



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

---

CARRERA DE INGENIERÍA DE MINAS

“ESTIMACIÓN DE RESERVAS DE ARENISCAS  
PARA LA EXPLOTACIÓN DE LA FORMACIÓN  
CHIMÚ – SHUDAL, DEPARTAMENTO DE  
CAJAMARCA, 2017”

Trabajo de investigación para optar el grado de:

**Bachiller en Ingeniería de Minas**

**Autor:**

Elmer Vilchez Romero  
Gilmer Huingo Calua  
Juan Carlos Soto Zevallos

**Asesor:**

Ing. Roberto Severino Gonzales Yana

Cajamarca – Perú 2017



## ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA PRESENTACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

El asesor Roberto Severino Gonzales Yana, Docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de Ingeniería de Minas, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la investigación del(os) estudiante(s):

- Juan Carlos Soto Zevallos
- Gilmer Huingo Calua
- Elmer Vilchez Romero

Por cuanto, **CONSIDERA** que el trabajo de investigación titulado: " ESTIMACIÓN DE RESERVAS DE ARENISCAS PARA LA EXPLOTACIÓN DE LA FORMACIÓN CHIMÚ-SHUDAL, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA, 2017" para aspirar al grado de bachiller por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual **AUTORIZA** al(los) interesado(s) para su presentación.



Ing. Roberto Severino Gonzales Yana

Asesor



## ACTA DE EVALUACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

El comité del trabajos de investigación, conformado por: Denis Javier Arangurí Cayetano, Ena Mirella Cacho Chávez y Shonel Miguel Cáceres Pérez; designados mediante Dirección de Educación Adulta (WA) ha procedido a realizar la evaluación del trabajo de investigación del (los) estudiante(s): Juan Carlos Soto Zevallos, Gilmer Huingo Calua, Elmer Vilchez Romero para aspirar al grado de bachiller con el trabajo de investigación: "ESTIMACIÓN DE RESERVAS DE ARENISCAS PARA LA EXPLOTACIÓN DE LA FORMACIÓN CHIMÚ-SHUDAL, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA, 2017"

Luego de la revisión del trabajo en forma y contenido los miembros del jurado acuerdan:

- |   |   |
|---|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> Aprobación por unanimidad | <input type="checkbox"/> Aprobación por mayoría           |
| Calificativo: <input type="checkbox"/> Excelente [18 -20]     | Calificativo: <input type="checkbox"/> Excelente [18 -20] |
| <input checked="" type="checkbox"/> Sobresaliente [15 - 17]   | <input type="checkbox"/> Sobresaliente [15 - 17]          |
| <input type="checkbox"/> Buena [13 - 14]                      | <input type="checkbox"/> Buena [13 - 14]                  |
| <input type="checkbox"/> Desaprobación                        |   |

Firman en señal de conformidad



---

Ing. Denis Javier Arangurí Cayetano  
Miembro del Comité



---

Ing. Ena Mirella Cacho Chávez  
Miembro del Comité



---

Ing. Shonel Miguel Cáceres Pérez  
Miembro del Comité

## DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo a nuestras familias como son nuestros padres, hermanos, esposas e hijos que siempre estuvieron dispuestos a brindarnos su apoyo moral y espiritual sin esperar recibir nada a cambio, brindándome su consideración sincera y duradera; más aún a nuestros hijos quienes nos proporcionan la fuerza necesaria para continuar en nuestra superación profesional.

## AGRADECIMIENTO

Agradecemos a la Universidad Privada del Norte y más aún a la Escuela Académico - Profesional de Ingeniería de Minas, institución que nos acogieron en sus aulas y a través de sus distinguidos docentes nos impartieron los conocimientos necesarios para enfrentarnos a la realidad del mercado externo al cual estamos inmersos todas las personas que elegimos estudiar esta distinguida carrera.

