajo de Titulación**



---

Tulio Fernando Valencia Guaricela  
**Coordinador de Escuela**



---

María Fernanda León Ortiz  
**Autora**

**DESIGN FOR STONE MATERIALS EXPLOITATION IN THE *JUBONES* RIVER  
AT *MINERA SÁNCHEZ* MINING CONCESSION**

**ABSTRACT**

This graduation work presents a design that will be used to improve the activity of stony materials exploitation at the *Sánchez* mining concession, located in the *Jubones* River, with the purpose of increasing its productivity. In regard to site characterization, studies and surveys were carried out in order to obtain a model of the area. The design of trap dams was made in layouts by means of CAD software, enabling to show the descriptive details of each trap dam. Additionally, the loading and transport process will be described in order to be optimized by using the physical resources that the concession has.

**Keywords:** Stone Materials, Mining Concession, Exploitation, Alluvial Reservoirs.



Jaime Alfonso Ampuero Franco  
**Thesis Director**



Tulio Fernando Valencia Guaricela  
**School Coordinador**



María Fernanda León Ortiz  
**Author**

María Fernanda León Ortiz  
Trabajo de Titulación  
Jaime Alfonso Ampuero Franco.  
Marzo, 2017.

## **DISEÑO DE EXPLOTACIÓN DE MATERIALES PÉTREOS EN EL RÍO JUBONES EN LA CONCESIÓN MINERA SÁNCHEZ**

### **INTRODUCCIÓN**

La explotación de materiales pétreos que se encuentran en los ríos tiene gran importancia para su utilización como materia prima para la elaboración de los diferentes materiales en la industria de la construcción ya sean procesados o para ser utilizados en su forma natural, en todas sus variantes. El presente trabajo realiza el diseño de explotación para materiales pétreos en la concesión minera Sánchez, ubicada en el río Jubones, cantón Santa Isabel, mediante la construcción de noques para extraer todo el material de arrastre depositado.

Es común en el mundo el aprovechamiento de las gravas, arenas, cantos rodados y el ripio que se obtiene de los ríos, sin embargo, hay que tener presente que el exceso en la explotación de estos recursos naturales trae consigo la degradación de los lechos del río, cambios en el tamaño de las partículas, cambios en el caudal, además se vuelven inestables los lechos subterráneos, causando erosión en las riberas y afectaciones a la flora y fauna del lugar.

En la actualidad y a nivel general, la industria de la construcción se rige por las normas de calidad vigentes, para entregar productos acordes a los requerimientos de los inversionistas, por ello, los materiales pétreos deben cumplir con especificaciones óptimas de calidad para su uso final y, cumplir con una cadena de valores acorde a los costos, diseño y explotación de los mismo. En la construcción la materia prima principal son los materiales pétreos, de ellos se derivan las demás materias primas para elaborar los diferentes materiales a utilizar, de su calidad dependerá, la respuesta y la

vida útil en donde se utilizaron los mismos, su estabilidad y durabilidad en el tiempo, es por eso la necesidad de una adecuada selección de los materiales.

Por tal motivo en el presente trabajo tiene como finalidad realizar el diseño y modo de explotación más óptimo de los materiales pétreos existentes en los depósitos aluviales de la concesión minera Sánchez en el río Jubones, a fin de mejorar la producción de la mina, disminuir los impactos ambientales generados por la explotación, optimizando los recursos tanto naturales como físicos de la concesión minera.

## **CAPÍTULO I**

### **EL PROBLEMA**

#### **1.1 Formulación del problema**

El avance de las actividades constructivas asociadas con los proyectos y obras de desarrollo son para mejorar la calidad de vida de la sociedad en general, “aumenta la necesidad de materiales de construcción, por lo que la explotación de los materiales pétreos también incrementa” (Ramírez Rojas, María Isabel, 2011).

Sin embargo, esta actividad si no es debidamente realizada y controlada puede afectar la producción de la mina, la calidad de los materiales extraídos, etc. Sin la elaboración de un diseño técnico minero a seguir, la operatividad de la mina puede acarrear errores que perjudiquen la actividad de explotación, y por consecuente la producción.

En las explotaciones de materiales pétreos se debe cumplir con permisos y estudios previos a la realización de esta actividad, para garantizar que la actividad sea productiva.

El artículo 142 de la ley de minería dispone que, de conformidad con el artículo 264 de la Constitución de la República del Ecuador, los gobiernos municipales asumirán 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.

El ejercicio de dichas competencias deberá ceñirse a los principios, derechos y obligaciones contempladas en las ordenanzas municipales que se emitan al respecto, las mismas que no podrán establecer condiciones y obligaciones distintas a las establecidas en dicha ley y sus reglamentos. Según las competencias de cada ente se encuentra:

- El Ministerio de Recursos Naturales No Renovables: le corresponde según el artículo 7 de la Ley de Minería otorgar los derechos mineros en forma previa a la explotación.
- Gobiernos municipales: Otorgarán la autorización para el inicio de la explotación.

El diseño minero está orientado a verificar cómo influyen los diseños en la productividad que tienen las operaciones unitarias de la mina, por ejemplo, entre ellos está que los diseños que aseguren el buen funcionamiento del sistema de transporte y todas las maquinarias a utilizar, para dar un mayor rendimiento en la producción (Esquivel, 2010).

Lamentablemente, existen reportes de actividades de explotación que se llevan a cabo sin los permisos y estudios adecuados, poniendo en riesgo a la sociedad, entre ellos se han observado quejas en el sector Chalacal, en la vía la primavera de Machala, de las riberas del río Jubones, por parte de productores agrícolas, donde se reporta la presencia de maquinaria pesada que estaría realizando éstas labores de explotación de material pétreo en una zona donde se encuentra un muro de escolleras que fue construido para evitar el desbordamiento del río Jubones en época invernal, y no se han presentados los permisos adecuados (Ecuador, 2014).

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivos generales**

Elaborar un diseño de explotación de materiales pétreos en la concesión minera Sánchez del río Jubones.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Caracterización del Sitio.
- Diseño de Noques.
- Desarrollar un diseño de explotación con la maquinaria existente.

## **1.3 Justificación del problema**

Los materiales pétreos de los depósitos aluviales existentes en la concesión minera Sánchez son aquellos provenientes del proceso de arrastre en el cauce del río por el

flujo de agua del mismo es la materia prima necesaria para elaborar una obra civil o arquitectónica.

Actualmente nuestro país es una sociedad dinámica y cambiante que utiliza los recursos naturales de diversas maneras para satisfacer el desarrollo de las actividades cotidianas. Sin embargo, la mala práctica en la extracción de los materiales pétreos, puede crear efectos negativos sobre el medio ambiente cuyas consecuencias pueden hacerse sentir a nivel local, regional o global dependiendo de la intensidad y extensión del impacto.

Es por tal motivo en el siguiente trabajo se elabora el diseño de explotación de los materiales pétreos existentes en los depósitos aluviales del río Jubones a la altura de la concesión minera Sánchez código 101849, para incrementar la producción de la mina obteniendo resultados óptimos.

El diseño de explotación mediante noques en la concesión minera Sánchez, evitaría el daño al cauce del río, evitaría la degradación de los márgenes y el cambio de pendientes.

Los noques aumentarían considerablemente la producción de materiales pétreos en la concesión minera Sánchez.

Un diseño correcto de noques aumentaría considerablemente el resultado de extracción “aumentaría del 68% al 85% de obtención de arena en los ríos, además de la velocidad de extracción, mundialmente el uso de noques produce unas 25.9 mil millones de toneladas de arena y grava al año” (GFDD, 2014).

#### **1.4 Descripción de la concesión minera Sánchez**

El área de esta concesión está formada por 43,00 hectáreas mineras contiguas, y está ubicada en la parroquia y cantón Santa Isabel, provincia del Azuay. Las coordenadas U.T.M del punto de partida y los demás, vértices referenciados al geoide WGS 84 se detalla a continuación:



Tabla 1 1. Coordenadas de la concesión minera Sánchez

PUNTOS	COORDENADAS PSAD 56		COORDENADAS WGS 84	
	X	Y	X	Y
PP	682500	9630900	682250.6	9630535.9
1	683200	9630900	682950.6	9630535.9
2	683200	9631200	682950.6	9630835.9
3	683700	9631200	683450.6	9630835.9
4	683700	9631000	683450.6	9630635.9
5	683500	9631000	683250.6	9630635.9
6	683500	9630600	683250.6	9630235.9
7	682500	9630600	682250.6	9630235.9

El área minera se encuentra ubicada en la secuencia sedimentaria de la cuenca de Cuenca de origen fluvial, cuya litológica predominante la conforman areniscas, lutitas verdes, rojas con limonitas, con escasas tobas pertenecientes al Grupo Abancay; descasa discordante sobre el Grupo Saraguro. Desde la parroquia Santa Isabel, la concesión minera Sánchez se encuentra a 15.3 km de distancia, a unos 20 minutos aproximadamente. Otra vía de acceso es por la autopista E59. Presenta una altura promedio de 914 m.s.n.m. La superficie de la concesión minera se localiza en una llanura. Superficialmente se encuentra cubierta por conglomerados transportados por el río Jubones, cuya acumulación forma depósitos sobre el cauce del río y sobre las terrazas (MINASEG, 2015).

### 1.5 Datos de la zona Santa Isabel

El cantón Santa Isabel se localiza en la cuenca alta y media del río Jubones, al sur de la provincia del Azuay. Presenta un clima variado con temperaturas que oscilan entre los 8 y 24 °C, la temperatura promedio es de 18 °C. Se encuentra a una altitud que va desde los 100 hasta los 4000 m.s.n.m. (Alcaldía Santa Isabel, 2015).

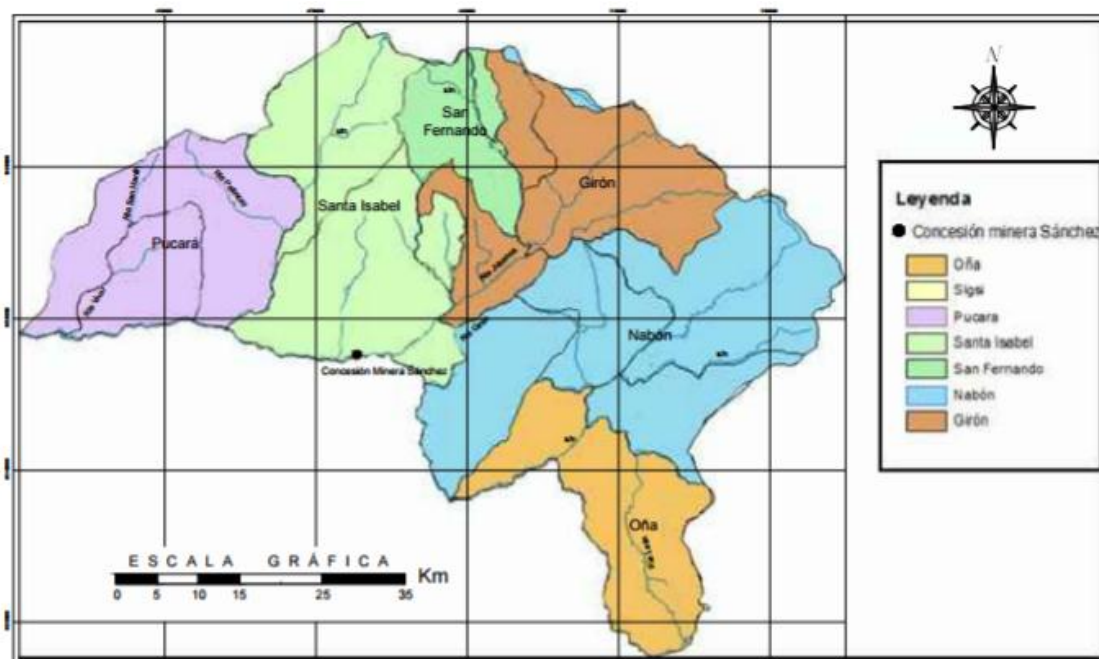


Figura 1.1. Mapa provincial. Localización de la concesión minera Sánchez

En el cantón Santa Isabel existen 25 concesiones mineras de las cuales 20 son de extracción de materiales pétreos de lecho de río que ocupan una superficie de 556 Ha, cuyos productos de extracción y comercialización son: arena y grava. Varias concesiones mineras y entre ellas, la concesión minera Sánchez, trituran la grava y cantos rodados para obtener como subproductos, ripio, chispa y polvo.

Tabla 1.2. Concesiones mineras en el cantón Santa Isabel

Recurso	Tipo de Material	Tipo de infraestructura	Número de Concesiones	Superficie Concesionada	Observaciones
Áridos	Arena y Grava	Lecho de los ríos	20	556 Ha	Canteras de materiales de construcción, legalmente otorgadas.

### Río Jubones

Cuenca del Río Jubones. Comprende parte de la provincia del Azuay y al norte una porción de la Provincia de El Oro, así como pequeñas áreas de las provincias de Loja, Zamora Chinchipe y Morona Santiago. Ocupa un área parcial entre las regiones: Azuay 2400.20, Loja 1048.69, Zamora Chinchipe 7.37, El Oro 869.99, Morona Santiago 0.37, para un total de 4326.63 km<sup>2</sup>.

Tabla 1.3. Localización de la cuenca del río Jubones

<b>CUENCA</b>	<b>LATITUD UTM</b>	<b>LONGITUD UTM</b>	<b>LATITUD</b>	<b>LONGITUD</b>	<b>ÁREA km<sup>2</sup></b>
Río Jubones	96650505 N	731300 W	3°01'48"	80°00'00"	4326.63
	95888005 S	611000E	3°43'1"	78°55'12"	

Fuente: (Chamorro, Heredia, & Pazmiño, 2005)

Cuenca del río Jubones: El río Jubones está formado por las aguas de los ríos León, Girón, Rircay y San Francisco, que nacen en las estribaciones del nudo de Portete - Tinajillas. Recorre las provincias de Azuay y El Oro, y desemboca en el océano Pacífico. Su cuenca alta tiene características similares a la cuenca alta del río Paute.

El río Jubones posee un caudal medio de 69.53 m<sup>3</sup>/s, área de la cuenca 2646,50 km<sup>2</sup>, caudal estiaje de 26,00 m<sup>3</sup>/s.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 La Minería

La minería ha sido desde tiempos remotos una de las actividades básicas para el desarrollo económico y técnico de la humanidad.

La minería ecuatoriana no se ha desarrollado adecuadamente, y ha sido una de las áreas productivas del país que contamina al entorno, motivo por el cual, el Ministerio de Recursos no Renovables, Ministerio del Ambiente y el Estado ha emitido leyes que permita garantizar una minería que minimice el impacto ambiental y potencie los beneficios a su población, de acuerdo al Plan Nacional del Buen Vivir (MAE C. A., 2013).

Para lograr que la minería sea realizada sosteniblemente es necesaria una concientización integral a través de la educación y de un pacto de compromiso respetuoso y prolongado en el tiempo por parte de las autoridades ambientales, lo que redundará en un mejoramiento en la calidad de vida de los vecinos a las explotaciones mineras (Rojas, 2008).

La minería de materiales de construcción tiene varios aspectos problemáticos inherentes, relacionados con:

- Dependencia económica del sector construcción
- Bajos precios del material, por la tanto se requiere la extracción de grandes volúmenes
- Deficiente relación con la comunidad vecina
- Generación de conflictos ambientales

Estos aspectos impiden que la minería sea vista como una actividad económica como cualquier otra (Rojas, 2008).

Se requiere de un mayor apoyo por parte del estado para que esta actividad sea realizada de forma adecuada y poco a poco se pueda ir cambiando la percepción negativa que siempre la acompaña.

Es claro que la actividad minera es una fuente de trabajo que permite satisfacer necesidades básicas a una buena parte de la población, razón que explica la proliferación de estas industrias artesanales que utilizan tecnologías anticuadas, pero de muy bajo costo, de manera manual o con una baja mecanización (Chaparro, 2004).

### **2.1.1 Tipos de minería**

Existen minas o actividades mineras a cielo abierto y subterráneas, la más usual es la explotación a cielo abierto, esto sucede por la razón de que se considera un método de explotación más económico, práctico y sencillo de controlar. Así como también por su práctico desarrollo genera mayores producciones anuales (Jimeno, 2014).

Dentro de la explotación a cielo abierto se encuentra la cantera de triturados que consiste en arrancar el material en terrazas, lo cargan en volquetas con cargadores y lo procesan en planta de trituración donde lo clasifican según el tamaño y lavan la arena resultante del proceso en tornillos, norias y tanques de sedimentación (Ramírez Rojas, María Isabel, 2011). Este método es muy utilizado para explotar la piedra de la construcción (Barragan, 2007).

Además, se encuentran los métodos de explotación de noques, también llamados diques transversales, este método ayuda a mantener el cauce del río, evitando daños en la ribera y algún desbordamiento destructivo y peligroso para la región (Lozano & Orrozco, 2013).

El método de explotación por el diseño de dique consiste en la colocación de una línea de rocas de sobre tamaño, un muro de concreto o cajones de madera, perpendiculares a la corriente del río y distanciadas a cada 50 metros con la finalidad de retener material conducido por la corriente (Mojica Villamizar & Manrique).

También la actividad minera suele clasificarse en pequeña, mediana y gran minería en dependencia del recurso mineral a explotar, y la extensión de su extracción. La gran diferencia entre los tipos de explotación entre la gran Minería, la mediana y la pequeña radica en sus costos de producción (Koch, 2009).

### 2.1.2 Concesión minera

Los recursos naturales, renovables y no renovables, son patrimonios del estado. El cual se concede a empresas o ciudadanos con el fin de que estos aprovechen los yacimientos y los minerales sean explotados para beneficio de la sociedad y el desarrollo del país (Blanco, 1992).

Para conseguir una concesión minera se siguen una serie de parámetros a manera de evaluar que estos terrenos serán aprovechados en base a proyectos sostenibles.

Los entes gubernamentales como municipales y ecológicos, apoyados en la ley de minas y el artículo 264 de la Constitución del Ecuador afianzan y mejoran los controles de estas actividades para apoyar la exploración y explotación de los recursos minerales (Presidencia de la República, 2012).

Comúnmente, la extracción de áridos en lechos de ríos que forman parte de cuencas hidrográficas ubicadas cerca de ciudades capitales, áreas extensivas e intensivas de cultivo, áreas forestales u otros de interés público, es beneficioso porque permite mantener estable el régimen de flujo de agua superficial, previniendo inundaciones, erosión de suelos en los bordes del río y los taludes adyacentes (MMAA, 2010).

Según el Reglamento especial para explotación de materiales áridos y pétreos, se establece:

Art. 4.- 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. (Asamblea Nacional, 2012)

Sin embargo, no se puede dejar de mencionar que existen otras fuentes de explotación alternas. En este sentido, Ingeominas y Universidad de los Andes (2004) citado por Hermelín (2007) expresa que:

Los depósitos de flujos piroclásticos y lahares, los cuales, por sus características de resistencia media a baja y su facilidad para dejarse disgregar (principalmente grava media a gruesa, limo y arena) favorecen las labores de trituración, mezcla y ajuste a las especificaciones granulométricas exigidas. Adicionalmente, los depósitos aluviales elevados o terrazas, ofrecen condiciones granulométricas aceptables como fuente de materiales pétreos para construcción. (pág. 59)

Aun así, independientemente de donde se desarrolle la actividad de extracción de áridos, debe considerarse que la explotación indiscriminada de los mismos, podrían provocar modificaciones serias en las zonas expuestas, por lo que dicha actividad debe ser regulada por organismos, gobiernos y bajo la responsabilidad social empresarial de cada organización en particular, en vistas a respetar y proteger a las comunidades y al medio ambiente.

## **2.2 Antecedentes de investigación teóricas**

En esta sección se hace referencia a aquellos trabajos de investigación que de alguna u otra manera guardan relación y preceden al que se está realizando. A continuación, se presentan algunos trabajos, tesis de grado, artículos e informes científicos relacionados con la investigación.

- Ramírez Rojas (2011), realizó una tesis de maestría denominada “Sostenibilidad de la explotación de materiales de construcción en el valle de Aburrá” cuyo propósito fue evaluar la sostenibilidad en el tiempo, de la extracción de los materiales de construcción (gravas, arenas, arcillas y triturados) tanto desde el punto de vista económico como ambiental para el Valle de Aburrá, por medio del análisis de la disponibilidad y la demanda de estos recursos minerales. Se realizó una caracterización de la minería de los materiales de construcción que se efectúa en el valle de Aburrá, se describe la explotación de arcilla, de canteras de arena, de roca, explotaciones aluviales, sus ubicaciones predominantes y se realizó una descripción de las unidades geológicas explotables, en cada uno de los municipios analizados. Para evaluar la sostenibilidad de la explotación se evaluaron 3 métodos de explotación; Canteras de Arenas, la explotación se realiza en su mayoría con agua para el arranque y el transporte del material con ayuda de herramientas

manuales y mecánicas. El material arrastrado por el agua a lo largo de canales hechos sobre el suelo directamente, se acumula en depresiones de represamiento con compuertas, donde se cargan manualmente las volquetas. Una característica típica de estas explotaciones es que el agua utilizada para el arranque sirve a la vez para el transporte y lavado de las arenas. Canteras de Triturados, la explotación consiste en arrancar el material en terrazas, lo cargan en volquetas con cargadores y lo procesan en planta de trituración donde lo clasifican según el tamaño y lavan la arena resultante del proceso en tornillos, norias y tanques de sedimentación. Por último, las explotaciones Aluviales son explotaciones de profundidad limitada (profundidad de la terraza, hasta 50mts) de depósitos sedimentarios horizontales en forma de capas, con pocos bancos, con una fácil y clara separación entre el útil y el estéril. Son explotaciones que manejan gran volumen de material, con una estabilidad de taludes baja debido a la mala calidad geomecánica de los materiales, por encontrarse poco consolidados, también es frecuente la afectación de acuíferos y niveles freáticos.

- Lozano y Orozco (2013), realizaron una Tesis Especial de Grado denominada “Diseño de una alternativa para la elección de un método de explotación de materiales de arrastre en el río Maracas del municipio Becerril, departamento del Cesar, para la concesión 0260-20”, cuyo propósito fue describir varios métodos de explotación para el arranque, cargue y transporte de la mina y evaluar las condiciones de estabilidad para cada uno de los métodos. A. Método de Explotación por Gravera: Recuperar hasta el 100% de las reservas. Se extrae aproximadamente el 90% de las reservas explotables. Las reservas del lecho no se tocan porque ya pasa a ser otro sistema el que se implementa. Ventajas Económicas: Este sistema tiene ventajas económicas, la extracción se realiza de forma directa sobre los playones y no necesita obras adicionales que le impliquen inversión alguna. Se podría utilizar medios mecánicos y los medios manuales, la capacidad económica de los explotadores definirá el tipo de equipo de arranque a utilizar. Se emplearán volquetas convencionales de 15 m<sup>3</sup> de capacidad. Este método puede presentar susceptibilidad, para la socavación y erosión. Se lleva a cabo en zonas de áreas pequeñas y se encuentren unas seguidas de otra. B. Método de Explotación por Dársenas: Se recuperan hasta el 80% del material explotable. Se obtiene mayor cantidad de recuperación de las reservas en un 100%. El material



se extrae seco, presentando una buena visibilidad en el frente. Cuando se clasifica el material seco hay mayor rendimiento en las operaciones. Baja profundidad de excavación y por ende mayor rendimiento de la excavación. La separación entre piscinas favorece el cargue de las volquetas en el frente de explotación. Ventajas Económicas: Permite reacomodamiento del material con una buena disposición, evitando que se formen los lentes o barras centrales que ayudan a formar la divagación del cauce, originando problemas de socavación, erosión y hasta inundación. Se ajusta mejor al arranque mecánico y a las dimensiones del área. La geometría del método es ajustable a las condiciones de creciente y recuperación del río. Con este sistema se busca la reducción de la dinámica fluvial, velocidad de flujo, ofreciendo resistencia hidráulica a las arremetidas de las crecientes del río. Las ventajas serán más de tipo técnico; porque si se produce una gran avenida el dique se puede destruir; mientras que con las piscinas necesariamente habrá depositación. Se lleva a cabo para grandes extensiones apropiadas de explotación. Su aplicación requiere la utilización de maquinaria pesada. C. Método de Explotación por diques transversales se recuperan hasta el 100% de las reservas que se retienen después de que se produzcan las avenidas. No se altera el lecho del río, ni sus riberas. Ventajas Económicas Este sistema no tiene muchas ventajas económicas por que la utilización de las máquinas para la extracción será igual en número de horas al tiempo que se puede utilizar con otro método. Básicamente se necesitará de una retroexcavadora, con la cual se realizarán todas las labores mineras (Extracción y, cargue). Requiere mayor de número de horas máquina para construir el jarillón o dique de retención. Susceptible a las grandes avenidas que destruirán el dique por la fuerza grande que genera el río. (Ramírez F. M., 2013)

### **2.3 Materiales pétreos**

Los materiales pétreos utilizados en construcción son las rocas, que son agregados de partículas minerales de dimensiones apreciables y de forma indeterminada, mientras que los materiales derivados de las rocas, y que se emplean habitualmente en la construcción, reciben el nombre genérico de piedra.

