

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra**

“Metodología de Planificación Minera a Corto Plazo y Diseño

Minero a Mediano Plazo en la Cantera Pifo”

**TESIS DE GRADO**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO DE MINAS**

Presentada por:

Eduardo Luis Recalde Chiluiza

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2007

## **AGRADECIMIENTO**

A todas las personas que ayudaron en diferentes formas a la realización de este trabajo, a la memoria del Ing. Jimmy Panta, por su guía académica; al Ing. Juan Carlos Avilés, por su apoyo, al Dr. Fernando Morante, Director de Tesis; y, al Ing. Jorge Velasco por su invaluable ayuda.

## **DEDICATORIA**

A Dios sobre todas las cosas.  
Este logro se lo doy como muestra de agradecimiento a mis padres y hermanas. Dedico este trabajo a mi esposa e hijo como fiel testigo del amor que les profeso.

## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

---

Ing. Edison Navarrete C.  
SUBDECANO DE LA FICT  
PRESIDENTE

---

Dr. Fernando Morante C.  
DIRECTOR DE TESIS

---

Ing. Jorge Velasco  
VOCAL

---

Ing. Juan Carlos Pindo M.  
VOCAL

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

**“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me  
corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a  
la Escuela Superior Politécnica del Litoral”**

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

---

Eduardo Recalde

## RESUMEN

El desarrollo socioeconómico integral y armónico de un país se alcanza mediante el aprovechamiento técnico y racional de sus reservas naturales con miras a incrementar y mejorar las condiciones de vida de la colectividad. Para planificar este desarrollo es preciso inventariar las reservas naturales con que contamos y planificar su explotación técnica con miras a un verdadero aprovechamiento racional. La industria de la construcción requiere un hormigón de calidad para la ejecución de sus proyectos. Para lo cual se requiere de agregados de calidad, que cumplan las normas técnicas internacionales, eliminando las impurezas tales como arcillas, sales, materiales orgánicos, etc. que contribuyen a la pérdida de calidad y resistencia mecánica final del hormigón. Bajo estas premisas se ha desarrollado este trabajo, donde adquiere singular importancia el conocimiento geológico de la zona para así determinar el comportamiento geomecánico de la roca, el conocimiento de la forma del yacimiento y de su calidad, que hacen posible una planificación técnica del arranque, transporte y proceso minero a seguir para una adecuada explotación. La planificación técnica a seguir para una adecuada explotación es la base de éste trabajo, teniendo en cuenta que tal Planificación Minera debe estar acorde con el medioambiente del sector.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág
RESUMEN	II
ÍNDICE GENERAL	III
ÍNDICE DE FIGURAS	IV
ÍNDICE DE TABLAS Y FOTOS	V
ÍNDICE DE PLANOS	VI
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 1. DATOS GENERALES .....</b>	<b>6</b>
1.1. UBICACIÓN	6
1.2. DATOS DE LA CONCESIÓN	6
1.3. DATOS MANIFIESTO DE PRODUCCIÓN	7
<b>CAPÍTULO 2. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS.....</b>	<b>14</b>
2.1. GENERALIDADES	14
2.2. UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	15
2.2.1. Sedimentos Chichi	15
2.2.2. Formación Cangagua	16
2.2.3. Volcánicos Guayllabamba	17
2.2.4. Terrazas tipo Cangagua	17
2.2.5. Depósitos Coluviales	18
2.2.6. Depósitos Aluviales	19
2.2.7. Volcánicos Guambi	19
2.2.8. Geología local	20
<b>CAPÍTULO 3. MEDIOAMBIENTE.....</b>	<b>21</b>
3.1. MEDIDAS AMBIENTALES A SER APLICADAS	23
<b>CAPÍTULO 4. DISEÑO MINERO.....</b>	<b>25</b>
4.1. GENERALIDADES	25
4.2. CÁLCULO DE RESERVAS	26
4.3. CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE LA EXPLOTACIÓN	29
4.3.1. FACTORES GEOMÉTRICOS	33
4.3.2. FACTORES GEOMECÁNICOS	34
4.3.3. FACTORES OPERATIVOS	37
4.3.3.1. LÍMITES FINALES DE LA EXPLOTACIÓN	38
4.3.3.1.1. DISEÑO DE PISTAS EN ESPIRAL	47
4.3.3.2. PERFORACIÓN Y VOLADURA	51
4.3.3.2.1. LOS EXPLOSIVOS	52
4.3.3.2.2. GEOMETRÍA DE BARRENOS	60
4.3.3.2.2.1. VOLADURAS DE CONTORNO	61
4.3.3.2.2.2. GEOMETRÍA DE PERFORACIÓN	66