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>iv</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>v</b>
<b>TABLA DE CONTENIDO</b> .....	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>viii</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>ix</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>x</b>
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>11</b>
1.1. Realidad problemática.....	11
1.2. Formulación del problema.....	11
1.2.1. Problema general.....	11
1.2.2. Problemas específicos.....	11
1.3. Objetivos.....	12
1.3.1. Objetivo general.....	12
1.3.2. Objetivos específicos.....	12
1.4. Hipótesis.....	12
<b>CAPITULO II: METODOLOGÍA</b> .....	<b>14</b>
2.1. Tipo de diseño de investigación.....	14
2.2. Material de estudio.....	14
2.2.1. Población de estudio.....	14
2.2.2. Muestra.....	14
2.2.3. Unidad de análisis.....	14
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	14
2.3.1. Técnicas.....	14
2.3.2. Instrumentos.....	14
2.3.3. Procedimiento.....	15
<b>CAPITULO III: RESULTADOS</b> .....	<b>16</b>
3.1. Ubicación.....	16
3.1.1. Geográfica.....	16
3.1.2. Política.....	16
3.1.3. Accesibilidad.....	16
3.2. Clima.....	16
3.3. Vegetación.....	17
3.4. Propiedad minera y superficial del proyecto.....	18
3.5. Extensión del área de explotación.....	19
3.6. Geología local.....	19
	<b>Pág.</b>
3.7. Geomorfología.....	21

3.7.1.	Pie de monte deluvial (P-d).....	22
3.7.2.	Pie de monte coluvial (p-co) .....	22
3.7.3.	Pie de monte aluvial (p-al) .....	23
3.8.	Petrología .....	23
3.9.	Geología económica .....	24
3.10.	Cálculo y estimación de reservas .....	26
3.10.1.	Cantera El Gavilán .....	26
3.10.2.	Cálculo de reservas de la cantera Don Víctor I .....	30
3.10.3.	Cálculo de reservas.....	45
3.10.4.	Estimación de reservas .....	47
<b>CONCLUSIONES.....</b>		<b>53</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>		<b>54</b>
<b>PLANOS.....</b>		<b>55</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 01:</b> Vegetación típica de la zona de estudio principalmente caracterizada por la presencia de eucalipto. ....	17
<b>Figura 02:</b> Cantera Don Victor I perteneciente al denuncia minero don Lucho I.....	18
<b>Figura 03:</b> Zona de estudio en la que abarcan las canteras para la estimación del cálculo de reservas.....	19
<b>Figura 04:</b> Columna estratigráfica de la región Cajamarca, en dónde se muestra la posición estratigráfica de la Formación Chimú. ....	20
<b>Figura 05:</b> Vista del tajo de la Cantera el Guitarrero en donde se presencia la extracción de agregados para la construcción.....	21
<b>Figura 06:</b> Pie de Monte Deluvial.....	22
<b>Figura 07:</b> Pie de Monte Coluvial.....	22
<b>Figura 08:</b> Pie de Monte Aluvial.....	23
<b>Figura 09:</b> Muestra de mano de una Arenisca de la Formación Chimú.....	24
<b>Figura 10:</b> Cantera el Gavilán.....	27
<b>Figura 11:</b> Delimitación de la cantera 01.....	28
<b>Figura 12:</b> Panorama de la zona de estudio, el cual muestra los recursos no metálicos en explotación.....	31
<b>Figura 13:</b> Zona de estudio cargada en Global Mapper 18.0, superpuesta a un DEM. ....	41
<b>Figura 14:</b> Propiedades de contorno para el cálculo del volumen en Global Mapper, aquí se especifica la cota de corte o cota mínima. ....	42
<b>Figura 15:</b> Ventana de resultados del Global Mapper, en cual se muestra en volumen cubicado, la superficie del área de corte para un modelo 2D y la superficie del área de corte para un modelo 3D. ....	43
<b>Figura 16:</b> Modelo en planta de la zona de estudio. B: Modelo 3D en vista NE – SW, C: Modelo 3D en vista W – E, D: Modelo 3D en vista S – N, E: Vista en planta de la zona de estudio presentando el rango de cotas que están engloban dicha zona. ....	44
<b>Figura 17:</b> TIN que muestra la superficie de la zona de estudio. Tabla de atributos en el que se muestra el área, perímetro y volumen. ....	45
<b>Figura 18:</b> Vista en planta de los prismas (izquierda), vista 3D de los prismas (derecha). ....	49
<b>Figura 19:</b> Ubicación de la cota mínima para la reserva Paccha grande con ayuda de un plano MDE. ....	50
<b>Figura 20:</b> Ubicación de los puntos centrales de cada polígono para obtener la cota promedio de cada prisma. ....	50