Las rocas naturales han sido, y siguen siendo, muy apreciadas en la construcción. Tienen, en general, la ventaja de ser muy resistentes a las condiciones medioambientales y a los golpes.

En relación con las condiciones medioambientales, es de especial interés la resistencia a la rotura por efecto de la dilatación del agua que penetra en la roca al helarse; en la actualidad también es importante considerar la resistencia a los factores contaminantes como la lluvia ácida, humos, etc. Sin embargo, ofrecen una serie de inconvenientes que hace que hayan sido relegadas por otros materiales de procedencia artificial. Entre estos cabe destacar el alto coste; su poca plasticidad y alta fragilidad, su poca resistencia a la tracción, aunque poseen elevada resistencia a la compresión, y su elevado peso específico.

En la actualidad, las rocas se emplean en la construcción como elemento resistente, decorativo en el recubrimiento de paredes y suelos, y como materia prima para la fabricación de otros materiales como cementos, piezas de cerámicas, etc., siendo este último su principal aplicación.

Los materiales pétreos son materiales provenientes de rocas que pueden estar en su estado natural o procesado. Son generalmente encontrados los yacimientos de rocas ígneas o metamórficas con condiciones especiales de calidad (Herrera, 2014).

Dichos materiales se clasifican en: naturales, artificiales e industriales. En cualquiera de estos tipos estos materiales son usados principalmente en construcción, como en la fabricación de mezclas de concreto, asfalto, mortero, como bases y sub-bases en la construcción de vías, drenajes o para vías de ferrocarril (Blazques).

Las etapas que se llevan a cabo para la extracción de estos materiales, se inician con la exploración del sitio donde se localiza el depósito que puede abastecer al mercado a un precio competitivo. Posteriormente se realiza la extracción de los agregados, utilizando maquinaria pesada, los cuales son llevados a la planta de beneficio para su lavado, trituración y clasificación, quedando así listos para el envío a los centros de consumo (Wagner, 2011).

Paralelo al desarrollo de la actividad minera, se llevan a cabo los procesos de rehabilitación y recuperación morfológica y ambiental del suelo, para finalmente darle a estos otros usos como la agricultura, la ganadería, la recreación, urbanización o cualquier otro uso industrial (Asogras, 2013).

### 2.3.1 Propiedades de los materiales pétreos

A los materiales pétreos se le atribuyen diferentes propiedades, las cuales se exponen en la siguiente figura:



Figura 2.1. Propiedades de los materiales pétreos.

Fuente: (Crespo, 2010)

La densidad alcanza valores entre 2 a 3 g/cm<sup>3</sup>, influyendo en la misma los materiales que componen cada material, además del porcentaje del volumen de huecos (Crespo, 2010).

La durabilidad de un material se refiere a su tiempo de uso sin sufrir algún tipo de deterioro. Para el caso de los materiales pétreos, su durabilidad es elevada, pudiendo ser su composición inalterable durante largos períodos de tiempo, que pueden ser hasta cientos de años. La alteración de la composición de los materiales pétreos es prácticamente inexistente y sólo le ocurre según la acción de la lluvia, vientos, temperaturas bajas y otros factores a sus capas más externas (Crespo, 2010).

La dureza de un material se refiere a su resistencia al rozamiento, rayadura y penetración. Para el caso de los materiales pétreos, su dureza está vinculada

fuertemente a la dureza de los minerales que estos posean y de los enlaces de la masa de dichos materiales. La dureza de los materiales se calcula a partir de la escala de Mohs, siendo ordenados de menos a más duros. También los materiales pétreos presentan resistencias mecánicas y a la intemperie. Mecánicamente, estos materiales ofrecen buena resistencia a la compresión, debido a su alta densidad. Sin embargo, su resistencia a los procesos de tracción y flexión es baja. Los materiales pétreos no son buenos conductores térmicos, aunque cuando se humedecen, su conductibilidad suele aumentar de forma ligera. La dilatación o contracción térmica afecta solamente a sus capas exteriores, siendo casi imperceptible la variación de su masa interna producto a los efectos térmicos. Análogamente, los materiales pétreos no conducen de manera efectiva la electricidad, siendo su coeficiente de conductividad eléctrica pequeño. Sin embargo, en condiciones húmedas, su conductividad eléctrica se eleva ampliamente. Haciendo referencia a la impermeabilidad de los materiales pétreos, su resistencia al agua varía según el tipo de material, debido al nivel de porosidad que presenta cada material. También depende el flujo de agua por los poros del material, ya que a medida que este aumenta, el tamaño de los poros también aumenta, siendo desgastados debido a la erosión (Crespo, 2010).

Generalmente, los materiales pétreos presentan muy bajos coeficientes de elasticidad, aunque algunos se deforman elásticamente dependiendo de su composición (granos o rocas). En el caso de las piedras, la elasticidad de las mismas es muy baja, de ahí que se quiebran con relativa facilidad.

Finalmente, si se analiza la combustibilidad de los materiales pétreos, se puede decir que su resistencia al fuego, aunque es variable, también se puede enmarcar en rangos medios y bajos, disminuyendo considerablemente si el material ha sido expuesto a la humedad. De ahí que cuando ocurren incendios, estos materiales tienen una alta resistencia a la acción del fuego (Crespo, 2010).

#### **2.4 Explotación de materiales pétreos**

La explotación de materiales áridos y pétreos, así como las plantas de trituración y/o asfálticas transita por un proceso de regularización que se sustenta en la Constitución de la República del Ecuador.

Este documento plantea, en su artículo 264 numerales 10, 11 y 12, que los gobiernos municipales serán los encargados de: “Delimitar, regular, autorizar y controlar la explotación de materiales áridos y pétreos que se encuentren en los lechos de los ríos, lagos, playas de mar y canteras”.

La ordenanza municipal, fechada en enero 27 del año 2015, regula, autoriza y controla la explotación y transporte de materiales áridos y pétreos a nivel cantonal, con vista a ordenar la explotación por parte de empresas mineras artesanales.

Esto aplica para la explotación de materiales de construcción y permisos en ese sentido, en correspondencia con la ordenanza y el reglamento municipal vigentes, donde se incluyen los materiales áridos y pétreos.

Si nos remontamos al origen y concepto de la palabra “piedra” entendemos esta como una sustancia mineral, sólida, insoluble en el agua, incombustible y no maleable, siendo su composición sumamente varia.

La densidad, la dureza, estructura y color, entre otras características físicas o químicas son las que le distinguen, siendo innumerables la cantidad de especies de piedras, que van desde el negro intenso hasta el blanco más puro.

Se considera a los materiales áridos y pétreos como un recurso natural del Estado, que debe ser explotado por personas naturales y jurídicas, ya sea a nivel privado o público.

En el Ecuador se percibe cierta tendencia a emplear normas inadecuadas para la explotación de materiales pétreos, de ahí que sea imprescindible el uso de normativas técnicas y legales, con el objetivo de proteger el medioambiente y el recurso natural.

Afortunadamente tanto la Constitución de la República vigente, como el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización otorga a los gobiernos autónomos descentralizados municipales la competencia la responsabilidad exclusiva de regular y controlar todos los aspectos concernientes a la explotación de los materiales árido y pétreos de propiedad del Estado ecuatoriano.

La explotación de materiales pétreos, en lo que respecta a canteras, término empleado para explotación de materiales de construcción, rocas ornamentales o de tipo industrial. Es un método antiguo que abarca diversas formas.

Las canteras no son más que:

[...] minas a cielo abierto, generalmente de pequeño tamaño, que explotan materiales que no requieren una concentración posterior, sino, como mucho, una trituración o clasificación por tamaños. Los materiales obtenidos en canteras son los áridos, las rocas industriales y las rocas ornamentales. (Métodos de Explotación a Cielo Abierto, s.d.)

Las graveras, por su parte, son materiales detríticos, que van desde las arenas y las gravas y se albergan en depósitos de valle y terrazas de los ríos. Nos referimos a que son objeto de una explotación intensa debido a la demanda de dichos materiales por el sector de la construcción.

Las labores de arranque se efectúan directamente por equipos mecánicos. Las explotaciones en un solo banco, con una profundidad inferior a 20m, se utilizan equipos convencionales, como son las palas cargadoras de ruedas y los volquetes, además de otros equipos mineros como son las dragas, las dragalinas o las raspas. (Métodos de Explotación a Cielo Abierto, s.d.)

También se tiene la explotación de pétreos de arrastre (piedras, grava, limo arena, etc.) que es transportado por ríos, comúnmente este tipo de material se utiliza para distintas edificaciones debido a sus excelentes propiedades fisicomecánicas, la minería para la extracción de materiales de arrastres presenta ventajas como: bajo costo de extracción, facilidad de transporte y procesamiento mínimo. Sin embargo, la explotación intensiva de este tipo de minería genera graves efectos en el cauce del río por el desbalance causado por el transporte de sedimentos de los sitios de extracción; los cambios en la morfología del cauce del río pueden generar erosión regresiva, caída del nivel freático, flora y fauna afectada. Como también, se pone en riesgo estructuras localizadas en lugares cercanos como muros de protección, puentes, carreteras, etc.

En determinados sitios la extracción de material se tolera hasta que el nivel del lecho llegue a un nivel predefinido y no por debajo de él; no obstante, es difícil controlar este tipo de estrategia debido a las excavaciones generadas en el cauce del río. Así mismo, en algunas regiones se da un tiempo útil de extracción (vida útil de extracción material pétreo del río) o un volumen de carga máxima anual la cual puede ser determinada con la curva de duración de carga anual (Figura 2.2). Se puede calcular

el porcentaje de extracción dependiendo el tipo de caudal como, por ejemplo: 25% del tiempo está determinada cuando se tiene caudales altos, 50 a 75% cuando se tiene caudales medios y por último cuando hay épocas de sequía en donde se tiene hasta un 100%. Finalmente, para determinar el volumen de explotación máxima anual permitido para las condiciones ambientales mencionadas anteriormente y con el objetivo de disminuir la erosión progresiva que se tiene cuando se explota en un sitio agua abajo. El volumen máximo que se puede extraer de material pétreo en ríos corresponde a la fracción de un 20 a un 30% según condiciones hidrológicas para cualquier año en particular.

Comúnmente la forma más utilizada de explotación de materiales pétreos de arrastre es mediante la generación de noques generados en el encauce de los ríos o con canteras fluviales.

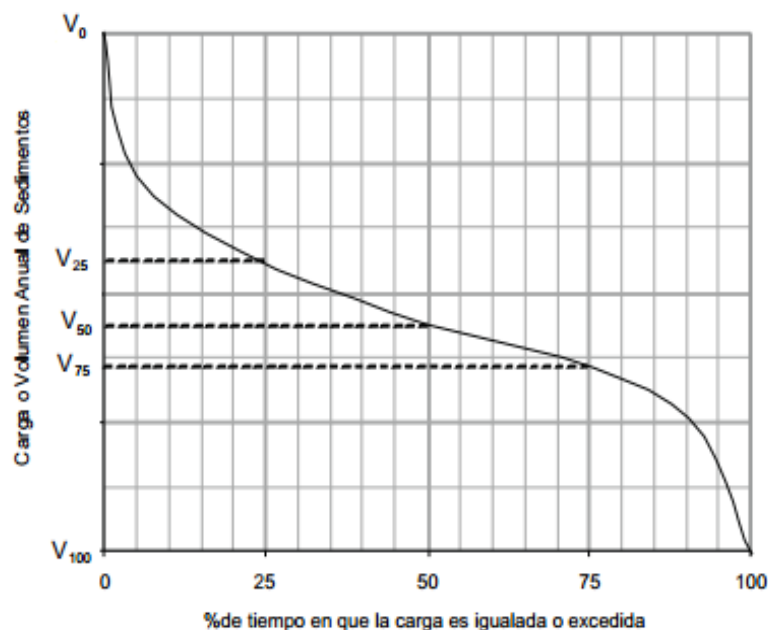


Figura 2.2. Curva de duración de carga anual  
Fuente: (Carlos A. Ramírez, 2009)

## 2.5 Explotación de materiales pétreos mediante noques

La explotación mediante noques se realiza generalmente en ríos caudalosos que transportan durante extensos recorridos una gran cantidad de rocas, las mismas que a su vez durante su trayecto adquieren gran cantidad de energía cinética e impulso y forman distintos materiales pétreos, para ser depositadas en zonas donde se ha formado grandes depósitos, creados por el hombre (noques) ver Figura 2.3.



Figura 2.3. Noques creados en ríos  
Fuente: (Prefectura Guayas, 2015)

Este método de explotación se emplea porque presenta grandes beneficios como: alta producción de material pétreo con respecto a los otros métodos, atenuación de daños ambientales en los ríos donde se explota el material, bajo costo de inversión inicial (Mojica Villamizar & Manrique).

La explotación de material con este método se lo realiza de la siguiente forma: Se escaba los noques en el fondo del río como se ve en la Imagen 3, cada noque debe ir separado una distancia de 5 a 50 metros, para la extracción del material se debe contar con maquinaria hidráulica como: retroexcavadoras para sacar el material del noque, volquetas para transportar y herramientas manuales para la extracción de material como palas, picos, etc. (Mojica Villamizar & Manrique)

El número de noques y diseño del mismo, depende de la cantidad de caudal que tenga el río y que se clasifican en tres tipos que son:

- Caudal mínimo: Se presenta en épocas de sequía donde el transporte de material es bajo o casi nulo ( $26 \text{ m}^3/\text{s}$ ).
- Caudal normal: Este tipo de caudal se tiene cuando hay condiciones ambientales normales donde el caudal es conocido como lecho natural ( $69.53 \text{ m}^3/\text{s}$ ).
- Caudales Extraordinarios: se producen cuando existen periodos fuertes y prolongados de lluvia, donde el río crece de forma exorbitante que puede llegar a inundar sembrío y pueblos cercanos ( $95.53 \text{ m}^3/\text{s}$ ).



Dependiendo del tipo de caudal que se tiene, los noques pueden ser de bloque o madera para el caso de los caudales mínimos y normales, pero para los extraordinarios se hace comúnmente de concreto reforzado (Mojica Villamizar & Manrique).

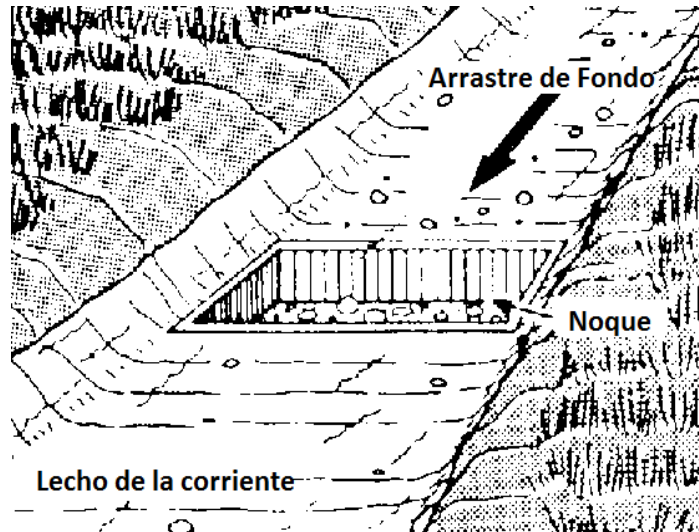


Figura 2.4. Noque en el fondo del río  
Fuente: (Departamento de desarrollo Sostenible)

Los materiales que comúnmente se obtienen son la arena, la grava, limos, arcillas; rocas graníticas como, andesitas y en menor cantidad basaltos. También, se encuentran sedimentaciones como por ejemplo los conglomerados de base de arcilla y arena, etc. (ESI, 2015).

En el país existen algunas zonas donde se explota de esta manera, sin embargo, se lo hace de forma ilegal, en la Figura 2.5 se puede observar una cantera abandonada donde se hacen trabajos para que se recupere el caudal original del río.



Figura 2.5. Recuperación de la línea de caudal  
Fuente: (MOP, Panamá)

Del mismo modo, existe un proyecto para explotar materiales pétreos mediante lagunas de inundación (noques), este proyecto está planificado para 5 años de vida útil, y cuenta con todos los estudios ambientales para la explotación, se encuentra ubicado en Zamora, en las áreas denominadas Zamora-Jumbe ver Figura 2.6.

Para la explotación del material se ubicaron en un sitio donde se ha formado canteras fluviales de forma natural, donde se construirá una serie de noques consecutivo de (12x20m) de ancho y largo con una separación de 5 m por cada noque (ESI, 2015).



Figura 2.6. Zona donde se va hacer la excavación de los noques  
Fuente: (ESI, 2015)

### 2.5.1 Parámetros para desarrollar los noques en general

- El número de unidades mínimas en paralelo es de dos (2) para efectos de mantenimiento.
- El período de operación es de 24 horas por día.
- El tiempo de retención será entre 2 - 6 horas.
- La carga superficial será entre los valores de 2 - 10 m<sup>3</sup>/día.
- La profundidad del sedimentador será entre 1,5 – 2,5 m, depende el río.
- La relación de las dimensiones de largo y ancho (L/B) será entre los valores de 2-6.
- La relación de las dimensiones de largo y profundidad (L/H) será entre los valores de 5-20.
- El fondo de la unidad debe tener una pendiente entre 5 a 10% para facilitar el deslizamiento del sedimento.

- La velocidad en los orificios no debe ser mayor a 0,15 m/s para no crear perturbaciones dentro de la zona de sedimentación.
- Se debe aboquillar los orificios en un ángulo de 15° en el sentido del flujo.
- La descarga de lodos se debe ubicar en el primer tercio de la unidad, pues el 80% del volumen de los lodos se deposita en esa zona.
- Se debe efectuar experimentalmente la determinación del volumen máximo que se va a producir.
- Se debe guardar la relación de las velocidades de flujo y las dimensiones de largo y altura.
- La ubicación de la pantalla difusora debe ser entre 0,7 a 1,00 m de distancia de la pared de entrada.
- Los orificios más altos de la pared difusora deben estar a 1/5 o 1/6 de la altura (H) a partir de la superficie del agua y los más bajos entre 1/4 ó 1/5 de la altura (H) a partir de la superficie del fondo.

## 2.6 Áridos, arenas y areniscos

Tal como conceptualizan Pérez, López, Tello y Ochoa (2004):

Los áridos son las arenas, gravas rodadas o de machaqueo, escorias y otros materiales de naturaleza mineral utilizadas como materiales de construcción, con o sin adición de ligante o aglomerante. Sus características físicas y químicas tienen una importancia fundamental en las propiedades de los materiales y mezclas utilizadas habitualmente en las carreteras. (pág. 186)

También, los áridos o gravas se reconocen como fragmentos de roca de diámetro medio, entre 100 y 30 mm, procedentes de la trituración de rocas, ya sea de forma natural o artificial. Se emplean en mampostería, en pavimentos, para la elaboración de hormigones, etc.

Las arenas son fragmentos producidos por de la desintegración química y mecánica de las rocas bajo meteorización y abrasión, de diámetro entre 5 y 0.2 mm.

Su composición es variada, pero las más frecuentes están formadas de cuarzo (sílice) con una pequeña proporción de mica, feldespato, magnetita y otros minerales resistentes. Cuando las partículas acaban de formarse suelen ser angulosas y

puntiagudas, haciéndose más pequeñas y redondeadas por la fricción provocada por el viento y el agua.

Desempeñan un importante papel al ser parte esencial en la elaboración de morteros y hormigones, empleándose también en el acondicionamiento del lecho para conducciones subterráneas. Se subdividen en gruesas (5-2mm), medias (2-1mm) y finas (> a 1mm). Por su origen se dividen en arenas de mina, de río, marinas y artificiales.

Las areniscas son rocas resultantes de la compactación de arenas de cantos vivos unidos por cementos naturales. Su composición química es la misma que la de la arena, y el cemento suele estar compuesto por sílice, carbonato de calcio u óxido de hierro.

El color de la roca viene determinado por el material cimentador. Son rocas que se labran muy bien, usándose como revestimientos y en la fabricación de piedras de afilar y de moler.

## 2.7 Clasificación de áridos

Es muy variada la clasificación de los áridos y muchos estudiosos en el tema han incurrido en varios sistemas al respecto. Es por ello que la autora resume estas consideraciones a través de la figura siguiente.



Figura 2.7. Clasificación de los áridos.  
Fuente: Pérez et al (2004).

Los áridos se clasifican según el tamaño de sus partículas en dos tipos: arena y grava. A su vez, las gravas se subclasifican según los tamaños límites de sus partículas en los grados que se establecen en la Tabla 2.4, mientras que la arena también es clasificada de acuerdo a su granulometría (tabla 2.1).

Tabla 2.1. Granulometría de la grava

Tamices mm	% acumulado que pasa para los siguientes grados (definidos por tamaños límites en mm)								
	63-40	50-25	50-5	40-20	40-5	25-5	20-5	12.5-5	10-2.5
80	100	-	-	-	-	-	-	-	-
63	90-100	100	100	-	-	-	-	-	-
50	35-70	90-100	90-100	100	100	-	-	-	-
40	0-15	33-70	-	90-100	90-100	100	-	-	-
25	-	0-15	35-70	20-55	-	90-100	100	-	-
20	0-5	-	-	0-15	35-70	-	90-100	100	-
12.5	-	0-5	10-30	-	-	25-60	-	90-100	100
10	-	-	-	0-5	10-30	-	20-55	40-70	90-100
5	-	-	0-5	-	0-5	0-10	0-10	0-15	oct-30
2.5	-	-	-	-	-	0-5	0-5	0-5	0-10
1.25	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5

Fuente: (División de Normas del INN, 1979)

Tabla 2.2. Granulometría de la arena

Tamices mm	% acumulado que pasa
10	100
5	95-100
2.5	80-100
1.25	50-85
0.63	25-60
0.315	10-30
0.16	2-10

Fuente: (División de Normas del INN, 1979)

Las arenas que no cumplan con los requisitos granulométricos pueden ser utilizadas siempre que las mezclas de prueba preparadas con estas arenas cumplan con los requisitos de las especificaciones particulares de la obra.

Atendiendo a su procedencia, Grupo Planeta (2007) establece que:

Los áridos de mina presentan un aspecto áspero, limpios de tierra, de aristas vivas, angulosos, con impurezas y materia orgánica. Los áridos de ríos son de grano redondeado, limpios y sin impurezas. Suelen ser los más utilizados. Los áridos de playa o de costa son más redondeados, muy finos y cargados de sales marinas. (pág. 23)

En cuanto a la composición química de los áridos:

Los silicios provienen de la descomposición del cuarzo. Son los más utilizados y se pueden considerar como los mejores áridos por su dureza y estabilidad química. Los áridos calizos, originados por la disgregación de rocas calizas, son blandos y de poca durabilidad. Los áridos silicatados son los que proceden de la descomposición de los de los feldespatos. Por último, los áridos arcillosos son silíceos que también contienen que también contienen arcilla y que no suelen dar buen resultado. (Grupo Planeta, 2007, pág. 23)

En cuanto al sistema de obtención, los áridos naturales:

Son los que se recogen a pie de la roca disgregada, en una montaña, o en la orilla de ríos o en la playa, si han sido transportados por el agua (...). Con este tipo de áridos se pueden obtener compuestos más trabajables y más fáciles de colocar en obra. (Grupo Planeta, 2007, pág. 23)

Asimismo, los áridos artificiales:

Son aquellos que se han obtenido por machaqueo, es decir, por trituración de restos rocosos o áridos más gruesos (...) Presentan unas aristas angulosas, y ello comporta que los granos tengan más rozamiento entre sí y que gracias a este rozamiento se pueden obtener compuestos más resistentes a la compresión (...) Son recomendables para confeccionar productos prefabricados y también para realizar pavimentos o revestimientos sometidos a un desgaste considerable. (Grupo Planeta, 2007, pág. 23)

Además, los áridos deben estar constituidos por partículas duras, de forma y tamaño estables y deben estar limpios y libres de terrones, partículas blandas o laminadas,

arcillas, impurezas orgánicas, sales y otras sustancias que por su naturaleza o cantidad afecten la resistencia o la durabilidad de morteros y hormigones, de acuerdo con los valores límites que se especifican en la Tabla 2.3.