4.3.3.2.2.3. SECUENCIAS DE ENCENDIDO	71
4.3.3.3. MAQUINARIA Y EQUIPOS	75
4.3.3.4. VÍAS DE TRANSPORTE	95
<b>CAPÍTULO 5. PLANIFICACIÓN MINERA A CORTO PLAZO.....</b>	<b>96</b>
5.1. MODELO DIGITAL DEL TERRENO	96
5.2. NIVELES DE EXPLOTACIÓN	99
5.2.1. NIVEL 1. Desde la cota 2885 a 2875: 10 m de altura	103
5.2.2. NIVEL 2. Desde la cota 2875 a 2865: 10 m de altura	106
5.2.3. NIVEL 3. Desde la cota 2865 a 2855: 10 m de altura	109
5.2.4. NIVEL 4. Desde la cota 2855 a 2845: 10 m de altura	112
5.2.5. NIVEL 5. Desde la cota 2845 a 2835: 10 m de altura	115
5.2.6. NIVEL 6. Desde la cota 2835 a 2825: 10 m de altura	118
5.3. TAREAS DE PREPARACIÓN	120
5.4. TAREAS DE EXPLOTACIÓN	121
5.5. DETALLE DE EXPLOTACIÓN MINERA A CORTO PLAZO	122
5.5.1. NIVEL 1. Desde la cota 2885 a 2875: 10 m de altura	123
5.5.2. NIVEL 2. Desde la cota 2875 a 2865: 10 m de altura	129
5.5.3. PLANIFICACIÓN MINERA DE LOS BLOQUES	134
5.5.4. COSTOS DE EXPLOTACIÓN	137
5.5.4.1. COSTO DE DIESEL	140
5.5.4.2. COSTO DE EXPLOSIVOS	141
5.5.4.3. COSTO POR MANTENIMIENTO	142
5.5.4.4. COSTOS TOTALES	142
5.6. RETIRO DE SOBRECARGA EN SECTOR ESTE	142
5.7. DISEÑO DE ESTABILIDAD DE TALUDES	144
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>148</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>154</b>
ANEXO 1: MODELO DIGITAL DEL TERRENO	155
ANEXO 2: CURVAS DE NIVEL DE LA TOPOGRAFÍA	156
ANEXO 3: DETALLE DE SOFTWARE Y EQUIPO UTILIZADO	157
ANEXO 4: GLOSARIO	159
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>172</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág</b>
Fig. 1. Esquema de explotación de una cantera	4
Fig. 2. Diagrama de flujo de planificación y diseño minero	5
Fig. 1.1. Manifiesto de Producción reportada a la DINAMI	7
Fig. 1.2. Detalle de los puntos 1, 2 y 3 del Manifiesto de Producción	8
Fig. 1.3. Detalle de los puntos 3, 4, 5 y 6 del Manifiesto de Producción	10
Fig. 1.4. Detalle de los puntos 6, 7, 8 y 9 del Manifiesto de Producción	11
Fig. 1.5. Detalle de los puntos 9, 10, 11 y 12 del Manifiesto de Producción	12
Fig. 2.1. Geología de la zona de estudio tomada de la carta geológica Sangolquí editada por el IGM con código: Carta 84 – SW.	18
Fig. 2.2. Geología local en la zona de estudio	20
Fig. 4.1. Mapa de ubicación de actualización de topografía	26
Fig. 4.2. Método de los perfiles para el cálculo de reservas	28
Fig. 4.3. Esquema de los principales elementos en una explotación a cielo abierto	30
Fig. 4.4. Ancho de banco	41
Fig. 4.5. Sección vertical de explotación con talud final	45
Fig. 4.6. Vías actuales de acceso	46
Fig. 4.7. Vías de acceso en el diseño final	47
Fig. 4.8. Diseño de una pista por delante de un talud (pasos 1 a 3)	49
Fig. 4.9. Esquema de disposición de barrenos en un banco	63
Fig. 4.10. Mejora del rendimiento de las cargas de los barrenos con entalladura (Bjarnholt y otros)	65
Fig. 4.11. Accesorios de perforación para la creación de entalladuras en los barrenos de contorno	71
Fig. 4.12. Variables a ser tomadas en cuenta al momento de diseñar una secuencia de encendido	73
Fig. 4.13. Secuencias de encendido (Hagan, 1975)	73
Fig. 4.14. Desfase relativo entre filas	74
Fig. 4.15. Relaciones geométricas de los esquemas rectangulares en “V” con dos frentes.	75
Fig. 4.16. Tractor	77
Fig. 4.17. Pala cargadora	82

