



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

---

INGENIERÍA DE MINAS

“INFLUENCIA DE LA GRANULOMETRÍA EN LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES DE LA GRAVERA SHUDAL, CAJAMARCA, 2017”

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniero de minas**

**Autores:**

Bach. Jorge Luis Heredia Sarmiento

Bach. Anthony Salazar Villacorta

**Asesor:**

MCs. Ing. José Alfredo Siveroni Morales

Cajamarca – Perú

2017

## **APROBACIÓN DE LA TESIS**

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por los Bachilleres **Jorge Luis Heredia Sarmiento** y **Anthony Salazar Villacorta**, denominada:

**“INFLUENCIA DE LA GRANULOMETRÍA EN LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES DE LA GRAVERA SHUDAL, CAJAMARCA, 2017”.**

---

MCs. Ing. José Alfredo Siveroni Morales  
**ASESOR**

---

Ing. Roberto Gonzales Yana  
**JURADO**  
**PRESIDENTE**

---

Ing. Shonel Miguel Cáceres Pérez  
**JURADO**

---

Mg. Ing. Denis Javier Arangurí Cayetano  
**JURADO**

## DEDICATORIA

*A Dios, por estar conmigo en este momento tan importante, por fortalecerme y guiarme por el sendero del bien, y sobre todo por darme fuerzas día a día para superarme en todos los aspectos y salir adelante.*

*A mi padre, Carlos, aquel que ya partió a la presencia del Altísimo, pero que permanentemente me apoyo con su espíritu alentador, contribuyendo incondicionalmente a lograr mis metas y objetivos propuestos.*

*A mi madre, Esperanza, quién es una de las mejores madres del mundo; pues me ha apoyado a lo largo de toda mi vida, haciéndome cumplir con el logro de culminar mis estudios y ser una persona emprendedora de buenos valores y principios inculcados; corrigiendo todos mis errores y dándome fuerzas para salir adelante, gracias por apostar por mí, has sido y seguirás siendo mi motivación, inspiración y felicidad.*

*A mi familia, Por haberme apoyado a lo largo de mi estudio, por su comprensión y apoyo incondicional; porque si no fuera por ustedes no hubiera sido posible este triunfo.*

*A mis compañeros y compañeras de carrera, por todo el sacrificio, esmero y voluntad que tuvimos siempre; en donde nunca se perdió el objetivo principal de alcanzar y terminar con éxito nuestra etapa universitaria.*

**JORGE LUIS HEREDIA SARMIENTO**

## DEDICATORIA

*A Dios, por darme la vida y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecerme cada día e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.*

*A mi madre, Silvia, por sus ejemplos de perseverancia y constancia que la caracteriza y que me ha infundado siempre, asimismo, por el valor mostrado para salir adelante y me ha permitido ser una persona de bien.*

*A mi padre, Fernando, por haberme apoyado en todo momento con su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.*

*Gracias a toda mi familia por estimularme permanentemente y a todas las personas que estuvieron conmigo en el camino de esta carrera.*

**ANTHONY SALAZAR VILLACORTA**

## AGRADECIMIENTO

Nuestra Gratitud, principalmente está dirigida al Dios Todopoderoso por habernos dado la existencia y permitido llegar al final de nuestra carrera.

Igualmente agradecemos a todos los organismos y personas naturales que hicieron posible la realización de la misma, los cuales mencionamos:

- A la casa de estudios, por habernos dado la oportunidad de ingresar al sistema de Educación Superior y cumplir este gran sueño.
- A los docentes universitarios, por habernos acompañado durante el largo camino, brindándonos siempre su orientación con profesionalismo ético en la adquisición de conocimientos y afianzando nuestra formación como estudiantes universitarios.
- A todas y todos quienes de una u otra forma han colocado un granito de arena para el logro de este Trabajo de Grado, agradecemos de forma sincera su valiosa colaboración.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
APROBACIÓN DE TESIS .....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO .....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	viii
RESUMEN.....	x
ABSTRACT .....	xi
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	12
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....	15
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA.....	38
CAPÍTULO 4. RESULTADOS .....	41
CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN.....	86
CONCLUSIONES.....	89
RECOMENDACIONES .....	90
REFERENCIAS.....	91
ANEXOS .....	92