El proyectista bajo su responsabilidad puede establecer en las especificaciones técnicas valores límites diferentes a los fijados en esta tabla, de acuerdo con las condiciones particulares de la obra.

Tabla 2.3. Clasificación según el tamaño de sus partículas

Requisitos	Valores límites	
	Grava	Arena
1. Material fino menor que 0,080 mm (Nota 1):		
a) para hormigón sometido a desgaste % máximo	0.5	3.0
b) para todo otro hormigón % máximo	1.0	5.0
2. Impurezas orgánicas (Nota 2) referidas a color límite según patrón	-	amarillo claro
3. Granulometría	Tabla 5	Tabla 4
4. Partículas desmenuzables % máxim	5.0	3.0
5. Partículas blandas % máxim	5.0	-
6. Cloruros como - Cl (Notas 3 y 6) (kg/m <sup>3</sup> de hormigón)		
a) para hormigón armado máximo	1.20	
b) para hormigón pretensado máximo	0.25	
7. Sulfatos y sulfuros como SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (Notas 4, 5 y 6) (kg/m <sup>3</sup> de hormigón):		
a) sulfatos solubles en agua máximo	0.60	
b) sulfuros oxidables máximo	1.80	
8. Carbón y lignito:		
a) para hormigón a la vista % máximo	0.5	0.5
b) para todo otro hormigón % máximo	1.0	1.0
9. Resistencia a la desintegración (pérdida de masa en 5 ciclos de inmersión y secado) (Nota 7)		
a) con sulfato de sodio % máximo	12.0	10.0
b) con sulfato de magnesio % máximo	18.0	15.0
10. Resistencia al desgaste. Máquina de Los Angeles:		
a) para hormigón sometido a desgaste % máximo	40.0	-
b) para todo otro hormigón % máximo	50.0	-
11. Absorción de agua (porosidad) (Nota 8) % máximo	2.0	3.0
12. Coeficiente volumétrico medio		
a) árido de tamaño máximo absoluto mayor que 25 mm:		
- para hormigón simple mínimo	0.15	-
- para hormigón armado mínimo	0.2	-
b) árido de tamaño máximo absoluto menor que 25 mm:		
- para hormigón simple mínimo	0.12	-
- para hormigón armado mínimo	0.15	-

Fuente: (División de Normas del INN, 1979)

**NOTAS:**

- 1) En el caso de áridos tratados por trituración, los límites se subirán a 1,0% y a 1,5% respectivamente en la grava y a 5% y 7% respectivamente en la arena. Cuando no se cumpla este requisito se debe decidir en base al ensayo de equivalente de arena, según NCh1325, el cual debe entregar un valor mayor que 75%, o bien se deben efectuar ensayos comparativos según NCh1502.
- 2) El color límite está fijado por un color patrón. Cuando la mayor coloración se deba a la presencia de carbón o lignito que no excedan de los límites indicados en el requisito 7, la arena podrá aceptarse si sometida al ensayo comparativo de la NCh1502 se obtiene una resistencia relativa igual o mayor al 95%.
- 3) Para cuantificar el contenido de cloruros se debe considerar el aporte proporcional de la arena y la grava en 1 m<sup>3</sup> de hormigón elaborado. Cuando haya aporte de cloruros de los demás componentes del hormigón (agua de amasado, cemento, aditivos) los límites de la tabla deben considerar también dichos aportes.
- 4) Para cuantificar el contenido de sulfatos y sulfuros oxidables se debe considerar el aporte proporcional de la arena y la grava en 1 m<sup>3</sup> de hormigón. Cuando haya aportes de sulfatos y/o sulfuros de los demás componentes del hormigón (excluyendo el cemento) los límites de la tabla deben considerar también dichos aportes.
- 5) El límite de sulfuros está basado en el comportamiento de áridos de la zona central del país los cuales, con contenidos similares de sulfuros, no han presentado reacciones perniciosas en servicio.
- 6) Siempre que exista riesgo de corrosión de armaduras y/o desintegración del hormigón es necesario establecer en las especificaciones técnicas las precauciones necesarias para su protección. Al efecto, es recomendable asesorarse por entidades o personas especializadas en el tema.
- 7) El ensayo es optativo con cualquiera de ambas sales. En caso de incumplimiento se recomienda decidir en base a ensayo de congelación y deshielo sobre probetas de hormigón aceptando una pérdida de masa igual o menor al 25% en 300 ciclos. (División de Normas del INN, 1979)



### 2.7.1 Arcillas

Expresa Castells (2012), que la arcilla es uno de los materiales empleados en la construcción que se utiliza con mayor frecuencia, aunque su utilización ocurre a partir de la transformación de la composición natural de dicho material.

La arcilla se compone de un grupo de minerales aluminosilicatos formados por la meteorización de rocas feldespáticas, como el granito. El grano es de tamaño microscópico (> de 0.002mm), y con forma de escamas. Esto hace que la superficie de agregación sea mucho mayor que su espesor, lo que permite un gran almacenamiento de agua por adherencia, dando plasticidad a la arcilla.

Las variedades más comunes de arcilla son: la arcilla china o caolín; la arcilla de pipa, similar al caolín pero con un contenido mayor de sílice; la arcilla de alfarería, no tan pura como la arcilla de pipa; la arcilla de escultura o arcilla plástica, una arcilla fina de alfarería mezclada, a veces, con arena fina; arcilla para ladrillos, una mezcla de arcilla y arena con algo de materia ferruginosa (con hierro); la arcilla refractaria, con pequeño o nulo contenido de caliza, tierra alcalina o hierro (que actúan como flujos), por tanto, es infusible y muy refractaria; el esquisto y la marga. Las arcillas plásticas se usan en todos los tipos de alfarería, en ladrillos, baldosas, ladrillos refractarios y otros productos, que serán abordados en el apartado de materiales cerámicos.

Tabla 2.4. Granulometría de los áridos más comunes para la construcción

ARENA	COMÚN	0-4 mm
	LAVADA	0-4 mm
	FINA	0-1 mm
PIEDRAS	FILDER	4-8 mm
	BINDER	8-11 mm
	GRANZA	6-19 mm
	RIPIO	10-50 mm
		30-50 mm
	PIEDRA BOLA	50-150 mm
150-300 mm		
OTROS	MAT. DE COMPACTACIÓN	0-20 mm
		0-38 mm
	TIERRA NEGRA	
	RELLENO	0-300+mm

Fuente: (Canteras y Hormigones El Alto, 2014)

Tabla 2.5. Piedras de construcción y sus usos

PIEDRA DE CONSTRUCCIÓN	TIPO	COLORES	USO
Granito	Ígnea	Gran variedad	Paredes
Caliza	Sedimentaria	Marrón, gris	Paredes
Mármol	Metamórfica	Gran variedad	Paredes y pisos.
Arenisca	Sedimentaria	Amarillo, café, rojo, marrón	Paredes
Pizarras	Metamórfica	Azul, gris, negro, rojo, verde	Pisos y techos

Fuente: (UDLA, 2014)

La arcilla es uno de los materiales que se encuentran en la superficie terrestre con un extendido uso y de alto nivel de aplicabilidad. Estas aplicaciones son observables mediante el siguiente gráfico.

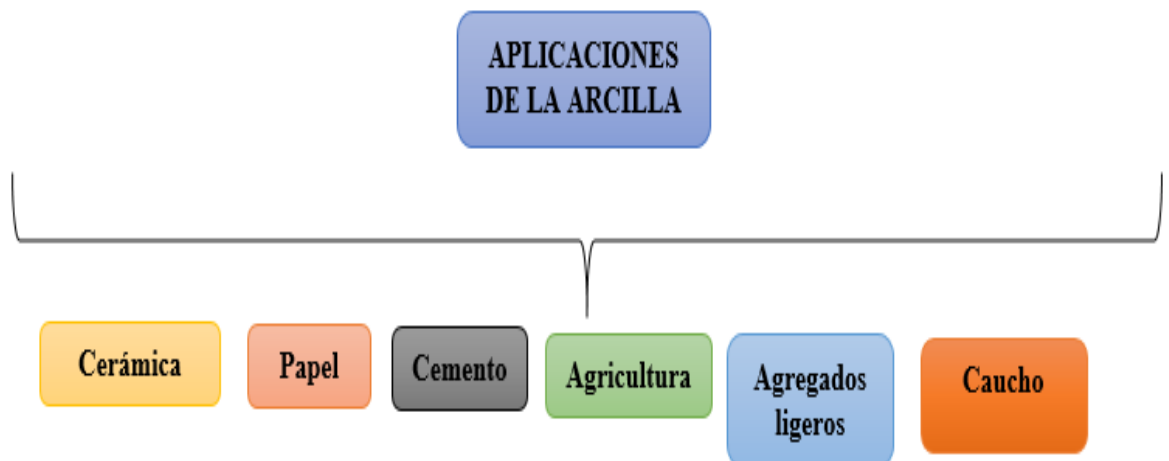


Figura 2.8. Aplicaciones de la arcilla.

Fuente: (Castells, 2012).

Debido a sus propiedades de elasticidad y endurecimiento después de su sometimiento a altas temperaturas, la arcilla puede ser utilizada en la cerámica. Este material puede modelarse sencillamente y, una vez horneado, se convierte en un elemento muy resistente térmica y mecánicamente. Otro uso de la arcilla lo constituye la elaboración

de papel mediante la combinación de fibras de arcilla, celulosa y otros componentes. Otra aplicación de la arcilla se refiere al reforzamiento del caucho, debido a la superficie específica de las cargas. También, en la fabricación del cemento, la arcilla es uno de los materiales utilizados para la producción del clínquer, elemento imprescindible obtenido a partir de la mezcla y fusión entre la arcilla y la roca caliza. Debido a su poder de absorción, la arcilla tiene un alto grado de utilización en las actividades agrícolas, debido a que ciertos minerales de arcilla absorben de manera rápida y eficientemente los iones libres que pudieran sustituirse por otros de propiedades más nutritivas para los cultivos. Finalmente, los agregados ligeros son materiales que se utilizan con gran asiduidad en las obras constructivas, al tener una composición idónea para el aislamiento térmico producto a su baja densidad. Es así como la arcilla facilita esta propiedad de densidad baja, ya que a elevadas temperaturas la misma forma gases que originan cierta porosidad en el material (Castells, 2012).

## **2.8 Rocas y piedras**

Las rocas se extraen de las canteras o excavaciones, arrancándolas por medio de máquinas (piedras blandas), o por voladuras (piedras duras). En ambos casos se obtienen grandes bloques de roca sin una forma determinada. Para su uso en construcción es necesario realizar en primer lugar un desbaste, que consiste en eliminar las partes más bastas de los bloques y prepararlas para la labra, que consiste en darles las dimensiones y formas requeridas.

### **Clasificación de las rocas**

La clasificación de las rocas de las rocas atiende a dos factores: de acuerdo con la resistencia a la compresión y atendiendo a su origen (Crespo, 2010). Este planteamiento se refleja en la siguiente figura:

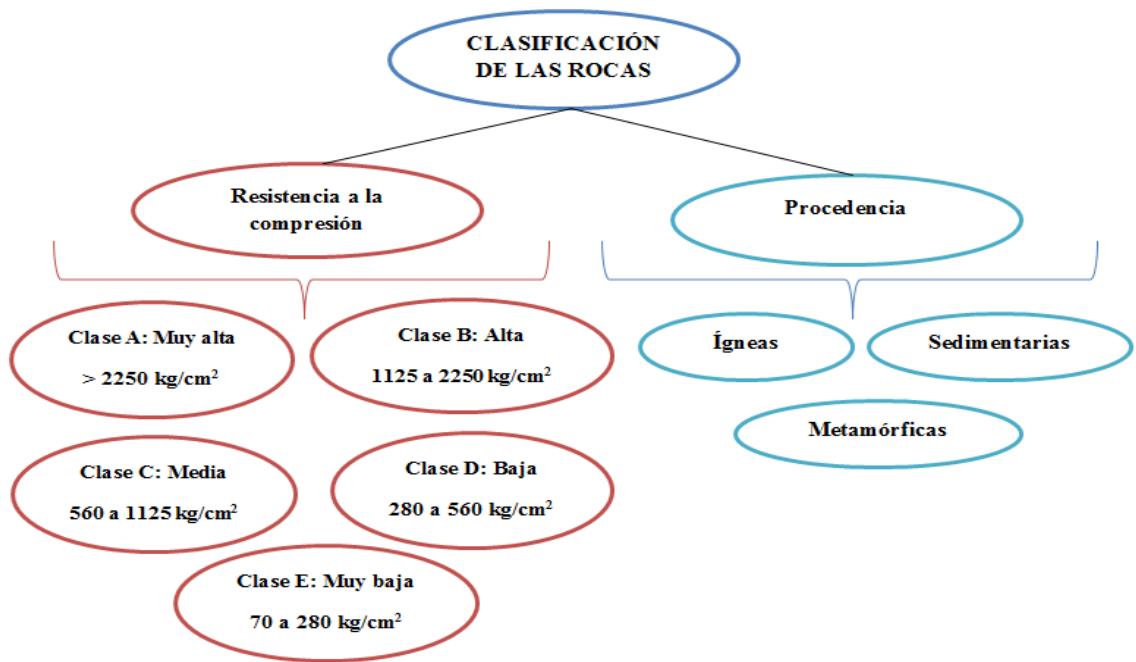


Figura 2.9. Clasificación de las rocas.

Fuente: (Crespo, 2010)

### 2.8.1 Rocas ígneas o eruptivas

Son rocas formadas por enfriamiento y solidificación de las masas fundidas de magma, del interior de la corteza terrestre, al salir al exterior. Las rocas ígneas están compuestas casi en su totalidad por minerales silicatos, y suelen clasificarse según su contenido de sílice. Las principales categorías son ácidas o básicas, siendo el granito ejemplo del primer grupo, y el basalto del segundo.

También, según si el fenómeno haya tenido lugar en el interior de la capa terrestre o por encima de ella, tal como se aprecia en el gráfico expuesto a continuación:

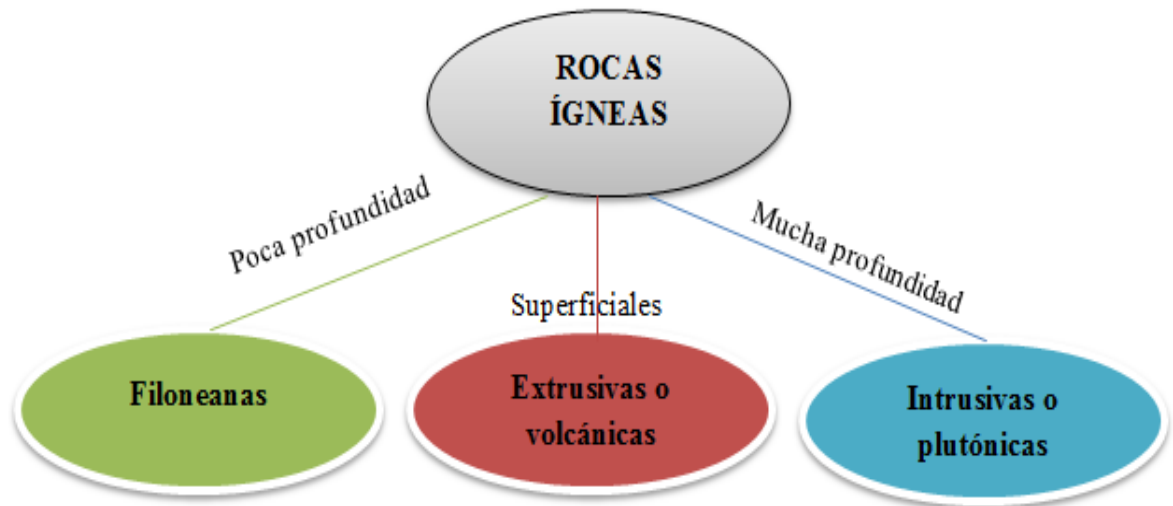


Figura 2.10. Clasificación de las rocas.

Fuente: (Crespo, 2010)

Dentro de las principales rocas ígneas se encuentran: sienita, dorita, pórfidos y basalto (Crespo, 2010).

### 2.8.2 Granito

Tal como expresa (Pérez L. , 2006), el granito “junto a otras rocas cristalinas, constituye la base de las masas continentales y es la roca intrusiva más común entre las expuestas en la superficie terrestres” (pág. 30). Es una roca que cristaliza a partir de magma enfriado de forma lenta a grandes profundidades bajo la superficie terrestre. Está compuesto por feldespato, cuarzo y mica, y de algunos otros minerales accesorios. Presentan una estructura granular cristalina, con grano grueso, mediano o fino según las condiciones de enfriamiento (velocidades rápidas favorecen el grano fino y las muy lenta el grano grueso). La coloración varía según abunde una clase de mineral u otra, siendo generalmente de color grisáceo, aunque podemos encontrar granitos negros, blancos, rojizos, etc.

Según Rico y del Catillo (2006), los levantamientos geológicos determinan que el granito puede ser descubierto en diversas cantidades de la superficie terrestre, originando grandes masas intrusivas a través del centro neurálgico de ciertas cordilleras, además de otras zonas que han expuestas un proceso intenso de erosión. “Son típicamente rocas continentales y nunca han sido encontradas en islas oceánicas aisladas ni lejos de las masas continentales” (Rico & del Catillo, 2006, pág. 107).

Entre sus propiedades destaca su gran resistencia a las cargas, siendo un material muy duro, lo que dificulta su extracción; se labra mal, pero en cambio se pulen muy bien; presenta una resistencia a la elasticidad baja, agrietándose también por la acción del fuego. Se emplea en toda clase de obras como pavimentos, zócalos, escalones, revestimiento de fachadas y ornamentaciones, etc. También se emplea para la obtención de gravas para la elaboración de hormigones.

### **2.8.3 Basalto**

Para Lanza-Espino, Cáceres, Adame y Hernández (2000) el basalto “es una roca pesada y negra que tiende a alterarse con el tiempo volviéndose verdosa, parda o rojiza. Procede de la lava y es una roca volcánica con feldespato y otros minerales” (pág. 242).

El basalto es la variedad más común de roca volcánica. Se compone casi en su totalidad de silicatos oscuros de grano fino. Suele ser de color gris oscuro, muy duro pero frágil, de elevada resistencia a la compresión. Es una piedra menos resistente a los agentes atmosféricos que el granito, siendo atacada por el agua carbonatada, que es capaz de disolverla dando lugar a terrenos sedimentarios. El basalto se emplea en pavimentos (pequeños adoquines), bordillos de aceras, construcción de diques, etc.

La dureza elevada del basalto permite que el mismo sea usado para fortalecer los elementos de hormigón en las construcciones. Además, dicha roca es poco susceptible a la combustión térmica, ya que presenta un factor dilatorio térmico bastante bajo, razón por la cual se considera que es bien resistente a los incendios, aunque vale señalar que su calentamiento ante la radiación solar es elevado producto a su composición química, alcanzando temperaturas superiores a los 70°.

### **2.8.4 Rocas sedimentarias**

Las rocas sedimentarias están formadas por fragmentos pertenecientes a otras rocas más antiguas, y que han sido transformadas y erosionadas por la acción del agua y, en menor medida, del viento o del hielo glaciario. Estos fragmentos se presentan en depósitos o sedimentos que forman capas o estratos superpuestos, separados por superficies paralelas, representando cada capa un período de sedimento.

Explica Córdoba (2002) que las rocas sedimentarias:

[...] cubren cerca de dos tercios de la superficie terrestre, y son las que señalan los principales registros de las condiciones ambientales en los últimos 600 millones de años. Cada estrato es el remanente de lo que algún día fue la superficie terrestre. (pág. 46)

A criterio de Hamblin (1989) citado por Manahan (2006):

Las rocas sedimentarias tienen una gran importancia en el desarrollo de las civilizaciones, al punto que sin ellas es difícil pensar en un arreglo del mundo tal como lo vemos. Las rocas sedimentarias proveen todos los materiales de construcción, así como el carbón, petróleo y gas natural que son los soportes de nuestra industria. Las evaporitas proveen la mayoría de sales y químicos que usamos en nuestras dietas. Las areniscas contienen minerales raros como oro, diamante, platino y uranio. (pág. 49)

Las rocas sedimentarias se clasifican según su origen en mecánicas y químicas. Las rocas mecánicas se componen de partículas minerales producidas por la desintegración mecánica de otras rocas y transportadas hasta el lugar de depósito, sin deterioro químico.

Por su parte, las rocas sedimentarias químicas se originan debido a “la precipitación o la coagulación de los productos disueltos o coloidales producidos por el intemperismo” (Manahan, 2006, pág. 258).

En el siguiente gráfico se exponen los principales tipos de rocas sedimentarias existentes:

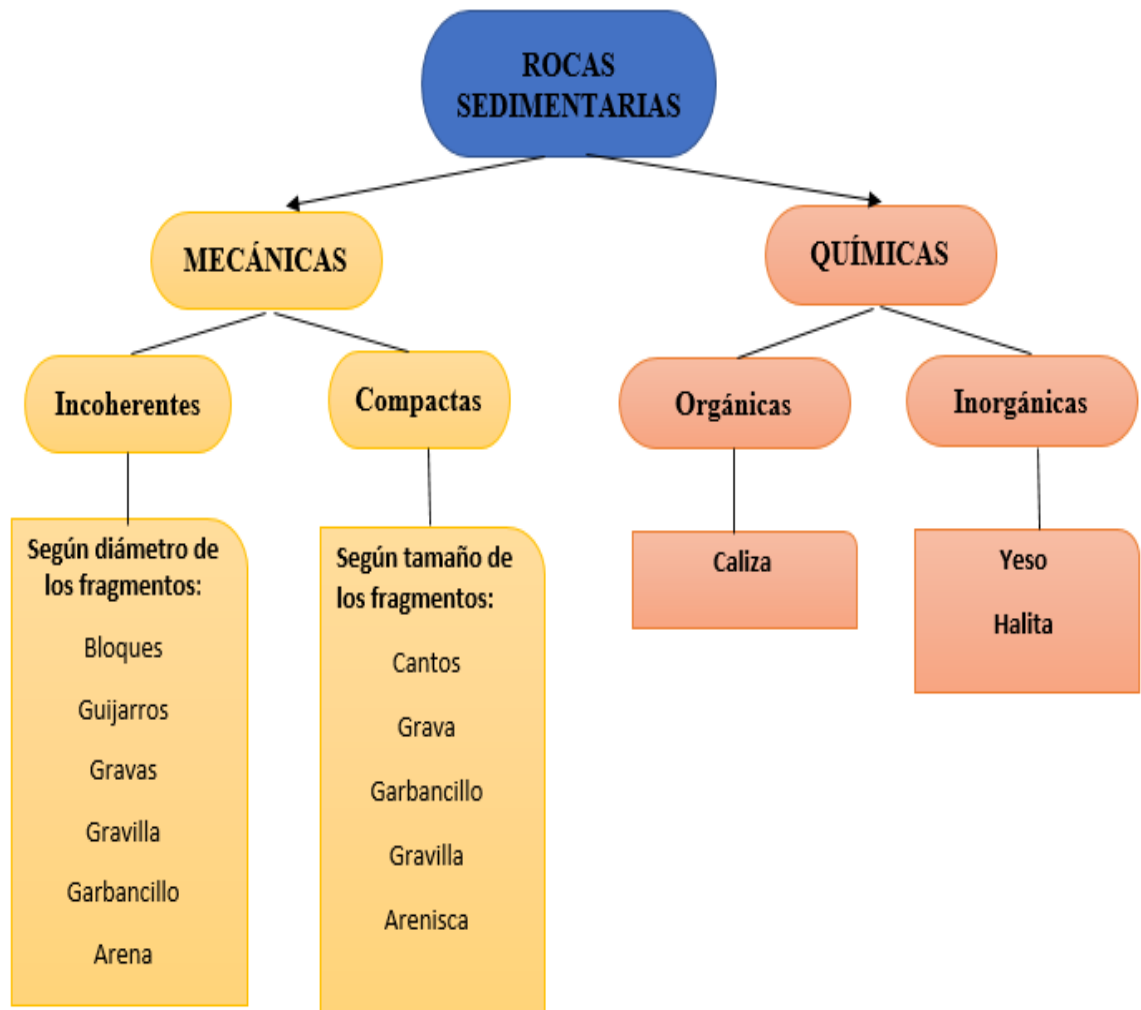


Figura 2.11. Tipología de roca sedimentaria.