Fig. 4.18.	Volquete	84
Fig. 4.19.	Tipos de transmisión en un volquete	86
Fig. 4.20.	Motoniveladoras	88
Fig. 4.21.	Camión para riego	92
Fig. 4.22.	Excavadora hidráulica	93
Fig. 4.23.	Acción de corte y arranque de los dos tipos de excavadoras	95
Fig. 4.24.	Vías de transporte	95
Fig. 5.1.	Modelo digital de terreno del diseño minero a mediano plazo	97
Fig. 5.2.	Perfiles topográficos	98
Fig. 5.3.	Ubicación en planta de los perfiles topográficos	98
Fig. 5.4.	Niveles de explotación	99
Fig. 5.5.	Detalle de la topografía actual en donde se denotan las cotas a ser alteradas a fin de perfilar los niveles 1 (color azul) y 2 (color rojo).	101
Fig. 5.6.	Ubicación del nivel 1 (color azul)	103
Fig. 5.7.	Ubicación del nivel 2 (color rojo)	107
Fig. 5.8.	Ubicación del nivel 3	110
Fig. 5.9.	Ubicación del nivel 4	113
Fig. 5.10.	Ubicación del nivel 5	115
Fig. 5.11.	Ubicación del nivel 6	118
Fig. 5.12.	Ubicación de la zona a explotar en el nivel 1 para el Plan a Corto Plazo (zona resaltada en color azul de la zona a explotar en el nivel 1)	124
Fig. 5.13.	Bloques del 23 al 39 en el Nivel 1	125
Fig. 5.14.	Bloques del 1 al 22 en el Nivel 2	129
Fig. 5.15.	Ubicac. de la zona a explotar en el nivel 2 para el Plan a Corto Plazo (zona resaltada en color rojo de la zona a explotar en el nivel 2)	130
Fig. 5.16.	Vista en perspectiva 3-D del nivel 1	136
Fig. 5.17.	Vista en perspectiva 3-D del nivel 2	136
Fig. 5.18.	Vista en perspectiva 3-D del nivel 1 y 2	136
Fig. 5.19.	Volumen de sobrecarga a ser removido	143
Fig. 5.20.	Diseño final de explotación de la cantera (zona color azul comprende desde la cota 2885 msnm hasta la cota 2928 msnm)	144
Fig. 5.21.	Diseño final de la zona de explotación y diseño de estabilización de taludes en la cresta superior de la cantera (zona color azul comprende desde la cota 2885 msnm hasta la cota 2928 msnm)	145

## ÍNDICE DE TABLAS Y FOTOS

	<b>Pág</b>
Tabla 1.1. Coordenadas de los Hitos del Manifiesto de Producción	8
Tabla 3.1. Medidas correctoras ambientales en el entorno afectado	24
Tabla 4.1. Parámetros geométricos del yacimiento	33
Tabla 4.2. Propiedades físico-mecánicas de la andesita	36
Tabla 4.3. Parámetros operativos de diseño minero	39
Tabla 4.4. Parámetros de perforación y voladura	59
Foto 4.1. Labores de transporte de material	76
Tabla 4.5. Maquinaria usada en la Cantera	76
Tabla 5.1. Cotas de niveles de explotación	99
Foto 5.1. Niveles actuales de explotación	101
Tabla 5.2. Constantes a ser usadas para el cálculo de reservas	102

## ÍNDICE DE PLANOS

<b>Descripción</b>	<b>Hoja</b>	<b>Escala</b>
Perfil final con el diseño de estabilización de taludes	A3	1:30.000
Zona de destape de estériles	A3	1:4.000
Diseño de estabilidad de taludes en la cresta superior de la Cantera	A1	1:2.000
Diseño de Explotación a mediano plazo en la Cantera	A1	1:2.000
Actualización de la topografía integral a detalle	A1	1:2.000
Bloques de explotación en el nivel 1	A3	1:4.000
Bloques de explotación en el nivel 2	A3	1:4.000
Perfiles longitudinales geológicos de la Cantera (2 planos)	A3	1:4.000
Perfiles longitudinales geológicos de la Cantera	A3	1:4.000