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1:</b> Operacionalización de las variables.....	13
<b>Tabla 2:</b> <i>Propiedades físicas de las areniscas de la zona de estudio.....</i>	25
<b>Tabla 3:</b> <i>Propiedades mineralógicas de las areniscas de la zona de estudio. ....</i>	25
<b>Tabla 4:</b> <i>Propiedades resistentes de las areniscas de la zona de estudio.....</i>	25
<b>Tabla 5:</b> <i>Propiedades físicas de los agregados obtenidos. ....</i>	26
<b>Tabla 6:</b> <i>Cálculos de estimación de reserva de la cantera el Gavilán.....</i>	29
<b>Tabla 7:</b> <i>Cálculo de reservas con el método de secciones transversales.....</i>	46
<b>Tabla 8:</b> <i>Cálculo de reservas con el Global Mapper 18.0.....</i>	46
<b>Tabla 9:</b> <i>Cálculo de reservas con el ArcGIS 10.3. ....</i>	47
<b>Tabla 10:</b> <i>Estimación de reservas para toneladas de producción dadas.....</i>	47
<b>Tabla 11:</b> <i>Resumen de los datos obtenidos para la reserva Paccha Grande. ....</i>	51

## RESUMEN

El presente trabajo se ha realizado en la zona de Shudal, carretera a Ciudad de Dios a 5 km de la ciudad de Cajamarca, teniendo como objetivo principal el cálculo de reservas de las areniscas pertenecientes a la Formación Chimú que sirven como materiales para los agregados de construcción. Para esto tenido por conveniente primero delimitar la zona que es económicamente explotable, utilizando criterios geológicos y geomecánicos, luego de eso se ha realizado el cálculo del volumen del terreno para lo cual se ha tenido conveniente utilizar dos métodos; así tenemos los métodos convencionales del cual se aplicó el método de las secciones transversales; así mismo están los métodos modernos los cuales se basan en la aplicación de softwares y que para este caso se utilizó el Global Mapper 18.0 y el ArcGIS 10.4 los cuales arrojan un resultado más cercano al real ya que integran de forma más precisa. Una vez hallado los volúmenes del terreno, se ha determinado las reservas en toneladas métricas para ello se ha multiplicado la densidad promedio del material en este caso areniscas  $2.53 \text{ gr/cm}^3$  por cada volumen hallado. Promediando las tres reservas obtenemos 58 168 693 TN/m. Luego de ello se realizó una tabla de simulación de estimación de estos recursos con proyecciones futuras, teniendo en cuenta su producción diaria, variando estas de 1000 TN/m diarias a 3000 TN/m diarias. Finalmente se ha realizado las conclusiones a las cuales se ha llegado con este trabajo.

## **NOTA DE ACCESO**

**No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales**

## REFERENCIAS

- ✓ ALFARO, M. A (2007). APUNTES DE ESTIMACIÓN DE RECURSOS MINEROS, profesor de recursos mineros Universidad Católica Valparaíso. 124 pp.
- ✓ Correa, A. (2015). Cálculo Probabilístico en la Estimación de Reservas Desarrolladas. Madrid.
- ✓ Adrián Martínez Vargas, & Ibarra Velázquez, J. L. (2004). ESTIMACIÓN DE RESERVAS EN UN YACIMIENTO DE CROMITA CON POCA CONTINUIDAD GEOLÓGICA DE LOS CUERPOS DE CROMITAS. Madrid.
- ✓ TORRES USCA.J (2015). “METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE RESERVAS MINERALES EN MINERA BATEAS. Lima.
- ✓ Meza Linares, E. (2017). Metodología para el cálculo de reservas en minas a cielo abierto utilizando drones. México.
- ✓ RUIZ DIOSES, P. (2014). APLICACION DE SOFTWARE LIBRE PARA LA ESTIMACION DE RECURSOS Y PARA LA EVALUACION TECNICA ECONOMICA DE LAS RESERVAS MINERALES. Piura.