Las rocas mecánicas pueden a su vez dividirse en rocas incoherentes y rocas compactas. Las rocas incoherentes se originan al resquebrajarse las rocas, dando fragmentos que sucesivamente, por la acción de los agentes externos y/o el propio choque entre ellas, se van reduciendo y redondeando. Según el diámetro de estos fragmentos tenemos diferentes tipos de materiales: bloques > 500mm, cantos o guijarros 500-100mm, gravas 100-30mm, gravilla 30-15mm, garbancillo 15-5mm, arena 5-0.2mm, polvo y limo 0.2-0.002mm y arcillas 0.002-0.0001mm.

Por su parte, las rocas compactas se forman a partir de las incoherentes por compresión o aglomeradas por una pasta o cemento. Se dividen según el tamaño de los fragmentos que se han compactado, así tenemos los conglomerados que están formados por cantos, gravas, gravillas o garbancillos, areniscas cuando se compactan arenas y pizarras cuando se compactan arcillas y limo.



Las rocas químicas pueden formarse por precipitación de sales disueltas o por la acumulación de restos orgánicos. Las rocas por precipitación proceden de la acumulación de las sales disueltas en agua, al evaporarse ésta, en lugares secos y cálidos. Dentro de este tipo destaca en sobremanera el yeso que es sulfato cálcico dihidratado. Las rocas de origen orgánicos proceden de la acumulación de restos de animales y plantas, destacando dentro de este grupo la caliza.

Tabla 2.6. Principales clases de rocas sedimentarias

<b>Principales clases de Sedimentos y Rocas sedimentarias</b>		
<b>Tamaño de partícula</b>	<b>Sedimento</b>	<b>Roca</b>
<b>Grueso</b> Mayor de 256 mm 256-64 mm 64-2 mm	Bloques Cantos Guijarros	Conglomerados
<b>Medio</b> 2-0.062 mm	Arena	Areniscas
<b>Fino</b> 0.062 – 0.0039 mm	Limo	Limolita
<b>Más fino</b> que 0.0039mm	Arcilla	Lutitas

Fuente: (Carracedo, 2013)

### 2.8.5 Caliza

Define Vian (2000) a la roca caliza como “una roca sedimentaria formada por depósito de los productos de alteración química y física de rocas preexistentes, primitivas, como el de feldespato cálcico” (pág. 192).

En cuanto a la composición química y estructura de la roca caliza, Vian (2000) añade que:

Su componente fundamental es el  $\text{CO}_3\text{Ca}$  (...) dando lugar a las calizas de origen químico, como son el alabastro calizo, el travertino, las calizas compactas (piedra litográfica y estalactitas). Hay también calizas de tipo

orgánico, que son las más frecuentes (...) A este grupo pertenecen los mármoles, cuya estructura primitiva ha cambiado por metamorfismo, las calizas arcillosas y silíceas, que contienen arcilla o sílice uniformemente distribuida, y las calizas dolomíticas caracterizadas por su mayor o menor contenido en carbonato magnésico. (pág. 192)

Entonces, se puede sintetizar expresando que las calizas son rocas formadas por carbonato cálcico, pudiendo tener un origen químico por precipitación de soluciones bicarbonatadas u orgánico por acumulación de restos de caparzones o conchas de mar, formadas por las secreciones de  $\text{CaCO}_3$  de distintos animales marinos.

Las calizas son de colores ocre, de dureza media y fácil de labrar y pulir. En general constituyen un excelente material de construcción. También se emplea en grandes cantidades como materia prima para la elaboración de cementos, y tratadas al fuego se calcinan dando cal.

El uso de la caliza es fundamental para las diversas industrias en la producción de componentes importantes tales como la cal, cemento y el carbonato de calcio. Pero, además, su utilización se expande a la industria de fundición, química, agroquímica y la elaboración de vidrio (Instituto Nacional de Ecología, 2006).

## **2.9 Clasificación de materiales pétreos usados en la construcción**

Idoneidad, disponibilidad local y presupuesto a invertir son algunos de los elementos a tener en cuenta para la elección de los materiales de construcción, que pueden ser de diversos tipos.

En la construcción se emplean varios de estos materiales, siendo los aglomerantes, cerámicos y los vidrios los más empleados.

La etimología de la palabra pétreo proviene del latín *petreus*, o sea relativo a roca, piedra o peñasco. Es común encontrarlos en forma de losetas, bloques o diminutos fragmentos con tamaños y texturas de todo tipo.

Podemos mencionar, en una clasificación elemental, los siguientes tipos de materiales pétreos empleados en la construcción:

- a) Industriales: son aquellos que, luego de uno o varios procesos de fabricación, son mejorados por el hombre para su empleo.
- b) Naturales: su origen se localiza en yacimientos o canteras naturales. El hombre los refina y clasifica por tamaños para su posterior utilización.
- c) Artificiales: se consiguen gracias a explosivos u otros procedimientos de voladura que permiten su obtención en macizos rocosos.

Son muchas las áreas o proyectos donde se emplean estos materiales, entre ellos el yeso que se utiliza para la construcción de bóvedas, placas, tabiques y otros elementos. El cemento y hormigón, por su parte, son centro de atención de la ingeniería civil.

En este apartado podemos citar la construcción de elementos ornamentales, estructuras y columnas, entre otras.

Otra clasificación que se puede mencionar es la siguiente:

- a) Materiales pétreos: son las piedras y rocas naturales y sus derivados. Los más usados en la construcción son la roca caliza, el mármol, el granito, la pizarra y los áridos (piedras de diferentes tamaños).
  
- b) Cerámicos y vidrios: Proceden de materias primas arcillosas que se someten a un proceso de cocción en un horno a altas temperaturas. Los más usados en construcción son las baldosas y azulejos, ladrillos refractarios, loza sanitaria, vidrio, lana de vidrio, ladrillos, bovedillas, tejas.
  
- c) Vidrio: mezcla de sílice (arena) con potasa o sosa y pequeñas cantidades de otras bases, y a la cual pueden darse distintas coloraciones mediante la adición de óxidos metálicos.
  
- d) Materiales aglutinantes: al mezclarse con agua sufren transformaciones químicas. Se utilizan para unir otros materiales. El yeso y el cemento son los más utilizados.
  
- e) Materiales compuestos: formados por la mezcla de diferentes materiales con diferentes propiedades. Los más usados son el mortero, el hormigón, el hormigón impreso y las mezclas asfálticas.

El mortero es una mezcla de arena, cemento y agua.

El hormigón es una mezcla de cemento, piedras de diferentes tamaños (áridos) y agua.

Sobre el hormigón impreso y las mezclas asfálticas tienes un enlace en la parte de abajo que te habla sobre él.

f) Materiales metálicos: se obtienen a partir de minerales del metal. Hay dos tipos los ferrosos procedentes del hierro y no ferrosos. Los ferrosos más usados son el acero y la fundición y los no ferrosos el cobre y el aluminio. Aquí tienes una presentación sobre los metales: Los Metales.

g) Materiales Plásticos: Hoy en día se usan mucho en construcción por sus propiedades y su coste reducido. Son materiales orgánicos formados por polímeros (macromoléculas) constituidos por largas cadenas de átomos que contienen fundamentalmente carbono. Entre ellos tenemos el PVC, el poliestireno, melamina, poliuretano, etc. Más sobre los plásticos en este enlace: Plásticos.

Los llamados materiales de construcción engloban a aquellos materiales que entran a formar parte de los distintos tipos de obras arquitectónicas o de ingeniería, cualquiera que sea su naturaleza, composición o forma. Los materiales de construcción abarcan un gran número y de orígenes muy diversos, pudiéndose clasificar para su estudio en base a diferentes criterios, siendo los más habituales su función en la obra, su intervención y su origen.

- Según su función en la obra, los materiales de construcción se clasifican en: resistentes, aglomerantes y auxiliares. Los materiales resistentes son los que soportan el peso de la obra y los ataques meteorológicos o los provocados por el uso (piedras, ladrillos, hormigón, hierro, etc.). Los materiales aglomerantes son los que sirven de ligazón entre los resistentes para unirlos en formaciones adecuadas a su función (cemento, yeso, cal, etc.). Por último, los materiales auxiliares son aquellos que tienen una función de remate y acabado (maderas, vidrios, pinturas, etc.).

- Por su intervención en la obra, los materiales se clasifican en: de cimentación, de estructura, de cobertura y de cerramiento. Los de cimentación son fundamentalmente los hormigones, en particular, el hormigón armado. Las estructuras pueden ser de hormigón, metálicos, de madera o mixtas. Las coberturas pueden ser de prefabricadas, metálicas, de materiales cerámicos o pétreos. Por último, los cerramientos pueden ser ladrillos, acristalados, prefabricados, etc.
- En función de su origen los materiales de construcción se pueden dividir en función de su origen, siendo este criterio el más adecuado para el estudio de las propiedades características de los mismos, y será el que se seguirá en el desarrollo del presente tema. Presenta además la ventaja de que, a diferencia de las otras clasificaciones, no hay materiales que se repiten en los diferentes apartados. Según este criterio, los materiales se dividen en:



Figura 2.12. Tipos de materiales usados en la construcción.  
Fuente: (Delgado, 2014)



Figura 2.13. Clasificación de los áridos  
Fuente: (Blazquez, 2013)

Tabla 2.7. Grupo de áridos empleados en diseño y construcción de carreteras

CLASES/Grupo		Propiedades	Ejemplos	
<b>ÍGNEAS</b>	Básicas	<b>BASALTOS</b>	-Rocas máficas (oscuras) -Altas resistencia mecánica -Bajo desgaste al pulido -Buena adhesividad	Basalto, andesita, diabasa, ofita, lamprófrido y traquita
		<b>GABROS</b>	-Buen comportamiento mecánico en Carreteras -Durables y resistentes -Relativa escasez, zonificadas	Gabro, diorita gneis básico, peridotita y sienita
	Ácidas	<b>GRANITO</b>	-Abundante en la península -Pueden presentarse alteradas -Rocas abrasivas, poco pulibles -Escasa adhesividad a los ligantes -Presentan cierta fragilidad	Granito, cuarzodioritagneis, aplitagranodiorita y pegmatita

CLASES/Grupo		Propiedades	Ejemplos
		<b>PÓRFIDIOS</b> -Texturas adecuadas para firmes -Bajo descastes al pulimento -Problemas de adhesividad	Pórfidos, dacita y riolita
<b>SEDIMENTARIAS</b>	Básicas	<b>CALIZAS</b> -Muy abundante en España -Muy susceptibles al pulido -Buena adhesividad -Fácil extracción y tratamiento	Caliza, dolomía y mármoles
	Ácidas	<b>ARENISCAS</b> -Muy resistentes al pulimento -Presente un elevado desgaste -buena adherencia a ligantes -Muy escasos en la Península	Arenisca, arcosa, molasa, grauvaca, tobas y conglomerados
		<b>PEDERANAL</b> -Muy duras y quebradizas -Buena resistencia al desgaste -Dan áridos lajosos y cortantes -Muy susceptibles al pulimento	Pedernal, sílex, cornubianita y ftanita
		<b>CUARCITAS</b> -Muy duras y resistentes -Difícil extracción y machaque -Pueden presentar alteraciones -Escasísima adhesividad	Cuarcita, Cuarzoarenita y ftanita
<b>METAM</b>	<b>ESQUISITO</b> -Formas lajosas y alteradas -Elevado peso específico -Válidos si no contienen mica	Esquistos Filitas y pizarras	
<b>INDUST</b>	<b>MATERIALES ARTIFICIALES</b> -Tratados industrialmente -Características específicas que complementan al árido natural - Potencia ciertas propiedades	Escorias de alto horno, firmesreciclados y cenizas volantes	

Fuente: (Blazquez, 2013)

## 2.10 Marco legal pertinente

Con el traspaso de las competencias de las concesiones mineras de materiales de construcción, los concejos cantonales de gobiernos autónomos descentralizados se han hecho cargo del control y la regulación de la explotación minera de estos materiales

tanto en lechos de ríos como en roca in-situ y es así, que de acuerdo a este nuevo modelo regulatorio la concesión minera Sánchez se encuentra regulada por el concejo cantonal del gobierno autónomo descentralizado del cantón Santa Isabel, el mismo que dictamina lo siguiente:

- **EL CONCEJO CANTONAL DEL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE SANTA ISABEL** (GAD Municipal Santa Isabel, 2015)

Que, el numeral 12 del artículo 264 de la Constitución de la República del Ecuador otorga competencia exclusiva para regular, autorizar y controlar la explotación de áridos y pétreos existentes en los lechos de los ríos, lagos, lagunas y canteras. Prevé que el ejercicio de la competencia en materia de explotación de áridos y pétreos se deba observar las limitaciones y procedimientos, así como las regulaciones y especificaciones técnicas contempladas en la Ley. Además, que establecerán y recaudarán la regalía que corresponda, que la autorización para aprovechamiento de materiales pétreos necesarios para la obra pública de las instituciones del sector público se deba hacer sin costo y que las ordenanzas municipales contemplen de manera obligatoria la consulta previa y vigilancia ciudadana: remediación de los impactos ambientales, sociales y en la infraestructura vial provocados por la actividad de explotación de áridos y pétreos.

- **La Constitución de la República del Ecuador** (Asamblea Nacional, 2008)

“Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

Art. 72.- La naturaleza tiene derecho a la restauración. Esta restauración será independiente de la obligación que tienen el Estado y las personas naturales o jurídicas de Indemnizar a los individuos y colectivos que dependan de los sistemas naturales afectados”.



- **Plan Nacional para el Buen Vivir** (SENPLADES, 2013)

“El Plan Nacional Para El Buen Vivir 2013 – 2017, como parte de la política del Estado, establece: El Ecuador es un país multidiverso en paisajes, relieves y recursos naturales. El patrimonio natural ecuatoriano es un recurso estratégico de importancia nacional para el Buen Vivir, que debe ser utilizado de manera racional y responsable garantizando los derechos de la naturaleza, como lo establece la Constitución. El paisaje natural ecuatoriano formado por áreas naturales, agropecuarias y urbanas debe ser entendido como un solo territorio con diferentes usos y vocaciones, conformado por recursos renovables y no renovables, cada uno con sus particularidades específicas y una serie de presiones y conflictos que deben encontrar soluciones integrales en cada intervención.”
  
- **Ministerio del Ambiente** (MAE, Tecnologías Limpias en la Industria Minero-Metalúrgica, 2007)

“El Ministerio del Ambiente MAE, es la Autoridad Nacional encargada de dirigir la gestión ambiental, a través de políticas, normas e instrumentos de fomento y control, para lograr el uso sustentable y la conservación del capital natural del Ecuador, asegurar el derecho de sus habitantes a vivir en un ambiente sano y apoyar la competitividad del país. Además, es responsable del cuidado de las Áreas Naturales y Vida Silvestre del Sistema Nacional de Áreas Protegidas SNAP, los Bosques Protectores BP y el Patrimonio Forestal del Estado PFE.

Toda persona natural o jurídica, pública o privada, que emprenda alguna obra, actividad o proyecto nuevo o ampliaciones o modificaciones a las existentes, que pueden causar contaminación ambiental, tienen la obligación de cumplir con la Legislación Ambiental Secundaria, la Calidad Ambiental y más disposiciones.”
  
- **Ley de Gestión Ambiental** (MAE, Ley de Gestión Ambiental , 1999)

“constituye la principal normativa ambiental, mediante la cual se establecen los principios y directrices de política ambiental; determina las obligaciones, responsabilidades, niveles de participación de los sectores público y privado en la gestión ambiental y señala los límites permisibles, controles y sanciones en esta materia.

La gestión ambiental se sujeta a los principios de solidaridad, corresponsabilidad, cooperación, coordinación, reciclaje y reutilización de desechos, utilización de

tecnologías alternativas ambientalmente sustentables y respecto a las culturas y prácticas tradicionales.”

- **Reglamento Ambiental para Actividades Mineras** (Reglamento Ambiental para Actividades Mineras, 2009), establece: Art. 24.- Responsabilidades ambientales en la ejecución de actividades de libre aprovechamiento de materiales de construcción para obras públicas. - Para la realización de actividades de libre aprovechamiento de materiales de construcción para obras públicas, estas contarán con el estudio de impacto ambiental y la licencia ambiental correspondiente, el beneficiario de la autorización deberá notificar la ejecución de estas actividades a la Agencia de Regulación y Control Minero.

## 2.11 Definición de términos

### 2.11.1 Conceptos básicos

- **Materiales Pétreos:** Son los materiales naturales, o estos adaptados por el hombre, que sirven como base para elaborar elementos componentes de una obra civil o arquitectónica.
- **Concesión Minera:** Es el conjunto de Derechos y Obligaciones que otorga el Estado (materializado en un título) y que confiere a una persona natural, jurídica o al propio Estado, la facultad para desarrollar las actividades de exploración y explotación del área o terreno solicitado.
- **Exploración:** La exploración minera es la etapa inicial de la actividad minera, consiste en identificar las zonas por donde se ubican los yacimientos de minerales.
- **Explotación:** Es la extracción de materiales áridos y pétreos de algún yacimiento natural donde se conozca su existencia.

## CAPÍTULO III

### MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 Descripción del proyecto

La explotación de materiales pétreos es muy importante para la construcción y por consiguiente para un país, significa el desarrollo en el área de la construcción, siendo el eslabón principal del desarrollo industrial, es por ello que se deben realizar diseños de explotación que permitan optimizar al máximo la utilización de los materiales pétreos a fin de que estos lleguen en las mejores condiciones a las plantas procesadoras.

En el trabajo se trata del diseño de la explotación de materiales pétreos de la concesión minera Sánchez código 101849 del río Jubones. El objetivo está encaminado a que la explotación sea duradera, se reflejará en un mejor manejo ambiental de las operaciones mineras.

El proyecto garantizará que los procesos de explotación de los materiales pétreos ocasionen el mínimo daño al medio ambiente con un rendimiento eficiente de arena y grava, permitiendo que las edificaciones y obras en infraestructura en general que utilicen estos materiales cumplan con las normas de calidad que exige la industria de la construcción.

Se busca desarrollar un diseño de explotación de materiales pétreos de lecho de río, con la debida apropiación metodológica y conceptual de los elementos involucrados. A fin de obtener un mejor resultado en los procesos productivos de materiales pétreos.

Las características principales que se evaluará son la planimetría de la concesión minera Sánchez, mediante lo cual se establecerán las características planimétricas, el tramo del río objeto de explotación de materiales pétreos y la maquinaria que posee la concesión.

Además, se analizará la geología que permitirá conocer las características sedimentológicas existentes en el área de estudio del terreno.

También se realizará la batimetría del tramo del río que corresponde a la concesión minera Sánchez donde se realizan los trabajos de explotación, a fin de obtener

características como caudal y comportamiento del río, teniendo un diseño eficaz de los noques. Posteriormente con todas las características se puede mejorar el rendimiento de los equipos y maquinarias que se utilizarán en los procesos de explotación.

Sobre el actual sistema hidráulico que presenta el tramo del río intervenido, a continuación, se indican varios aspectos mediante los cuales se cuidará de no profundizar su cauce a fin de que no se presenten problemas relacionados a los procesos de erosión regresiva:

- ❖ Se mantendrá la actual pendiente longitudinal del río.
- ❖ No se modifica el régimen del flujo del río.
- ❖ Se mantienen las condiciones originales del régimen de escurrimiento del río.
- ❖ No se afectan el proceso de sedimentación del cauce.
- ❖ Disminución de la erosión de la ribera derecha.
- ❖ Disminución del riesgo de inundación o posibilidades de desborde del río ante eventos de crecidas extraordinarias.

### **3.2 Levantamiento Taquimétrico**

Para el diseño de explotación de materiales pétreos en el río Jubones de la concesión minera Sánchez se comenzará conociendo la superficie real de la zona, para ello se realiza un levantamiento taquimétrico del área que corresponde a la concesión minera, utilizando la técnica de topografía plana.

La topografía plana se utiliza para abarcar superficies reducidas; se realiza despreciando la curvatura de la tierra (Torres & Martínez, 2005).

Este estudio tiene por objeto la representación de las medidas tomadas en el campo para determinar las posiciones de puntos y posteriormente su representación mediante perfiles en un plano.

Equipos y herramientas:

- Estación Total
- Trípode
- Cinta métrica
- GPS
- Libreta de campo

Se ordenaron los datos y se transfirió al software CAD, para manipular la información con sus respectivas leyendas.

Mediante el software se procedió a calcular las coordenadas cartesianas de todos los puntos, distancia entre puntos creando un mapa a escala 1:5000 de los puntos e instalaciones de los detalles levantados en el campo dentro del polígono que comprende a la concesión minera Sánchez.

El área donde se ubica la concesión minera y su zona de influencia, está formada por terrazas bajas y aluviales, con relieves interandinos, donde las variaciones altitudinales no son significativas, ya que se ubican entre 930 a 960 m.s.n.m; esta característica permite contar con un manejo eficiente del equipo pesado en los procesos operativos de la mina.

En el anexo 1, Hoja 1/5 se muestra el plano de taquimetría de la concesión minera Sánchez.

### **3.3 Levantamiento Geológico**

#### **GEOLOGÍA**

La concesión minera Sánchez código 101849, se encuentra localizada a la altura de la cuenca sedimentaria del terciario denominada Jubones, específicamente sobre depósitos aluviales de terrazas modernas formadas por el río Jubones.

Las formaciones geológicas que comprenden la cuenca terciaria de Jubones son exclusivamente sedimentarias y yacen en discordancia sobre un basamento volcánico de composición ácida como son las rocas riolíticas e ignimbritas de edad eocénica de la formación geológica Saraguro.

Las rocas sedimentarias de la cuenca Jubones son de edad miosénica y correspondan al grupo Ayancay, donde se presentan areniscas, lutitas, limonitas, arsilolitas, lodolitas y un conglomerado basal muy compactado y segmentado con carbonato de calcio.

En la zona de la concesión minera Sánchez código 101849, el río Jubones ha formado un valle en forma de V, que presenta un incipiente desarrollo de terrazas modernas constituidas de cantos rodados, arena, limo y arcilla, razón por la cual las actividades mineras extractivas en la concesión minera Sánchez se realizan en el cauce del río

Jubones que por su considerable amplitud del cauce presenta condiciones favorables para extraer los materiales aluviales de lecho de río donde se encuentran los cantos rodados y la arena que tienen aplicación en la industria de la construcción.

### **GEOMORFOLOGÍA**

La superficie de la concesión minera se localiza en una llanura aluvial. Superficialmente se encuentra cubierta por conglomerados transportados por el río Jubones, cuya acumulación forma depósitos sobre el cauce del río y sobre las terrazas.

La unidad geomorfológica que forma el río Jubones comprende el valle formado por este y algunos afluentes que provienen de la parte alta de la cuenca durante todo el año. El río Jubones discurre encajonado hasta su salida a la planicie; de la información recabada, los aportes de agua se producen en los meses de invierno, con algunos aportes extraordinarios cada 2 o 3 años. Los materiales de arrastre corresponden a arenas, gravas y materiales gruesos que permiten la circulación y almacenamiento de grandes volúmenes.

### **HIDROLOGÍA**

El sistema hidrográfico en el sector está representado por el río Jubones, que confluye luego de un extenso recorrido en el océano Pacífico a través del canal de Jambelí, el río Jubones conforma la cuenca de su mismo nombre.

La cuenca cubre las partes altas y bajas de las provincias del Azuay, Loja y El Oro, lo que ha tenido muchas incidencias en la velocidad del agua y arrastre de sedimentos producto de la erosión de los suelos en las partes altas; en el tramo que va desde el sector donde se ubica el área minera hacia la desembocadura la pendiente longitudinal del río Jubones, el caudal disminuye notablemente permitiendo la sedimentación de material pétreo en el sector de la concesión minera Sánchez, la pendiente del río es mucho mayor lo que ha ocasionado desbordamiento a inundaciones en épocas de fuertes inviernos.

En el anexo 1, Hoja 2/5 se muestra el plano de Geología de la concesión minera Sánchez.

### **3.4 Batimetría**

Se entiende por batimetría el levantamiento del relieve de superficies sub-acuáticas, se incluyen levantamientos en el fondo marino, cursos de agua, embalses, entre otros. El

levantamiento de los fondos se realiza como mismo se hace en un terreno seco (Farjas, 1999).

Para la presente investigación se ha realizado el levantamiento batimétrico del área del río Jubones donde se realizará la actividad extractiva de material pétreo. Para realizar este estudio batimétrico se usó uno de los métodos clásicos y menos complejos.

El levantamiento batimétrico se realizó en temporada de sequía con la finalidad de no tener problemas con posibles crecientes usando herramientas comunes tales como una regleta con la que se mide el nivel del espejo de agua en diferentes puntos a lo largo y ancho del río.

Aunque para realizar levantamientos de tipo batimétricos son necesarios mayores recursos y es evidente el alto nivel de complejidad, la medición es posible en función de soluciones integrales en proyectos como el presente, que pretende explotar materiales pétreos en el río Jubones de la concesión minera Sánchez.

Para realizar el diseño de explotación es indispensable conocer el relieve del río, para ello se ha realizado la medición a lo largo del río en diferentes puntos. La longitud del río que comprende la zona de la concesión minera es de 900 metros y se hicieron mediciones a cada 100 metros. Dando como resultado las siguientes mediciones:

Tabla 3. 1. Medidas de profundidad a lo largo del río Jubones

Distancia(m)	Profundidad (m)
100	1,5
200	1,8
300	1,6
400	1,28
500	1,6
600	1,72
700	1,44
800	1,33
900	1,22
<b>PROMEDIO</b>	<b>1,50</b>

Este estudio aportó información en función de describir la superficie subacuática, y contribuir a la toma de decisiones que favorezcan a la viabilidad del diseño propuesto.

En el anexo 1, Hoja 3/5 y 4/5 se muestra el plano de Colocación de la sección para la batimetría del río Jubones.

### **3.5 Caudal del río Jubones**

La cuenca del río Jubones, está ubicada en la vertiente accidental de la Cordillera de los Andes y con una orientación Este – Oeste, abarca un área de 4.362 km<sup>2</sup> y a tres provincias que son: Azuay con los cantones Nabón, Yaritzagua, Girón, San Fernando, Santa Isabel y Ponce Enríquez; Loja como los territorios de Santiago, Saraguro. Selva Alegre y Manú; y, El Oro con los cantones Zaruma, Chilla, Pasaje, El Guabo y Machala.

De acuerdo la distribución de los sistemas hidrográficos del Ecuador, la cuenca del río Jubones es la sexta cuenca más grande de la vertiente Occidental, se divide en 9 subcuencas y una parte de drenajes menores (llamado Sistema Jubones), los ríos que la conforman son: León, Rircay, San Francisco, Uchucay, Chillayacu, Vivar, Ganacay, Cosacay, Río Minas y Sistema Jubones. Se localizan en los cantones: Santa Isabel, Saraguro, Pucará, Zaruma, Chilla, Pasaje, El Guabo y Machala.

El río Jubones posee un caudal medio de 69.53 m<sup>3</sup>/s y su caudal estiaje de 26 m<sup>3</sup>/s (Alcaldía Santa Isabel, 2015).

### **3.6 Precipitaciones**

El fenómeno de precipitación se da por la condensación del vapor de agua en la atmósfera, alcanzando tal peso, que no puede seguir flotando como las nubes y se precipita a la tierra en forma de lluvia. Esta se expresa en milímetros de agua que caen en una unidad de superficie y está relacionada con la temperatura, los vientos y la cobertura vegetal existente.

Para ilustrar de una mejor manera las características meteorológicas del área de estudio, se realizó un análisis de la información obtenida en el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) en la estación Santa Isabel, durante 10 años.



Tabla 3. 2. Precipitación mensual de la Estación Santa Isabel

Promedio de precipitación mensual estación Santa Isabel 2003-2013		
Mes	Precipitación	Promedio de días con precipitación
Enero	61	7
Febrero	68	9
Marzo	94	11
Abril	77	10
Mayo	43	4
Junio	14	3
Julio	6	1
Agosto	8	2
Septiembre	16	5
Octubre	18	6
Noviembre	18	9
Diciembre	41	9
TOTAL	464	76

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI)

La lluvia de la región no es homogénea, presentando los meses de junio hasta agosto baja precipitación, la misma que aumenta para los meses de enero a abril, y para el resto de meses la precipitación es moderada. (INAMHI)

### 3.7 Temperatura (°C)

El calentamiento de la atmósfera es el resultado de la acción de la radiación solar sobre la superficie terrestre y sobre la propia atmósfera. La temperatura es el elemento climático que indica el grado de calor o frío sensible en la atmósfera, teniendo como fuente generadora de dicho calor el sol.

La información de la temperatura fue obtenida de la estación Santa Isabel 2003-2013 del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.

Tabla 3.3. Promedio de temperatura media mensual de la Estación Santa Isabel

Promedio de temperatura mensual estación Santa Isabel 2003-2013												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep	Oct	Nov	Dic
Media	19	19	19	19	20	20	20	20	20	20	19	19
Mínima	17	17	18	18	18	18	19	19	19	18	19	19
Máxima	20	21	21	21	21	22	21	22	21	20	20	21

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI)

El rango de temperatura en la zona donde se ubica el área minera, se presenta entre 20 - 22 °C. Los valores de temperatura media mensual, tienen poca variabilidad y permanecen casi constantes la mayor parte del año.

### 3.8 Diagrama de precipitación y temperatura

De acuerdo a los datos obtenidos en la estación meteorología e hidrología de Santa Isabel.

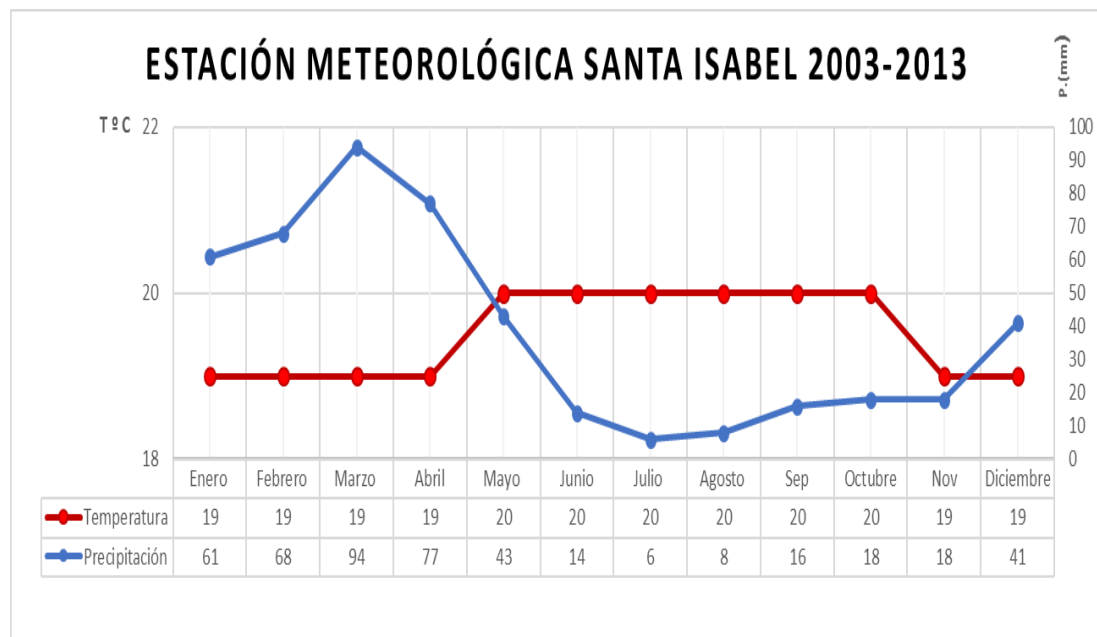


Figura 3.1. Precipitación media mensual de la Estación Santa Isabel

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI)

Para la determinación de la carga de sedimentos media 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 de invierno la carga anual de sedimentos será aquella con permanencia del 25%, para un

año de caudales medios será la carga con permeancia del 50% y para un año seco será la carga con permanencia del 75% (Ramírez, Bocanegra, Santacruz, Quinteros, & Sandoval, 2009).

Por ello, es de gran importancia conocer las condiciones climáticas e hidrológicas de la zona donde se encuentra la concesión minera Sánchez estos datos nos ayudaran para conocer la capacidad de carga de sedimentos del río y tener en cuenta en que meses tendremos mayor productividad en la explotación de materiales pétreos.

Con los datos de precipitación media mensual que obtuvimos mediante la estación meteorológica e hidrológica de Santa Isabel, sabemos que en los meses de junio hasta agosto tendremos una alta producción ya que esta temporada se presenta baja precipitación y en los meses de enero a abril la precipitación aumentara de tal manera las actividades de extracción se verán afectadas.

### **3.9 Diseños de explotación**

El proyecto consiste en el diseño de explotación de material de arrastre del río Jubones, que se pretende implementar en la concesión minera en un área 900 metros cuadrados, donde se realizarán labores de desarrollo, preparación, explotación y cargue del mineral, la explotación del material se realizara mediante excavaciones bajo el nivel del espejo de agua del río, estas excavaciones se conocen con el nombre de noques, especialmente en la zona del Azuay por los concesionarios mineros y técnicos de la localidad por ello al tratarse de un término que no es conocido comúnmente en la bibliografía de minería se tiene escasas fuentes bibliográficas como también en base a la investigación se observó que para el desarrollo de diferentes proyectos mediante el uso de los noques su implementación se realizó mediante las características específicas de cada características como la geología, caudal del río, batimetría, tipo de maquinaria con la que cuenta cada uno de los proyectos. Es decir, no existe una base teórica específica sobre el dimensionamiento de un noque esto dependerá de la experiencia en el campo del técnico minero y de las características de la zona.

Los noques en un proyecto de explotación de materiales de arrastre funcionan como piscinas o tramas de retención de los sedimentos del río, se construyen perpendicularmente con la línea de dirección del cauce del río y en época de invierno se llenan de rocas y sedimentos que arrastran las crecientes y su dimensionamiento

este sujeto a las normas técnicas que dependerán de la zona donde se implementara los noques y aspectos ambientales.

El diseño de explotación mediante noques tiene sus ventajas y desventajas.

#### **Ventajas:**

- Bajos costos de explotación
- Capacidad de regenerarse de manera natural en época de lluvia
- Facilidad para realizar el transporte del material pétreo
- No se construye obras civiles o superficies de almacenamiento permanente que requieran desmonte
- Menor número de mano de obra

#### **Desventajas:**

- Erosión de orillas
- Descenso del nivel freático
- Menor velocidad del flujo

Toda excavación en el lecho de un cauce constituye una modificación de la geometría del cauce (profundidad, pendiente, ancho) y una interrupción de la continuidad del transporte de sedimentos en el río, ante las cuales se produce una respuesta del sistema fluvial hacia un nuevo estado de equilibrio por medio de dos procesos erosivos importantes:

- En el extremo aguas arriba de la excavación el incremento abrupto de la pendiente del cauce, debido a la zanja excavada, incrementa la velocidad y la capacidad erosiva del flujo, produciendo la erosión de este extremo y el desplazamiento hacia aguas arriba de dicho punto. Este fenómeno se conoce como erosión remontante y puede afectar varios kilómetros del cauce. Ver Figura 11(a, b).
- La profundización del lecho por la excavación amplía la sección del flujo y reduce la velocidad y la capacidad de transporte de sedimentos, de tal manera que parte de la carga de sedimentos se deposita al interior del pozo excavado. Aguas debajo de la excavación la corriente recupera sus características hidráulicas y, por ende, su capacidad de transporte, pero su transporte real se reduce. Para compensar, el flujo erosiona progresivamente el lecho y las orillas hasta alcanzar nuevamente su capacidad de transporte. Es decir, aguas debajo

de la explotación se genera una erosión progresiva debido al "agua hambrienta" (agua o flujo con una capacidad de transporte superior al transporte real). Ver Figura 11 (c).

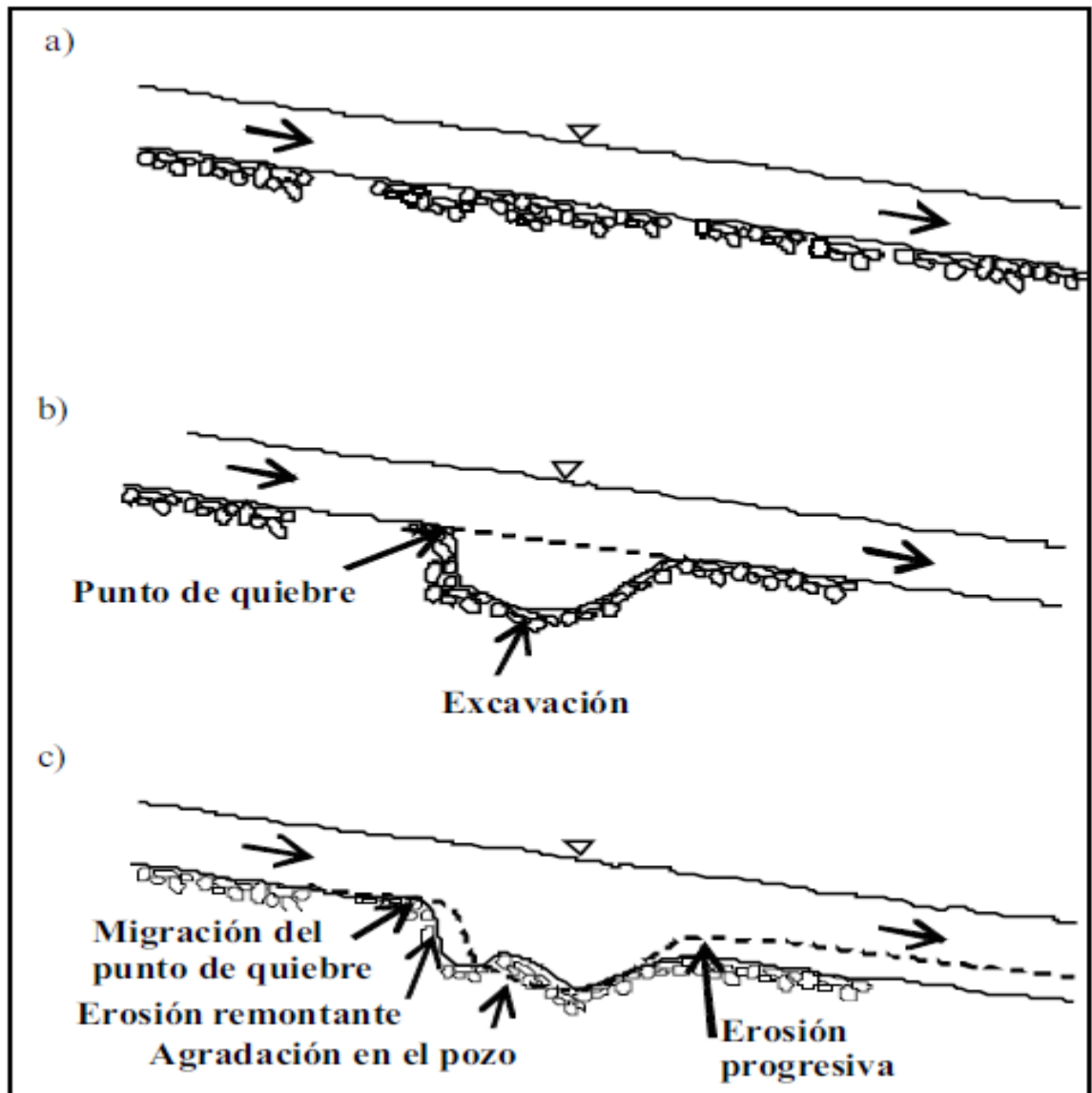


Figura 3.2. Fenómeno de erosión remontante y progresiva por extracción de materiales de arrastre en los ríos

Fuente: (Ramírez, Bocanegra, Santacruz, Quinteros, & Sandoval, 2009)

### 3.9.1 Estados de reservas

Los materiales de construcción obtenidos en el lecho del río Jubones en la superficie de la concesión minera Sánchez, no son considerados dentro de una categoría de concesión minera, debido a que fundamentalmente una mina tiene reservas

cuantificadas, es decir que tienen un tiempo de vida útil, tras el cual se agotan las reservas y se termina la extracción de las mismas, mientras que en el caso de los materiales de construcción de un lecho del río, si bien sus reservas no son del todo inagotables, las condiciones de formación de las mismas, es decir el arrastre de materiales seguirá ocurriendo siempre que exista períodos de escorrentía en las zonas cercanas aguas arriba.

Las reservas de un depósito metálico o no metálico, se calculan en base a reconocimientos geológicos y al desarrollo de labores exploratorias propias para alcanzar ese objetivo, e incluso cuando se trata de material pétreo in situ.

Esta posibilidad no se presenta cuando se trata de áreas mineras de explotación de material pétreo en lecho de ríos, debido a que este es continuamente depositado en el cauce, por los sedimentos que arrastra, según las condiciones que se presenten en la zona.

Teniendo en cuenta los conceptos anteriores, no será posible cuantificar las reservas de la Concesión Minera Sánchez, al tratarse de una explotación de materiales pétreos en el lecho del río Jubones.

### **3.10 Construcción de los noques**

Los noques son los lugares en donde se llevará a cabo la explotación de materiales pétreos, son los lugares donde se depositará el material arrastrado por el río Jubones, los mismo que serán diseñados según ciertas características propias de la zona y la maquinaria que posee el concesionario minero.

Por ejemplo, para su dimensionamiento se tomará en cuenta el alcance del brazo de la cuchara de la excavadora también se tendrá presente otros factores de seguridad y aspectos ambientales durante su implementación.

El diseño de los noques es la parte más importante, de esto dependerá la eficiencia de la explotación. En nuestro proyecto los noques serán construidos a lo largo del río de manera paralela al lecho del río pudiéndose decir que los mismos serán colocados longitudinalmente y no transversales al río, teniendo esta dirección los noques lograrán la retención del material que trae consigo el agua y se sedimentaran en dichos noques.

### 3.10.1 Profundidad del espejo de agua

En el levantamiento batimétrico se obtuvo la profundidad del espejo de agua del río en el tramo que corresponde a la concesión minera Sánchez.

Presentándose un nivel de profundidad irregular en cada uno de los puntos medidos sin embargo la diferencia de profundidad no es altamente diferente existiendo una variación de altura mínima hablándose de la zona donde se va a construir los noques.

Tabla 3.4. Profundidad promedio del espejo de agua

Profundidad	Metros
Promedio a lo largo del río	1,5
Promedio a lo ancho del río	1,6

Fuente: Levantamiento batimétrico

De acuerdo a esta información es esencial para nuestro proyecto de explotación en el dimensionamiento de los noques que se construirán.

### 3.10.2 Ancho del noque

Este es un componente esencial para la implementación del diseño de explotación, el ancho del noque se obtendrá mediante el siguiente cálculo:

$$AD = AE + (2 * \text{FACTOR DE SEGURIDAD})$$

De donde:

AD= ancho del noque

AE= ancho de excavadora

FACTOR SEGURIDAD= Ancho de la excavadora

La concesión minera Sánchez dentro de su maquinaria para las operaciones de explotación cuenta con los siguientes equipos:

Tabla 3.5. Maquinaria utilizada en la concesión minera Sánchez

MAQUINARIA	MARCA	MODELO	AÑO	COMBUSTIBLE	ESTADO
Excavadora	CATERPILLAR	320D	1998	DIESEL	Regular
Excavadora	CATERPILLAR	329D	1975	DIESEL	Regular

Fuente: Inventario de la concesión

Tabla 3.6. Dimensiones de la maquinaria

Maquinaria	Marca	Modelo	Largo	Ancho	Alto
Excavadora	CATERPILLAR	320D	8,96 m	2,98 m	3,12 m
Excavadora	CATERPILLAR	329D	10,43 m	3,39 m	3,63 m

Fuente: CSMD 2016

**Cálculo ancho del noque:**

Para realizar este cálculo usamos las características de la excavadora 329D la misma que tiene las medidas más grandes y tenemos:

$$AD = AE + (2 * \text{FACTOR DE SEGURIDAD})$$

$$AD = 3.39 + (2 * 3.39) = 10.17 \text{ m.}$$

Usando el factor seguridad para la construcción de los noques en nuestro proyecto obtenemos que los noques deben construirse con un ancho de 10.17 metros.

Pero en el diseño de nuestro proyecto los noques se construirán con un ancho de 15 metros, porque como lo hemos indicado anteriormente la ubicación de los noques será de manera paralela al flujo. Esta medida de 15 metros para el ancho río no presentará inconveniente ya que el ancho del río Jubones en donde se realizará las actividades de explotación es ampliamente ancho y así se implemente el ancho del noque quedará un espacio considerable en el margen del frente para que el caudal del agua siga corriendo con normalidad y no se presentes afecciones a los márgenes del río.

Tabla 3.7. Ancho del río

Ancho del río	
Zona Alta	145,21
Zona Baja	129,04

Fuente: Levantamiento topográfico

El ancho del río se pudo conocer mediante el estudio batimétrico y el levantamiento planimétrico por medio de perfiles transversales.

En el anexo 1 hoja 4/5 se puede observar las dimensiones del ancho del río Jubones en la parte que corresponde a la concesión minera Sánchez.



### 3.10.3 Longitud del noque

La longitud de los noques en la propuesta es un componente importante para el diseño. La longitud del río donde se construirán los noques es de aproximadamente 900 metros, al ser una longitud grande se tratará de aprovechar al máximo y según la maquinaria que posee la concesión minera se ha visto conveniente que la longitud de los noques sea de 100 metros.

Teniendo un largo de 100 metros se aprovecharán los 900 metros que tiene la concesión minera. Los noques serán construidos de forma paralelo al lecho del río, esto quiere decir, que no se ubicarán los noques transversalmente y evitar que la maquinaria se encuentre trabajando por mayor tiempo logrando disminuir su uso y combustible que se refleja por ende en costos operacionales para la mina.

En el inicio de las actividades, se construirá una vía por el lado izquierdo aguas abajo del río, con doble finalidad:

- a) para que por ella circule la maquinaria y sirva de conexión con la vía principal de acceso; y,
- b) funcione como muro de protección de la ribera del río.

### 3.10.4 Vías de acceso

A estas vías de acceso se considera como la distancia entre los noques su dimensión se ha determinado de acuerdo a las características de los equipos que realizan las operaciones de explotación, carga y transporte.

Tabla 3.8. Dimensiones de la maquinaria

MAQUINARIA	MODELO	ANCHO (m)
Excavadora	320D	2,98
Excavadora	329D	3,39
Vol. Mercedes Benz	2632	2,487
Vol. Mercedes Benz	2632	2,487

Fuente: Concesión Minera Sánchez

De acuerdo a las dimensiones de la tabla anterior, la vía de acceso en nuestro proyecto será de 5 metros; por donde transitarán la maquinaria que realice las operaciones de carga y transporte.

En el diseño de explotación se diseñarán los noques dependiendo del ancho del río, se ubicarán formando filas de tres noques en la parte donde el río es más ancho y en fila de dos noques en la parte donde el río es más delgado. Con la finalidad de dejar un espacio considerable para que el cauce del río no cambie, no exista posibles inundaciones y se afecte a la ribera opuesta, esto evitará daños ambientales como también conflictos con los vecinos del frente

Las excavaciones se realizarán dentro del lecho del río, la extracción del material será todo lo que esta sedimentado hasta el nivel del agua, se procederá a realizar la excavación con un tamaño de noque de 15 metros de ancho y 100 metros de largo y con una profundidad de 3 metros del nivel de espejo de agua. Se debe explotar desde aguas abajo hacia aguas arriba.

No se extraerá bajo el sello natural del cauce, de forma que se mantenga la rugosidad natural del cauce.

### 3.10.5 Volumen factible de explotación

Para la ejecución del proyecto se considera 20 noques de explotación, se extiende por una longitud aproximada de 900 m que permitirá extraer 90000 m<sup>3</sup> de material depositado, estos son rellenados cada vez que existen crecientes de los ríos que aportan al río principal el Jubones.

Tabla 3.9. Cubicación del volumen factible de explotación en la mina Sánchez

NOQUES	Volumen (m <sup>3</sup> )
1	4500
2	4500
3	4500
4	4500
5	4500
6	4500
7	4500
8	4500
9	4500
10	4500

NOQUES	Volumen (m <sup>3</sup> )
11	4500
12	4500
13	4500
14	4500
15	4500
16	4500
17	4500
18	4500
19	4500
20	4500
Promedio	90000

Los meses con alta producción son junio, julio, agosto ya que se presentarán bajas precipitaciones y el caudal del río se encuentra bajo. Esto datos se obtuvieron mediante la estación meteorológica e hidrológica de Santa Isabel.

### 3.10.6 Depositación

La depositación de la carga de sedimentos de una corriente tiene lugar por medio del proceso de sedimentación diferencial. Esta se da en función de la carga y las características de los elementos transportados. Básicamente, primero cesan de rodar los cantos más grandes, luego los más pequeños, las gravas y las arenas gruesas y medias. Finalmente, la arena fina y los limos transportados en suspensión precipitan al lecho. En cuanto a los coloides más finos de arcilla y materia orgánica son los últimos en depositarse y sólo lo hacen bajo condiciones de aguas quietas o estancadas.

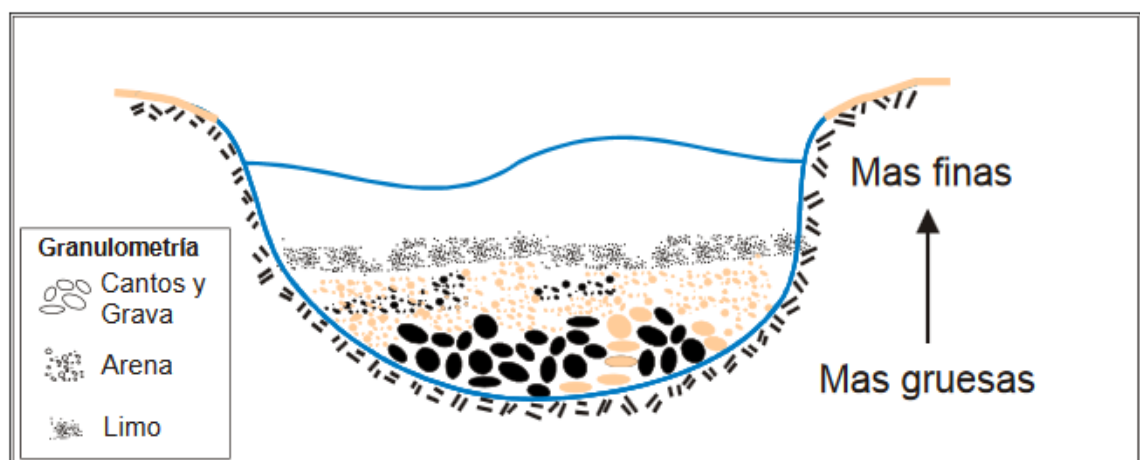


Figura 3.3. Mecanismo de la depositación  
Fuente: Modificado de Villota (1999)

Del estudio geológico se conoce que la concesión minera Sánchez se encuentra en las formaciones geológicas que comprenden la cuenca terciaria de Jubones son exclusivamente sedimentarias al pertenecer a este grupo encontramos areniscas, lutitas, limonitas, arsilolitas, lodolitas y un conglomerado basal muy compactado y segmentado.

Se puede interpretar con este dato que el material de arrastre de la zona contiene niveles de arcilla y limo. Como también por el proceso de depositación los materiales que se sedimenten en los noques contendrán arcilla y limo los mismo que deben tratar de eliminarse del material pétreo lo cual se realizará mediante el lavado previo a su venta.

### **3.11 Dimensiones de los noques para el diseño de explotación**

La dimensión que se han considerado para los noques se hizo de acuerdo a las propiedades del lugar como a la observación en el campo.

Se ha considerado el largo de 100 metros por 15 metros de ancho por 3 metros de profundidad.

La dimensión de los noques ha sido diseñada de acuerdo a la maquinaria existente en la concesión minera Sánchez código 101849.

Se fijó dejar un largo de 100 metros para evitar que la maquinaria se encuentre trabajando por mayor tiempo logrando disminuir su uso y el consumo de combustible.

Los noques tendrán un ancho de 15 metros, ya que la concesión minera Sánchez cuenta con dos excavadoras: Excavadora 320D con un alcance lateral de 9.83 metros y una Excavadora 329D de 7.69 metros, tomando en cuenta estas características, se decidió que el noque tenga un ancho de 15 metros a fin de que las excavadoras pueda extraer todo el material aluvial acumulado en cada uno.

Las profundidades de los noques serán de 3 metros para no dañar la roca madre del río como también mantener los parámetros de pendiente.

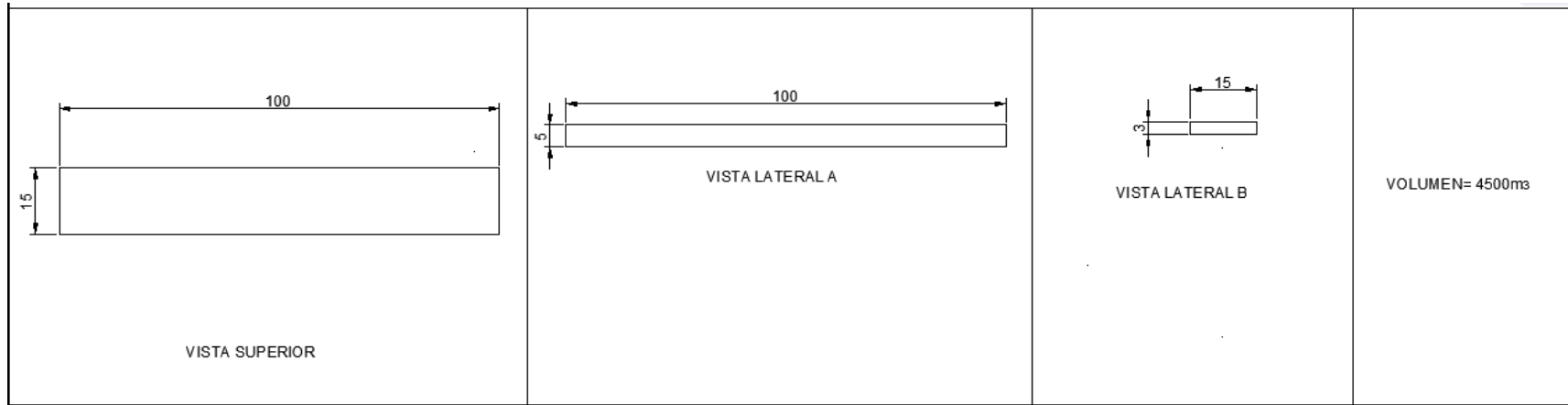


Figura 3.4. Dimensiones de los noques diseñados para la concesión minera Sánchez

### **3.12 Análisis del diseño de explotación**

Sobre la hidráulica del cauce, el proyecto permite lo siguiente:

- a) No modifica el régimen del flujo, manteniendo las condiciones originales del régimen de escurrimiento, luego no contempla la modificación de la pendiente longitudinal del río.
- b) No modifica los procesos de sedimentación del cauce, sin embargo retrasa el proceso natural de divagación del cauce o mendrearización, disminuyendo la presión erosiva sobre la ribera derecha. Tampoco afecta el régimen sedimentológico del cauce, aunque localmente sea mermada la magnitud del proceso en la zona de extracción.

### **3.13 Sistema de extracción**

El método de explotación será mediante el empleo de maquinaria convencional como excavadoras en donde se extrae el material sedimentado hasta el nivel del espejo de agua, se aplicará el diseño de explotación, para realizar la excavación de los noques se considera lo siguiente:

- Se dejará un borde perimetral de 5 m de ancho; y se mantendrá inalterable la margen del cauce del río.
- La explotación se realizará hasta una profundidad máxima de 3 m por encima del material manteniendo su rugosidad.
- Una excavadora agrupará el material que se extraerá del cauce del río Jubones.
- La misma maquina cargará el material y lo depositará en un volquete.
- Luego este volquete transportará el material desde el río hasta la criba de lavado para su clasificación.
- Todos los materiales que se encuentren en el área de explotación y que no se clasifiquen como aptos, se considerarán excedentes y deberá ser acoplado en lugares y formas adecuadas. Se recomienda que se acumule en un lugar determinado para escombreras hacia la margen derecha del río como refuerzo a la defensa ribereña existente.

En el anexo 1, Hoja 5/5 se muestra el plano de Diseño de Explotación y localización de los noques.

### 3.14 Descripción de las operaciones mineras en el proyecto

#### Excavación

La excavadora ingresará hasta las orillas del río y procederá a extraer el material pétreo deseado, según el diseño de explotación propuesto el mismo que será cargado en los volquetes de transporte interno, hasta la criba clasificadora.



Figura 3.5. Frentes de explotación

#### 3.15 Carga y Transporte

Se utilizan dos volquetas Mercedes Benz 2632 de 14 m<sup>3</sup> de capacidad para el traslado del material del frente de explotación a la criba artesanal donde es clasificado y llevado a las zonas de stock.

La excavadora, una vez extraído el material pétreo deseado cargará a los volquetes de transporte interno, a su vez estos trasladarán el material hacia la criba clasificadora utilizando el sistema de vías internas de la concesión minera.

Las etapas del proceso son: adecuación de accesos temporales hacia el frente de explotación, preparación de los noques, fosas o trampas de sedimentación, extracción y carga simultánea del material pétreo, transporte hacia la planta de cribado –lavado (obtención de arena, piedra, grava y rechazo) y comercialización.



Figura 3.6. Volquete utilizadas para la carga y transporte interno

### Clasificación y lavado

Los volquetes trasladarán el material pétreo hasta la criba (ubicada en la zona de stock), donde se realizará una clasificación mecanizada del material extraído separándolo en piedra, grava, rechazo, arena y arenas auríferas que queda producto del lavado si existiese, que se irá depositando progresivamente en montículos dentro de la zona de stock. Previo a su ingreso a la criba, el material se lava con agua facilitando su transporte y eliminando las impurezas no deseadas.

Este proceso inicia cuando los volquetes cargados vacían el material extraído en la criba clasificadora, un trabajador ubicado en la caseta al inicio de la criba artesanal para el lavado, irriga con agua el material, la misma que es obtenida del río Jubones por medio de una bomba, obteniéndose mediante el lavado diferentes productos como son:

- Material grueso (piedra), diámetro es mayor a 20 cm
- Material medio (grava), diámetro varía entre 10 a 20 cm
- Material fino y arena
- Rechazo



### Zonas de stock

Estas zonas son donde se ubica el material para su posterior lavado y clasificación.

#### 3.15.1 Equipo y maquinaria utilizado

A continuación, se realiza un detalle de las máquinas que se utilizan para todas las actividades involucradas en la extracción del material pétreo.

Tabla 3. 10. Maquinaria utilizada en la concesión minera Sánchez

<b>EQUIPO Y MAQUINARIA</b>	<b>MARCA</b>	<b>MODELO</b>	<b>AÑO</b>	<b>CAPAC</b>	<b>COMB</b>	<b>ESTADO</b>
Excavadora	CATERPILLAR	320D	1998	1.90 m <sup>3</sup>	DIESEL	Regular
Excavadora	CATERPILLAR	329D	1975	1m <sup>3</sup>	DIESEL	Regular
Volqueta	Mercedes Benz	2632	1982	14m <sup>3</sup>	DIESEL	Bueno
Volqueta	Mercedes Benz	2632	1981	14m <sup>3</sup>	DIESEL	Bueno
Volqueta	Mercedes Benz	2632	1981	14m <sup>3</sup>	DIESEL	Bueno
Trituradora					Eléctrica	Bueno
Trituradora					Eléctrica	Bueno
Zaranda	Artesanal				Gravedad	Regular
Zaranda	Artesanal				Gravedad	Regular
Bomba de agua	Nissan 180		1992	80m <sup>3</sup>	DIESEL	Bueno

#### 3.15.2 Descripción de la maquinaria para Cargas y Transporte

Se realizará la descripción de las características de los equipos usados en la carga y transporte de la concesión minera Sánchez.

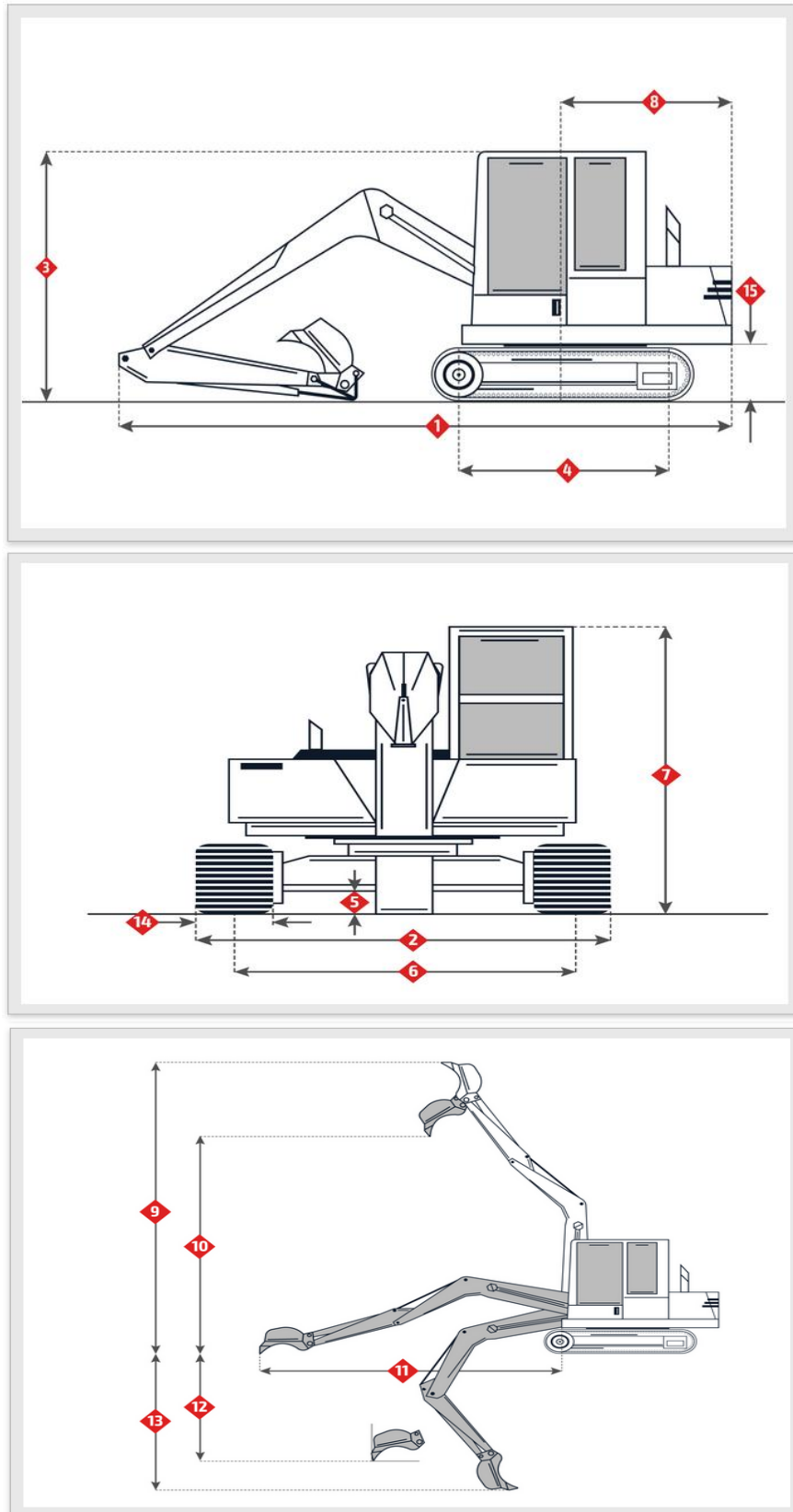


Figura 3. 7. Excavadora 320D  
Fuente: (ČSMD, 2016)

Tabla 3. 11. Ficha Técnica Excavadora 320 D

<b>Tren de rodaje</b>	
6. Ancho de vía	2380 mm
14. Tamaño de la zapata	800 mm
<b>Dimensiones</b>	
2. Ancho hasta el lado exterior de la cadena de oruga	3180 mm
4. Longitud de la cadena de la oruga a nivel del suelo	3650 mm
5. Despeje sobre el suelo	450 mm
7. Altura hasta la parte superior de la cabina	2950 mm
8. Radio de giro de la parte trasera de la plataforma	2000 mm
<b>Característica de plumas/secciones 1</b>	
3. Altura para el transporte	3030 mm
9. Altura máxima de corte	9490 mm
10. Altura máxima de carga	6490 mm
11. Alcance máximo a lo largo del nivel del suelo	9860 mm
12. Profundidad máxima de excavación de una pared vertical	6060 mm
13. Profundidad máxima de excavación	6720 mm
1. Longitud para el transporte	8790 mm
3. Altura para el transporte	3050 mm
9. Altura máxima de corte	9290 mm
10. Altura máxima de carga	6290 mm
11. Alcance máximo a lo largo del nivel del suelo	9460 mm
12. Profundidad máxima de excavación de una pared vertical	5650 mm
13. Profundidad máxima de excavación	6300 mm
1. Longitud para el transporte	8770 mm
3. Altura para el transporte	3740 mm
9. Altura máxima de corte	9940 mm
10. Altura máxima de carga	6940 mm
11. Alcance máximo a lo largo del nivel del suelo	10760mm
12. Profundidad máxima de excavación de una pared vertical	6970 mm
13. Profundidad máxima de excavación	7660 mm
1. Longitud para el transporte	8790 mm

Fuente: (CSMD, 2016)

Nota: los números reflejados en la Tabla 3.11 se corresponden con los señalados en la Figura 3.7

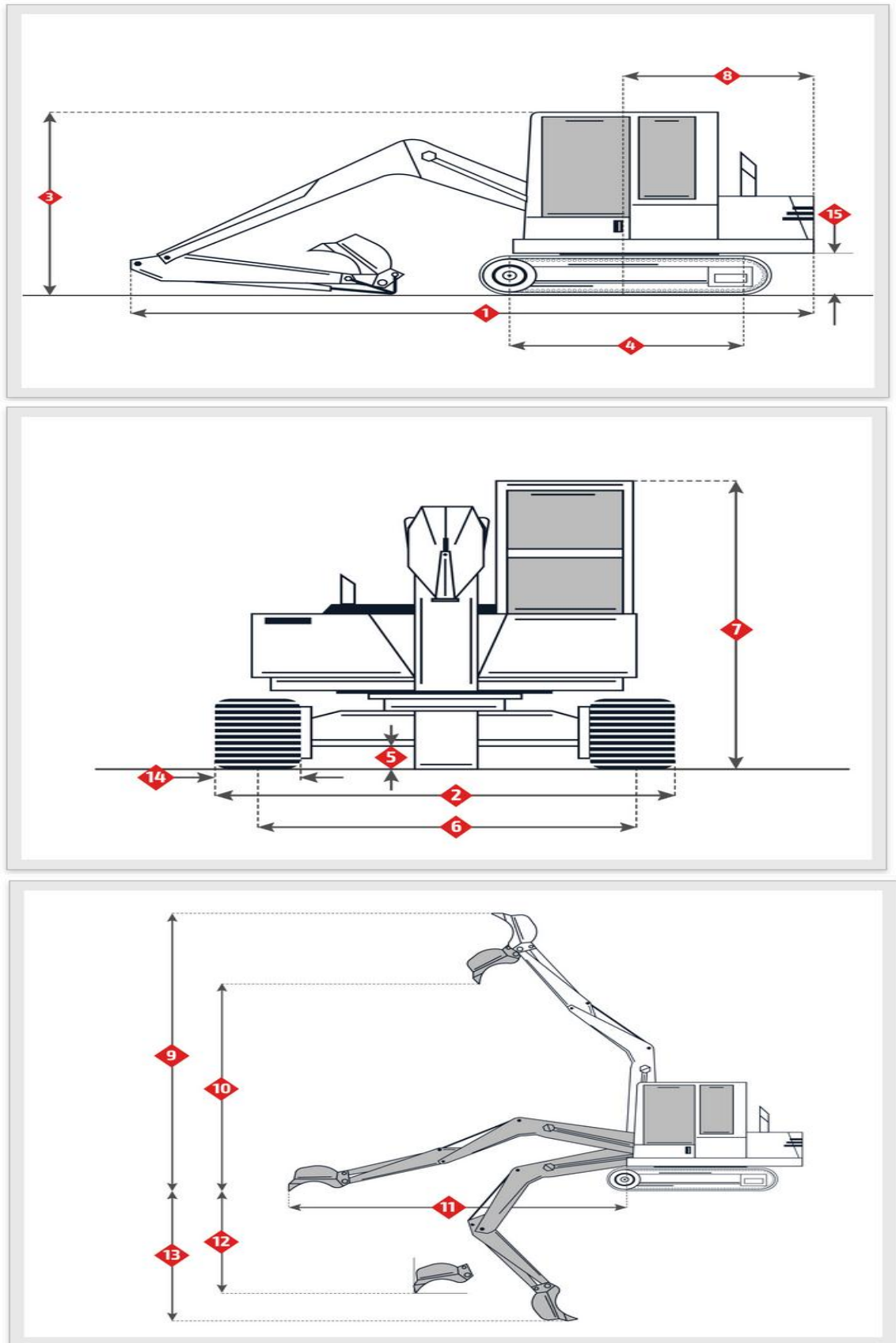


Figura 3. 8. Excavadora 329D  
Fuente: (ČSMD, 2016)

Tabla 3. 12. Ficha Técnica Excavadora 329 D

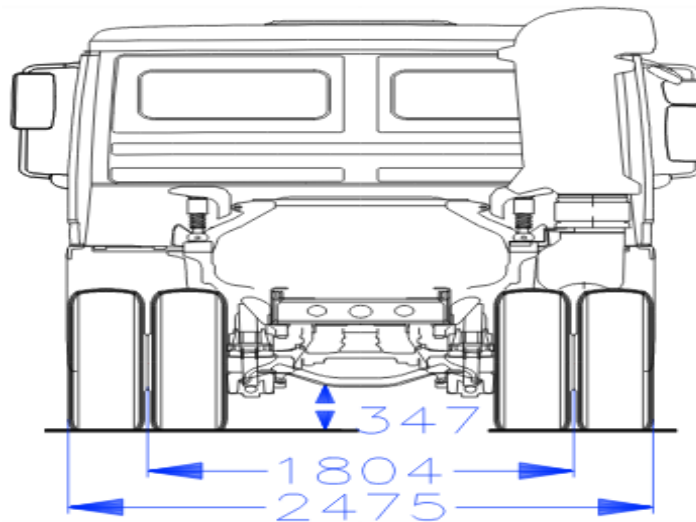
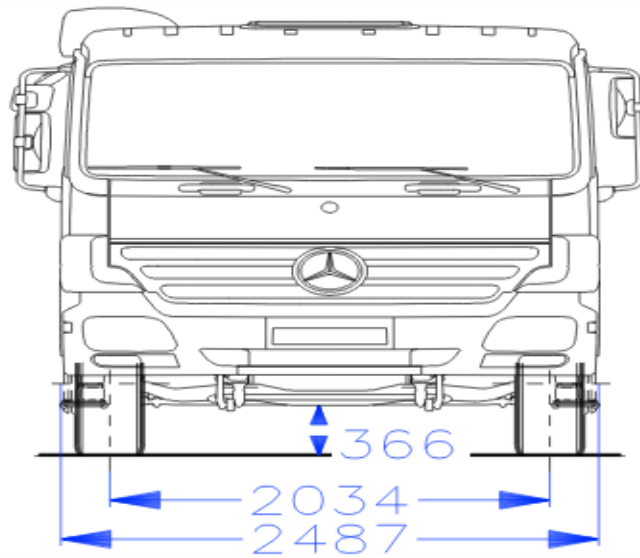
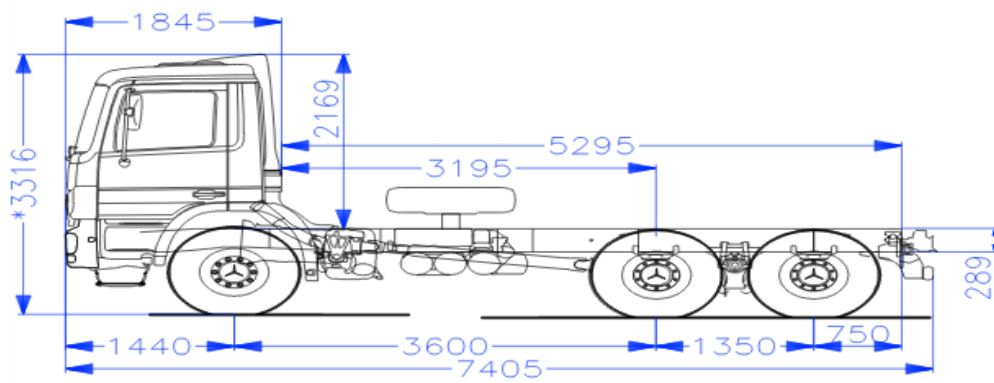
Tren de rodaje	
6. Ancho de vía	5290 mm
14. Tamaño de la zapata	800 mm
Dimensiones	
2. Ancho hasta el lado exterior de la cadena de oruga	3390 mm
4. Longitud de la cadena de la oruga a nivel del suelo	3990 mm
5. Despeje sobre el suelo	490 mm
7. Altura hasta la parte superior de la cabina	3040 mm
8. Radio de giro de la parte trasera de la plataforma	3080 mm
15. Despeje del contrapeso sobre el suelo	1110 mm
15. Despeje del contrapeso sobre el suelo	1110 mm
Característica de plumas/secciones 1	
1. Longitud para el transporte	14380 mm
3. Altura para el transporte	3230 mm
9. Altura máxima de corte	14842 mm
10. Altura máxima de carga	1483 mm
11. Alcance máximo a lo largo del nivel del suelo	18600 mm
12. Profundidad máxima de excavación de una pared vertical	13986 mm
13. Profundidad máxima de excavación	14620 mm

Fuente: (ČSMD, 2016)

Nota: los números reflejados en la Tabla 3.12 se corresponden con los señalados en la

Figura 3.8

**Volquetes Mercedes Benz 2632**



NOTA: Dimensiones en mm

Figura 3.9. Mercedes Benz 2632

Fuente: (ČSMD, 2016)

Los datos técnicos del equipo a usar para la transportación es la siguiente:

Tabla 3.13. Motor Mercedes Benz 2632

<b>Motor</b>	
■ <b>Potencia efectiva</b>	<b>238.6 kW</b>
■ <b>Momento de fuerza</b>	<b>1650 Nm</b>
■ <b>Número de cilindros</b>	<b>12</b>
■ <b>Tipo de combustible</b>	<b>diésel</b>
■ <b>Cilindrada</b>	<b>12 l.</b>
■ <b>Aspiración</b>	<b>Turboalimentación con enfriador intermedio</b>
■ <b>Fabricante</b>	<b>Mercedes-Benz</b>
■ <b>Modelo</b>	<b>OM501LA 320 CV</b>

Fuente: (Transporte. Tractor - Mercedes-Benz 2632K, 2003)

### **3.16 Rendimiento de la maquinaria usada para la carga y transporte**

El rendimiento de una maquinaria debe medirse como el costo por unidad de material movido, esto incluye tanto producción como costo. Influye en la productividad de factores tales como la relación de peso a potencia, la capacidad, el tipo de transmisión, las velocidades y los costos de operación (Vasquez, 2013).

En cuanto al uso y el rendimiento del equipo mecánico en el proyecto, estos dependen de los siguientes factores:

#### **Factores primarios**

- a) Factores humanos: Destreza y pericia de los equipos.
- b) Factores geográficos: Condiciones de trabajo y condiciones climáticas según su ubicación y altitud media.

- c) Naturaleza del terreno: Para establecer el tipo o tipos de máquinas a utilizarse de acuerdo al material que conforma el terreno, en el cual se va a trabajar (rocoso, arcilloso, pantanoso, etc.).

### Factores secundarios

- a) Proporciones del equipo: Para determinar el volumen del equipo a emplear.
- b) Metas por alcanzar: Para establecer el rendimiento aproximados y tipos de maquinaria a utilizar, de acuerdo a la misión y a los plazos.
- c) Distancia a la que los materiales deben transportarse: Para establecer el tipo y cantidad de maquinaria utilizar, teniendo en cuenta: longitud, pendiente, condiciones del camino de acarreo, superficies del área de carga.
- d) Personal: Para establecer de acuerdo a su capacidad de operación, mantenimiento, control y supervisión, el tipo de maquinaria que ofrezca mayores facilidades.
- e) Uso adecuado del equipo: Para determinar con exactitud la maquinaria a utilizar para cada trabajo.

### 3.17 Cálculo del rendimiento de la maquinaria

Con esta información se puede calcular el rendimiento de la maquinaria que está trabajando en la concesión minera.

Para calcular el rendimiento de la excavadora se utiliza la siguiente fórmula:

$$R = \frac{V_c * 3600 * Fe * Fe' * Ct}{T_c} = m^3/h$$

Donde:

V<sub>c</sub>: Es la capacidad de la cuchara

Fe: Es el factor de eficacia de la máquina, que varía entre 70 y 80%

Fe': Es la eficacia de la cuchara que depende de la clase de terreno



Tabla 3.14. Tabla de la eficacia de la cuchara de la excavadora

TIPO DE TERRENO	COEFICIENTE
FLOJO	0.90-1.00
MEDIO	0.80-0.90
DURO	0.50-0.80

Fuente: (Chiriboga, Pillasagua, & Santos)

Ct: Es el coeficiente de transformación. Los valores medios van a ser establecidos por el siguiente cuadro, según el material que va a ser transportado por la máquina, para que cubique según su perfil, sea este esponjado o compactado.

Tabla 3.15. Tabla de coeficiente de transformación

CLASE DE TERRENO	PERFIL	MATERIAL ESPONJADO	MATERIAL COMPACTADO
TIERRA	1.00	1.25	0.90
ARCILLA	1.00	1.40	0.90
ARENA	1.00	1.10	0.95

Fuente: (Chiriboga, Pillasagua, & Santos)

Tc: Es el tiempo de duración del ciclo en segundos, comprendido en la excavación y el giro hasta origen. El tiempo del ciclo, con rotación de 90 grados teóricamente dependiendo del tipo de terreno es aproximadamente:

Tabla 3. 16 Tabla del tiempo de duración del tiempo en segundos

TIPO DE TERRENO	Tc EN SEGUNDOS
FLOJO	15-20
MEDIO	20-25
DURO	25-30

Fuente: (Chiriboga, Pillasagua, & Santos)

El rendimiento de la excavadora Caterpillar 320D es de:

$$R = \frac{1 * 3600 * 0.76 * 0.80 * 1}{25}$$

$$R = 87.55 \text{ m}^3/\text{h}$$

El rendimiento de la excavadora Caterpillar 329D es de:

$$R = \frac{1.35 * 3600 * 0.76 * 0.80 * 1}{25}$$

$$R = 118.19 \text{ m}^3/\text{h}$$

Para calcular el rendimiento de las volquetas se utiliza la fórmula:

$$R = \frac{Vc * 60 * Fe}{Tc}$$

Donde:

Vc: Es la capacidad de la caja en metros cúbicos.

Fe: Es la capacidad de eficacia de la máquina y está en función de la experiencia del conductor y esto del terreno. El Fe está entre el 70 y 80%

Tc: Es el tiempo en minutos del ciclo corresponde a la suma del tiempo fijo (carga, descarga y maniobra) (Chiriboga, Pillasagua, & Santos)

El rendimiento del volquete Mercedes Benz 2632 sería:

$$R = \frac{14 * 60 * 0.75}{12}$$

$$R = 52.5 \text{ m}^3/\text{h}$$

### 3.17 Capacidad de 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.

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

$$PE = PME - ADR - AP$$

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 la capacidad de excavación de la excavadora 320D:

$$PME = 6.65 \text{ m} \quad ADR = 1.5 \text{ m} \quad AP = 1 \text{ m, entonces:}$$

$$PE = PME - ADR - AP$$

$$P. E. = 6.65 - 1.5 - 1$$

$$P. E. = 4.15$$

Capacidad de excavación de la excavadora 329D:

$$PME = 6,59 \text{ m} \quad ADR = 1,5 \text{ m} \quad AP = 1 \text{ m, entonces:}$$

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

$$P. E. = 6,59 - 1,5 - 1$$

$$P. E. = 4,09 \text{ m}$$

### 3.18 Análisis de consumo de combustible

Tabla 3.17. Consumo de combustible por cada maquinaria

Cantidad de maquinaria	Descripción de Maquinaria	Consumo combustible por hora (Galones)	Consumo combustible por 8 hora (Galones)	Consumo Total de combustible por 24 h/día
1	Excavadora 320D	4.5	36	36
1	Excavadora 329D	3.70	29.60	29.60
3	Volquete Mercedes Benz 2632	3	24	72

Fuente: (Maquinarias Pesadas, 2015)

### Precio de diésel

El diésel es comercializado aproximadamente en 1.62 dólar por galón a nivel internacional.

Tabla 3.18. Costos de consumo de combustible mensual

Descripción de Maquinaria	Total, costo de Operación por día (Dólares)	Total, Costo de Combustible por jornada (22 días) (Dólares)
Excavadora 320D	58.32	1283.04
Excavadora 329D	47.95	1054.94
Volquete Mercedes Benz 2632	116.64	2566.08
	<b>Total</b>	<b>4904.06</b>

### Sueldos de empleados

Tabla 3.19. Sueldos de los empleados de la concesión minera Sánchez

Empleados	Sueldo
Operador	623.85
Operador	623.85
Chofer	500.00
Chofer	500.00
Chofer	500.00
Chofer	500.00
<b>TOTAL, SUELDOS</b>	<b>3247.70</b>

Fuente: Concesión Minera Sánchez

Tabla 3.20. Gastos mensuales

Total, de costos de combustible mensual(Dólares)	Total, Sueldos Mensual	Costos mantenimiento Mensual
4904.06	3247.70	12000.00
<b>Total</b>		<b>20151.76</b>

Fuente: Concesión Minera Sánchez

A partir del cálculo del rendimiento del volquete, se puede determinar la capacidad diaria de explotación.

Tabla 3. 21. Cálculos de producción por día

Maquinaria	Producción por hora m <sup>3</sup>	Producción por día m <sup>3</sup>
3	52,5	420
Total, producción por día total maquinaria		1260

Fuente: Concesión Minera Sánchez

Durante el mes se obtendrían 27720 m<sup>3</sup> de materiales pétreos.

Tabla 3.22. Costo de producción del material explotado.

Total, Gasto (\$)	Total, de material Explotado Mensual (m <sup>3</sup> )	Costo m <sup>3</sup> del material
20151.76	27720	0.72

Fuente: Concesión Minera Sánchez

El costo por m<sup>3</sup> de material explotado se obtiene por debajo de un dólar lo que hace factible la propuesta.

### 3.19 Análisis de resultados

La excavación se realizará dentro de las dimensiones del noque (15 metros de ancho, 100 metros de largo y 3 metros de profundidad). Se considera 20 noques de explotación, se extiende por una longitud aproximada de 900 m, que permitirá extraer 90000m<sup>3</sup> de material depositado.

Se determinó la ubicación de cada uno de los noques, tomando en cuenta la conservación de la ribera opuesta (margen izquierda) al sitio de operaciones y procesamientos de materiales pétreos de la mina, razón por la cual, en los lugares donde el río es más ancho se colocó 3 noques y en las partes más angostas 2 noques dejando un espacio considerable de más o menos 50 metros para que el caudal de agua del río que no ingresa a los noques circule por esa margen sin erosionar.

Se ha considerado dejar un espacio de 5 metros entre noque y noque para la circulación de la maquinaria encargada de la carga y transporte del material pétreo de lecho de río.

Con el diseño de explotación actual se considerará explotar un aproximado de 27.720 m<sup>3</sup> de material, esta cantidad a ser explotado será posible realizar con la maquinaria existente y con el reciente diseño de explotación.

Los costos de explotación por m<sup>3</sup> de material es menor a 1 dólar, lo que es beneficioso para la Concesión Minera Sánchez.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

Con la elaboración de este proyecto se busca, en la parte baja de la cuenca del río Jubones, realizar la extracción de arena y piedra (mezcla de piedra cribada y arena).

Los noques serán ubicados de acuerdo al ancho del río, entre 3 y 2, de forma tal que permitan la circulación del caudal del río sin causar erosiones y hacia el margen izquierdo opuesto al sitio de operaciones de la mina.

El área de estudio se encuentra en una zona de depósitos aluviales no consolidados del Río Jubones, clasificándose como depósitos recientes formados durante el Holoceno, a finales del Cuaternario. Toda la zona de la ribera derecha corresponde a material no consolidado susceptibles de erosionarse con crecidas de mucha ocurrencia, situación que desde el punto de vista de estabilidad a largo plazo, se considera una ribera semi-estable, en consecuencia a largo plazo el río Jubones debería tender a divagar a medida que el curso principal se genere el proceso de agrandación del lecho por la depositación de material fluvial en el largo plazo.

En la zona de estudio el cauce presenta erosión hacia la ribera izquierda y depositación en la ribera derecha, de donde se extraerá material árido, ampliando así la sección transversal del lecho. En la zona de estudio, el cauce presenta erosión hacia la ribera izquierda, por lo que se hace necesario explotar una franja del depósito en la ribera opuesta, de forma de disminuir el proceso erosivo. Cabe mencionar que no se observa acorazamiento del material en los bancos de depositación.

Lo anterior, nos lleva a concluir desde el punto de vista geomorfológico, que las zonas propuestas son adecuadas para la extracción de material, el análisis hidráulico y sedimentológico, esta clasificación se mantendrá hasta que no se modifique el trazado del cauce aguas arriba de la zona de estudio, o las condiciones del flujo aguas debajo de la zona de extracción.

## **Recomendaciones**

La explotación del material pétreo debe realizarse durante los períodos de bajo caudal.

La acumulación temporal de material, deberá realizarse referentemente en el perímetro de la zona de explotación, a fin que estos montículos sirvan de guía para el tránsito fluvial, y de esta manera evitar accidentes.

Se debe evitar la afectación de las márgenes del río, a fin de no generar zonas susceptibles a la erosión de ribera.

Se debe evitar la sobreexplotación localizada, a fin de no formar fuertes depresiones, que puedan causar la alteración dinámica fluvial del río y por consiguiente la generación de procesos erosivos.

A fin de no afectar la calidad del aire, se recomienda: Verificar que los equipos y/o maquinarias se encuentren en buen estado y realizar el mantenimiento preventivo periódico de estos equipos.

Terminada la actividad de explotación de materiales de cantera se debe realizar la limpieza general de la zona afectada, nivelación de todo material sobrante (los mismos que deberán ser dispuestos preferentemente en las zonas con presencia de depresiones) y retiró de las marcas y/o señalizaciones de la zona de trabajo.



## BIBLIOGRAFÍA

- Alcaldía Santa Isabel. (2015). Ilustre Municipalidad de Santa Isabel. Recuperado el 23 de 06 de 2016, de <http://www.santaisabel.gob.ec/index.php/nosotros/ubicacion-greografica>
- Asamblea Nacional. (10 de octubre de 2008). Constitución del Ecuador. Quito, Pichincha, Ecuador: Registro Oficial # 449.
- Asamblea Nacional. (2012). Reglamento especial para explotación de materiales áridos y pétreos. Quito: Registro Oficial Suplemento 784. Obtenido de <http://www.mineria.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/08/Reglamento-Aridos-y-Petres1.pdf>
- Asogravas. (2013). Asogravas. Obtenido de <http://www.asogravas.org/Inicio/Agregados.aspx>
- Barragan, J. (Noviembre de 2007). Explotación a cielo abierto de materiales de construcción. Pintag.
- Blanco, A. V. (1992). Principio y Sistema del Derecho Minero. Santiago de Chile: Editorial Jurídica de Chile.
- Blazques, L. B. (s.f.). Obtenido de [http://sirio.ua.es/proyectos/manual\\_%20carreteras/02020201.pdf](http://sirio.ua.es/proyectos/manual_%20carreteras/02020201.pdf)
- Blazquez, L. B. (2013). Áridos y sus usos constructivos. España: C.E.C.
- Canteras y Hormigones El Alto. (2014). Recuperado el 2016, de <http://canterasyhormigoneselalto.com/productos.php>
- Carlos A. Ramírez, R. A. (2009). Metodología para estimar los volúmenes máximos.
- Carracedo, M. S. (2013). Estudio de patologías, técnicas de diagnosis. España: Universidad de La Coruña.
- Castells, X. (2012). Los residuos mineros: Reciclaje de residuos industriales. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.

- Chamorro, C., Heredia, E., & Pazmiño, D. (octubre de 2005). Análisis de contexto para la gestión integrada del agua en Ecuador. Recuperado el 2016, de [http://www.protosh2o.org/sites/default/files/2005-rapport\\_gire\\_ecuador.pdf](http://www.protosh2o.org/sites/default/files/2005-rapport_gire_ecuador.pdf)
- Chaparro, M. C. (octubre de 2004). Recursos naturales e infraestructura. Obtenido de Industria minera de los materiales de construcción en América del Sur.
- Chiriboga, M., Pillasagua, J., & Santos, E. (s.f.). Rendimiento de equipo pesado para la explotación de una cantera a cielo abierto. Guayaquil.
- Córdova, H. (2002). Naturaleza y sociedad: una introducción a la geografía. Lima: Fondo Editorial PUCP.
- Crespo, S. (2010). Materiales de construcción para edificación y obra civil. Alicante: Editorial Club Universitario.
- ČSMD. (2016). Mercedes-Benz 2632 – Serbia and Montenegro. Obtenido de <http://mercedes-benz.csmd.cz/auto/mercedes-benz-2632/77169.mercedes-benz-2632-2009.html>
- Delgado, D. F. (2014). Materiales de construcción: pétreos, aglomerantes y compuestos. Holanda: UNESCO.
- Departamento de desarrollo Sostenible. (s.f.). Transporte de sedimentos . Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/t0848s/t0848s07.htm>
- División de Normas del INN. (1979). Norma Chilena Oficial. Áridos para morteros y hormigones. Requisitos generales. Recuperado el 12 de 06 de 2016, de <http://www.apingenieria.cl/PDF/NCh163.pdf>
- Ecuador, N. (24 de Marzo de 2014). Ecuador ama la Vida. Obtenido de Gobierno del Oro: <http://gobnacioneloro.gob.ec/preocupacion-por-explotacion-de-material-petreo-en-riberas-del-rio-jubones/>
- ESI. (2015). Explotación de materiales de construcción del área denominadas "Zamora Jambue". Obtenido de <https://maezamorachinchi.pe/files.wordpress.com/2015/02/borrador-del-esi-c3a1rea-zamora-jambue.pdf>

- Esquivel, E. R. (abril de 2010). Efecto del diseño minero en la velocidad de los equipos de transporte. Chile.
- Farjas, M. (1999). Ingeniería cartográfica, geodésica y fotogrametría. Tema 13 Levantamientos Batimétricos. Recuperado el 21 de 08 de 2016, de [http://ocw.upm.es/ingenieria-cartografica-geodesica-y-fotogrametria/topografia-ii/Teoria\\_Batimetria\\_Tema\\_13.pdf](http://ocw.upm.es/ingenieria-cartografica-geodesica-y-fotogrametria/topografia-ii/Teoria_Batimetria_Tema_13.pdf)
- GAD Municipal Santa Isabel. (2015). Artículo 141 del Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización. Santa Isabel.
- 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: Universidad del Azuay.
- GFDD. (14 de agosto de 2014). Arena: un valioso recurso natural. Recuperado el 2016, de <https://muestracine.wordpress.com/2014/08/05/arena-un-valioso-recurso-natural-que-con-frecuencia-es-ignorado/>
- Grupo Planeta. (2007). Materiales de construcción. Barcelona: Ediciones Ceac.
- Hamblin, K. (1989). The Earth's Dynamic Systems, A Textbook in Physical Geology. Minneapolis: Burgess Publishing Company.
- Hermelín, M. (2007). Entorno natural de 17 ciudades de Colombia. Bogotá: Universidad Eafit.
- Herrera, N. (Septiembre de 2014). Arquys Arquitectura.
- Ingeominas y Universidad de los Andes. (2004). Propuesta metodológica para el desarrollo de la cartografía geológica para ingeniería. Bogotá: Subdirección de Geología Básica.
- Instituto Nacional de Ecología. (2006). Inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero, 1990-2002. México D.F.: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Jimeno, C. L. (2014). Técnica de explotación minera. Foro de desarrollo minero sostenible. Madrid.

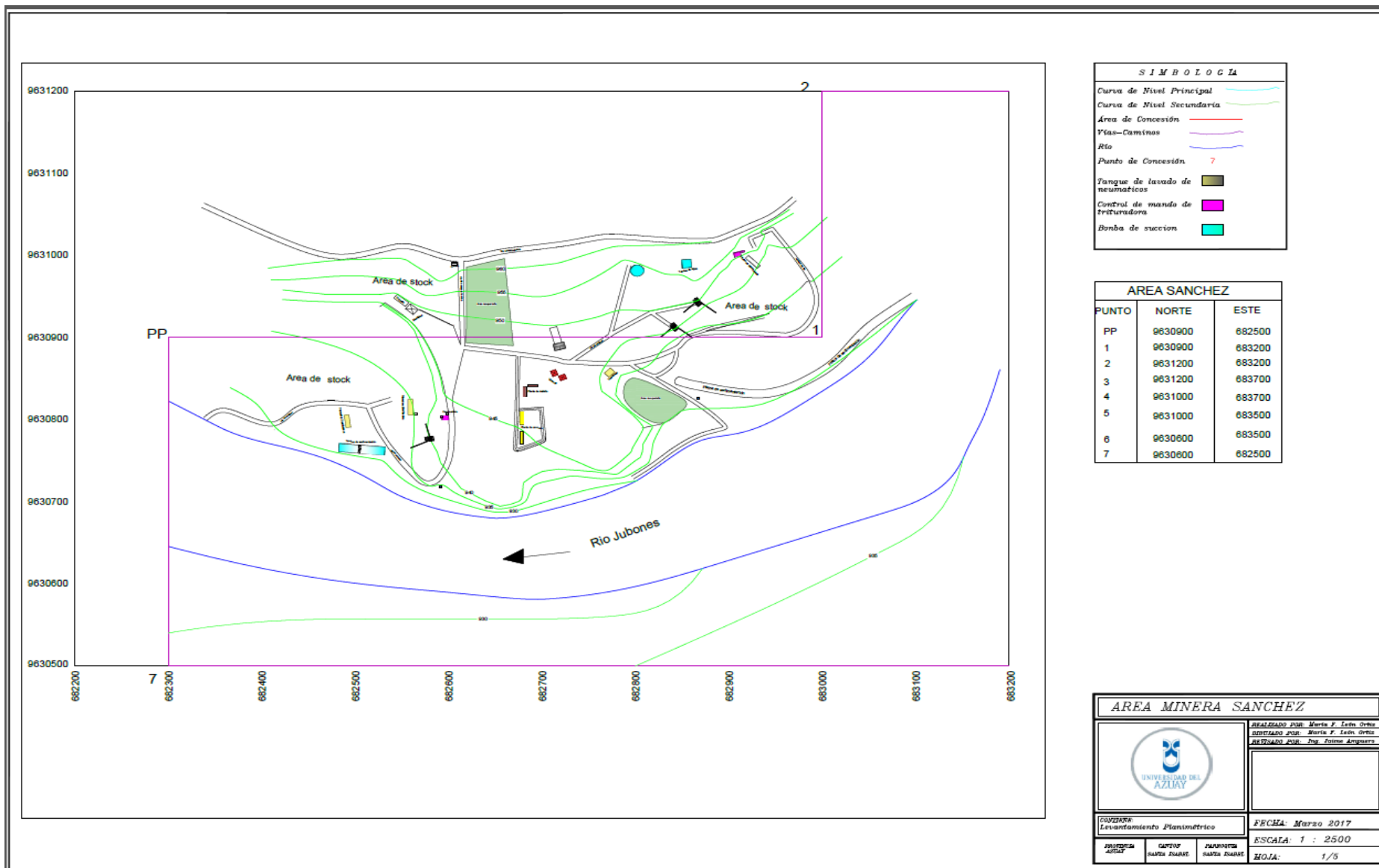
- Koch, J. (2009). El libro de oro. Recuperado el 18 de 06 de 2016, de eumed:  
[http://www.eumed.net/libros-gratis/2009c/568/Tipos%20de%](http://www.eumed.net/libros-gratis/2009c/568/Tipos%20de%20tipos/)
- Lanza-Espino, G., Cáceres, C., Adame, S., & Hernández, S. (2000). Diccionario de hidrología y ciencias afines. Madrid: Plaza y Valdes.
- Lozano, D. L., & Orrozco, H. F. (2013). Diseño de una alternativa para la elección de un método de explotación de materiales de arrastre. Obtenido de Prezi:  
<http://www.prezi.com>
- Lozano, D., & Orozco, H. (Abril de 2013). Diseño de una alternativa para la elección de un método de explotación de materiales de arrastre en el río Maracas del municipio Becerril, departamento del Cesar, para la concesión 0260-20. Obtenido de <https://prezi.com/02eeqkbrmdga/sustentacion-proyecto-de-grado/>
- MAE. (1999). Ley de Gestión Ambiental . Quito.
- MAE. (2007). Tecnologías Limpias en la Industria Minero-Metalúrgica. Obtenido de [http://www.tecnologiaslimpias.cl/ecuador/ecuador\\_leyesamb.html](http://www.tecnologiaslimpias.cl/ecuador/ecuador_leyesamb.html)
- MAE, C. A. (2013). Estudio de impacto ambiental expost. Obtenido de Área Minera Suerte.
- Manahan, S. (2006). Introducción a la química ambiental. México D.F.: Reverte.
- Maquinarias Pesadas. (27 de 09 de 2015). [www.maquinariaspesadas.org](http://www.maquinariaspesadas.org). Material tablas-rendimiento-consumo-combustible-costo-maquinaria-pesada. Recuperado el 21 de 11 de 2016, de <http://es.slideshare.net/CorporacionesAmcSac/material-tablasrendimientoconsumocombustiblecostomaquinariapesada>
- Métodos de Explotación a Cielo Abierto. (s.f.). Recuperado el 11 de 1 de 2017, de Aspectos Mineros Generales y su Reglamentación Legal y Ambiental, en Superficie y Subterráneo:  
<http://mineroambiental.blogspot.com/2012/05/metodos-de-explotacion-cielo-abierto.html>
- MINASEG. (2015). Informe semestral de producción de la Concesión Minera Sánchez código 101849. Cuenca: MINASEG.

- MMAA. (2010). Guía técnica para el aprovechamiento de áridos en cauces de ríos y afluentes. La Paz: Ministerio de Medio Ambiente y Agua. Estado Plurinacional de Bolivia.
- Mojica Villamizar, R., & Manrique, a. (s.f.). Métodos de explotación minero. Obtenido de <http://www.uptc.edu.co>
- MOP, Panamá. (s.f.). MOP inicia dragado y canalización del río Chico de Alanje. Recuperado el 20 de enero de 2017, de <http://www.mop.gob.pa/mop-inicia-dragado-y-canalizacion-del-rio-chico-de-alanje/>
- Pérez, J., López, J., Tello, J., & Ochoa, O. (2004). Manual del Auxiliar de Carreteras. Temario y Test Ebook. Sevilla: MAD-Eduforma.
- Pérez, L. (2006). Recomendaciones para procesos constructivos en revestimientos pétreos de fachadas. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Prefectura Guayas. (2015). Operativo ambiental busca mitigar el rápido deterioro de vía Puente Payo – Marcelino Maridueña. Obtenido de <http://www.guayas.gob.ec/ambiente/operativo-ambiental-busca-mitigar-el-rapido-deterioro-de-via-puente-payo-marcelino-mariduena>
- Presidencia de la República. (07 de Septiembre de 2012). Decreto Ejecutivo N.1279. Reglamento Especial para explotación de materiales áridos y pétreos. Obtenido de <http://www.mineria.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/08/Reglamento-Aridos-y-Petres1.pdf>
- Ramírez Rojas, María Isabel. (13 de junio de 2011). Sostenibilidad de la explotación de materiales de construcción en el Valle de Aburrá. Recuperado el 2016, de <http://www.bdigital.unal.edu.co/950/>
- Ramírez, C., Bocanegra, R., Santacruz, S., Quinteros, H., & Sandoval, M. (2009). Metodología para estimar volúmenes máximos de explotación de materiales de arrastre en un río.
- Ramírez, F. M. (2013). Evaluación ambiental del proceso de explotación de materiales en el lecho del río San Agustín. Universidad de Guayaquil.

- Reglamento Ambiental para Actividades Mineras. (2009). En Reglamento Ambiental para Actividades Mineras. Quito: Registro Oficial No 67.
- Rico, A., & del Catillo, H. (2006). Ingeniería de suelos en las vías terrestres: carreteras, ferrocarriles y aeropistas. México D.F.: Editorial Limusa.
- Rojas, M. I. (2008). Sostenibilidad de la explotación de materiales de construcción. Tesis de Maestría.
- SENPLADES. (2013). Plan Nacional para el Buen Vivir. Ecuador: Gobierno Nacional de la República del Ecuador.
- Torres, C., & Martínez, P. (2005). Topografía. Ofic. de Calidad Institucional. Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas.
- Transporte. Tractor - Mercedes-Benz 2632K (2003). (2015). Obtenido de MB: <http://maquqam.com/tecnicas/transporte-12174/mercedes-benz/2632k-2003.html>
- UDLA. (2014). Materiales de la Construcción. Ecuador: UDLA.
- Vasquez, J. (2013). Análisis de rendimiento de maquinarias de construcción. Recuperado el 06 de 12 de 2016, de [http://www.academia.edu/8677294/ANALISIS\\_DE\\_RENDIMIENTO\\_DE\\_MAQUINARIAS\\_DE\\_CONSTRUCCION](http://www.academia.edu/8677294/ANALISIS_DE_RENDIMIENTO_DE_MAQUINARIAS_DE_CONSTRUCCION)
- Vian, Á. (2000). Introducción a la química industrial. Barcelona: Reverté.
- Wagner, L. S. (2011). Eumed.

## **ANEXOS**

Mapas diseño de explotación Concesión Minera Sánchez Hojas 5/5.



**SIMBOLOGIA**

- Curva de Nivel Principal
- Curva de Nivel Secundaria
- Área de Concesión
- Vías-Caminos
- Río
- Punto de Concesión 7
- Tanque de lavado de neumáticos
- Control de mando de trituradora
- Bomba de succión

**AREA SANCHEZ**

PUNTO	NORTE	ESTE
PP	9630900	682500
1	9630900	683200
2	9631200	683200
3	9631200	683700
4	9631000	683700
5	9631000	683500
6	9630600	683500
7	9630600	682500

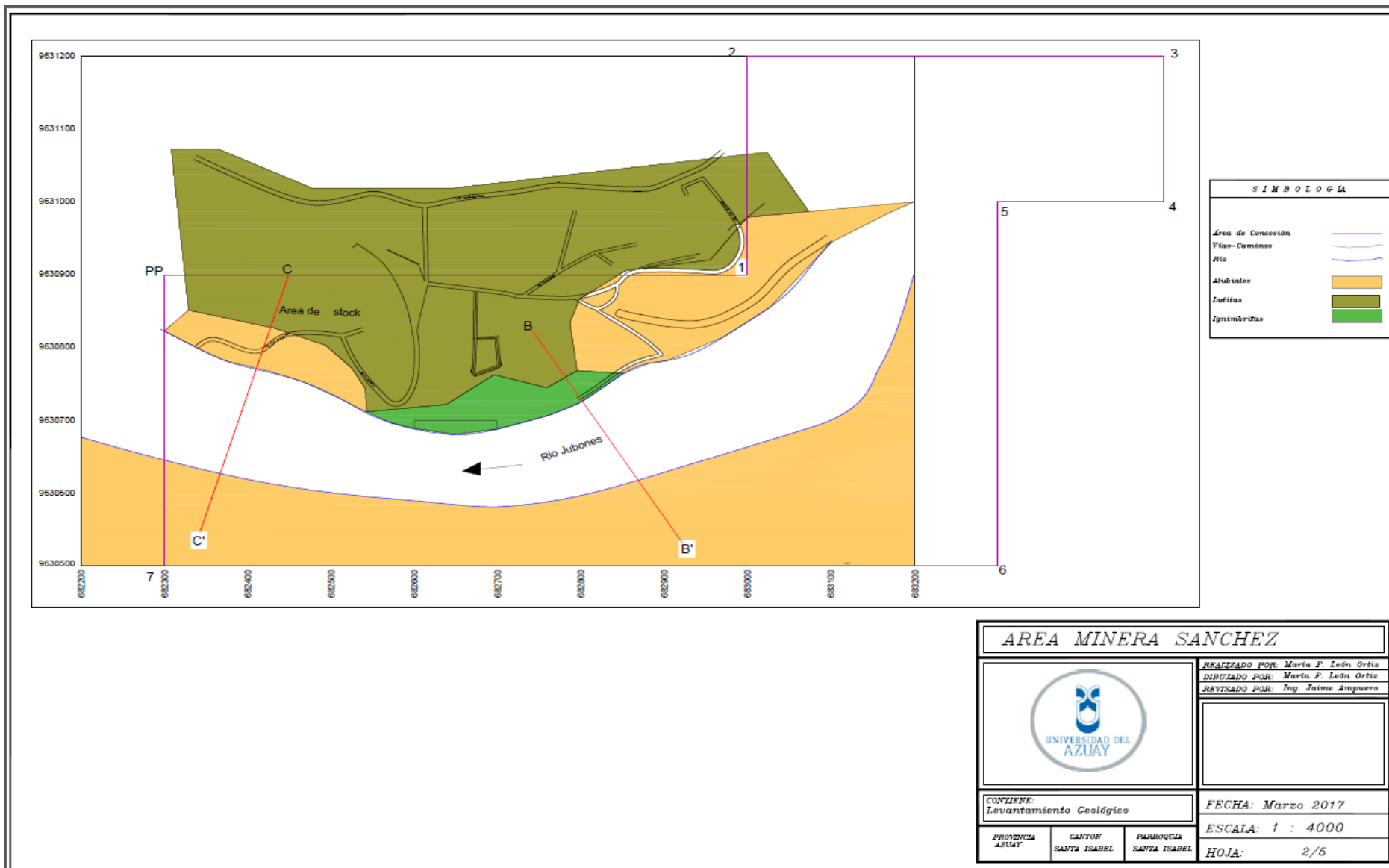
**AREA MINERA SANCHEZ**


REALIZADO POR: León Ortiz  
 DISEÑADO POR: León Ortiz  
 REVISADO POR: Don. Donce Argueta

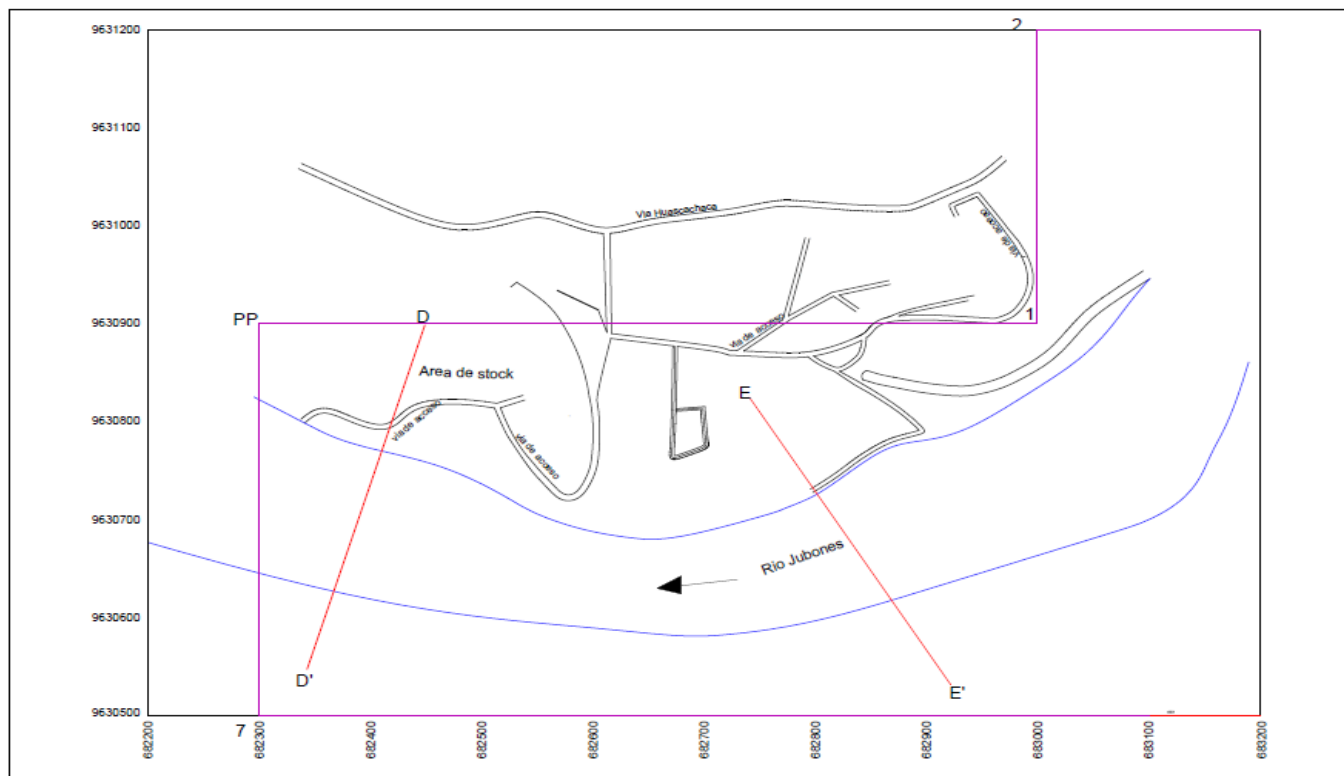
UNIVERSIDAD DEL AZUAY

COORDINADOR: Levantamiento Planimétrico  
 FECHA: Marzo 2017  
 ESCALA: 1 : 2500  
 HOJA: 1/5

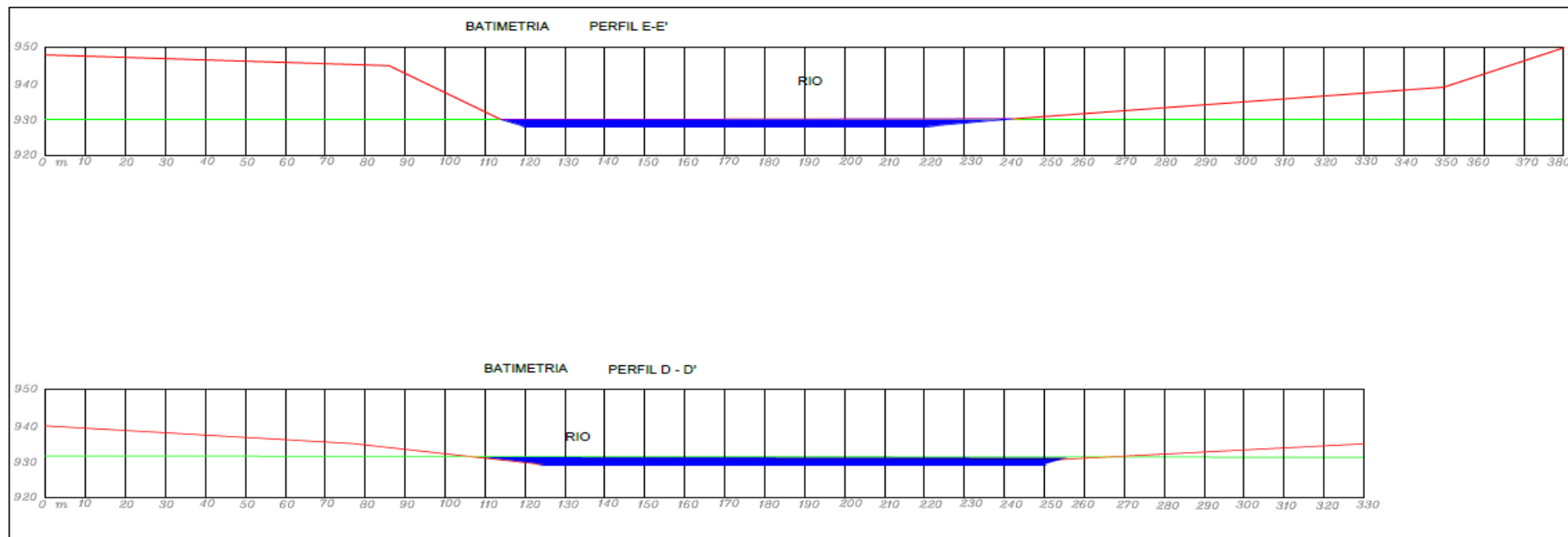




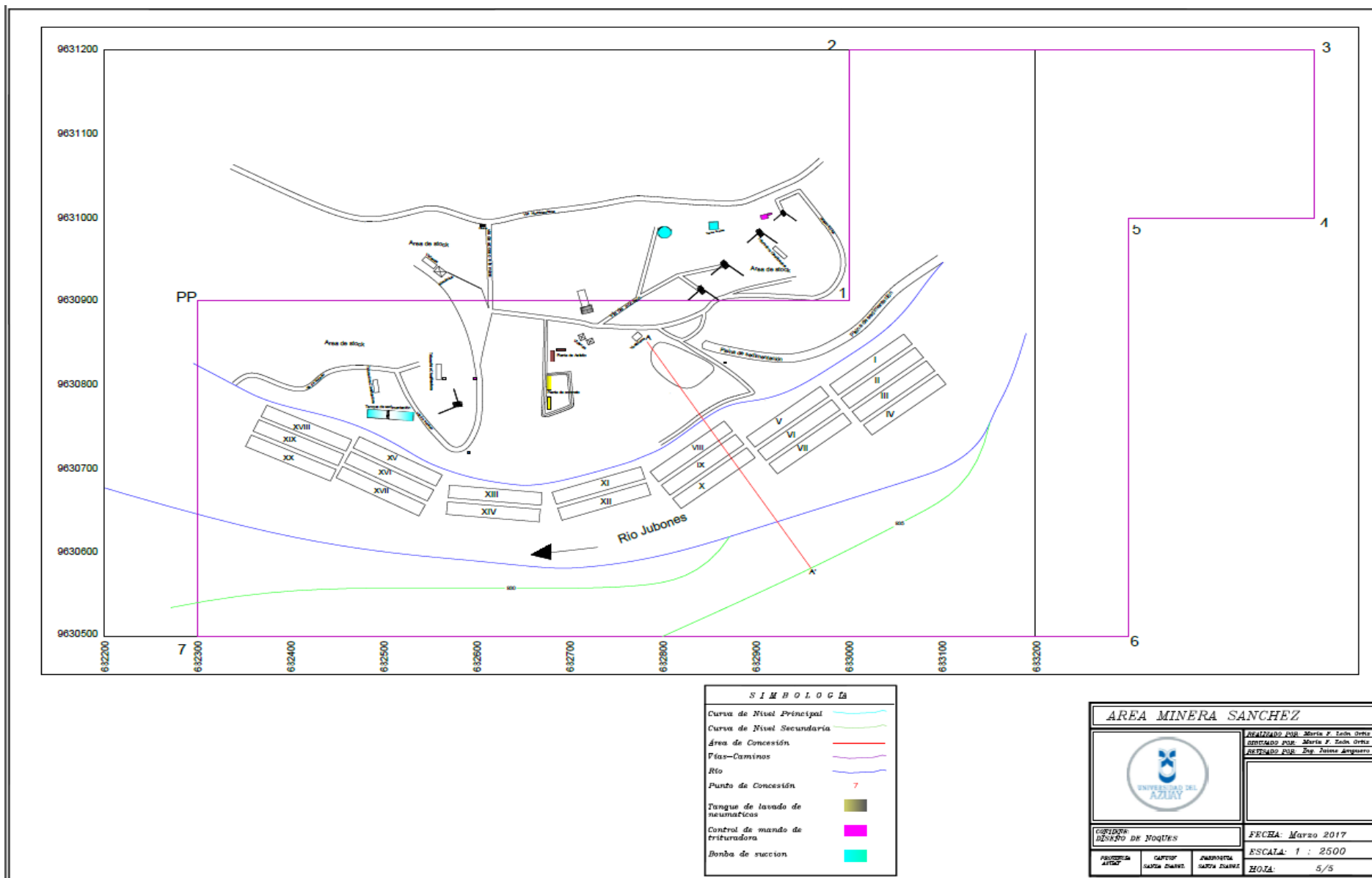
<b>AREA MINERA SANCHEZ</b>		
		REALIZADO POR: María F. León Ortiz DIBUJADO POR: María F. León Ortiz REVISADO POR: Ing. Jaime Ampuero
CONTIENE: Levantamiento Geológico		FECHA: Marzo 2017
PROVINCIA AZUAY	CANTON SANTA ISABEL	PARROQUIA SANTA ISABEL
		ESCALA: 1 : 4000 HOJA: 2/5



<b>AREA MINERA SANCHEZ</b>		
 <p>UNIVERSIDAD DEL AZUAY</p>		REALIZADO POR: María F. León Ortiz DISEÑADO POR: María F. León Ortiz REVISADO POR: Ing. Jaime Ampuero
CONTENIDO: <b>BATIMETRIA DEL RIO</b>		FECHA: Marzo 2017
PROVINCIA AZUAY	CANTÓN SANTA ISABEL	PARROQUIA SANTA ISABEL
		ESCALA: 1 : 4000
		HOJA: 3/5



<b>AREA MINERA SANCHEZ</b>		
 <p>UNIVERSIDAD DEL AZUAY</p>	REALIZADO POR: <i>María F. León Ortiz</i> DIBUJADO POR: <i>María F. León Ortiz</i> REVISADO POR: <i>Ing. Jaime Ampuero</i>	
CONTENIDO: <b>PERFILES BATIMETRIA DEL RIO</b>		FECHA: <i>Marzo 2017</i>
PROVINCIA <b>AZUAY</b>	CANTON <b>SANTA ISABEL</b>	PARROQUIA <b>SANTA ISABEL</b>
		ESCALA: <i>1 : 1000</i> HOJA: <i>4/5</i>



SIMBOLOGIA	
Cursura de Nivel Principal	
Cursura de Nivel Secundaria	
Area de Concesión	
Pias-Caminos	
Rio	
Punto de Concesión	7
Tangue de lavado de neumaticos	
Control de mando de trituradora	
Bomba de succion	

<b>AREA MINERA SANCHEZ</b>	
	REALIZADO POR: <i>León Ortiz</i> DISEÑADO POR: <i>León Ortiz</i> REVISADO POR: <i>Ing. Néstor Angarito</i>
CORRIENTE: <b>MINISTRO DE NOQUIES</b>	
FECHA: <i>Marzo 2017</i>	
ESCALA: <i>1 : 2500</i>	
PROFESOR: AUTOR:	INGENIERO: AUTORA:
HOJA: <i>5/5</i>	