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Coordenadas UTM zona de estudio .....	44
Tabla 2. Coordenadas UTM del acceso y salida a la zona de extracción .....	44
Tabla 3. Peso total de la muestra N° 1 húmeda y seca a una temperatura de secado ambiente... 49	49
Tabla 4. Análisis de la fracción de gruesos de la muestra N° 1.....	50
Tabla 5. Análisis de la fracción de finos de la muestra N° 1.....	51
Tabla 6. Resumen de porcentajes de material de la muestra total N° 1 según normas y especificaciones A.A.S.H.T.O. T88.....	52
Tabla 7. Peso total de la muestra N° 2 húmeda y seca a una temperatura de secado ambiente... 53	53
Tabla 8. Análisis de la fracción de gruesos de la muestra N° 2.....	54
Tabla 9. Análisis de la fracción de finos de la muestra N° 2.....	55
Tabla 10. Resumen de porcentajes de material de la muestra total N° 2 según normas y especificaciones A.A.S.H.T.O. T88.....	56
Tabla 11. Peso total de la muestra N° 3 húmeda y seca a una temperatura de secado ambiente. 57	57
Tabla 12. Análisis de la fracción de gruesos de la muestra N° 3.....	57
Tabla 13. Análisis de la fracción de finos de la muestra N° 3.....	58
Tabla 14. Resumen de porcentajes de material de la muestra total N° 3 según normas y especificaciones A.A.S.H.T.O. T88.....	59
Tabla 15. Peso total de la muestra N° 4 húmeda y seca a una temperatura de secado ambiente. 60	60
Tabla 16. Análisis de la fracción de gruesos de la muestra N° 4.....	61
Tabla 17. Análisis de la fracción de finos de la muestra N° 4.....	62
Tabla 18. Resumen de porcentajes de material de la muestra total N° 4 según normas y especificaciones A.A.S.H.T.O. T88.....	63
Tabla 19. Resultado del Análisis Granulométrico del Material de los Taludes de la Gravera Shudal .....	64
Tabla 20. Datos que conforman el perfil longitudinal de Talud 1.....	66
Tabla 21. Datos que conforman el perfil longitudinal de Talud 2.....	67
Tabla 22. Datos que conforman las secciones transversales de los taludes de la Gravera Shudal 70	70
Tabla 23. Resultado de las alturas y ángulos de los taludes de la Gravera Shudal.....	71
Tabla 24. Análisis de resultados de la progresiva 0+030 en el talud 1.....	71
Tabla 25. Análisis de resultados de la progresiva 0+040 en el talud 1.....	72
Tabla 26. Análisis de resultados de la progresiva 0+050 en el talud 1.....	73
Tabla 27. Análisis de resultados de la progresiva 0+000 en el talud 2.....	73
Tabla 28. Análisis de resultados de la progresiva 0+030 en el talud 2.....	74
Tabla 29. Análisis de resultados de la progresiva 0+050 en el talud 2.....	75
Tabla 30. Análisis de resultados de la progresiva 0+070 en el talud 2.....	75
Tabla 31. Análisis de resultados de la progresiva 0+080 en el talud 2.....	76
Tabla 32. Análisis de resultados de la progresiva 0+010 en el talud 1.....	77
Tabla 33. Análisis de resultados de la progresiva 0+020 en el talud 1.....	77
Tabla 34. Análisis de resultados de la progresiva 0+060 en el talud 1.....	78
Tabla 35. Análisis de resultados de la progresiva 0+010 en el talud 2.....	79
Tabla 36. Análisis de resultados de la progresiva 0+020 en el talud 2.....	79
Tabla 37. Análisis de resultados de la progresiva 0+040 en el talud 2.....	80
Tabla 38. Análisis de resultados de la progresiva 0+060 en el talud 2.....	81
Tabla 39. Análisis de resultados de la progresiva 0+070 en el talud 1.....	81
Tabla 40. Análisis de resultados de la progresiva 0+080 en el talud 1.....	82
Tabla 41. Análisis de resultados de la progresiva 0+090 en el talud 1.....	83
Tabla 42. Análisis de resultados de la progresiva 0+100 en el talud 1.....	83
Tabla 43. Análisis de resultados de la progresiva 0+090 en el talud 2.....	84
Tabla 44. Análisis de resultados de la progresiva 0+100 en el talud 2.....	85
Tabla 45. Análisis de los parámetros de altura y ángulo en conjunto para determinar la estabilidad de los taludes en base al estudio granulométrico.....	88

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<i>Figura 1: Nomenclatura de Talud y Ladera.....</i>	19
<i>Figura 2: Partes constitutivas de los movimientos.....</i>	26
<i>Figura 3: Variación de la geometría de un talud por erosión.....</i>	28
<i>Figura 4: Talud sometido a la lluvia.....</i>	29
<i>Figura 5: Fuerzas debidas a la gravedad y fuerza provocadas por sismos.....</i>	29
<i>Figura 6: Aspectos geológicos que pueden provocar la falla de un talud.....</i>	30
<i>Figura 7: Sobre carga en la corona del talud.....</i>	30
<i>Figura 8: Excavación en el pie del talud.....</i>	31
<i>Figura 9: Pendientes Típicas para Taludes de Corte.....</i>	32
<i>Figura 10: Estabilización de por conformación del talud y bermas.....</i>	34
<i>Figura 11: Diagrama conceptual del efecto de la remoción de materiales de la cabeza de un talud.....</i>	35
<i>Figura 12: Mapa de ubicación Gravera Shudal.....</i>	41
<i>Figura 13: Descripción de cómo llegar a la Gravera Shudal.....</i>	43
<i>Figura 14: Puntos de ubicación de la Gravera Shudal.....</i>	45
<i>Figura 15: Longitud de los taludes de la Gravera Shudal.....</i>	46
<i>Figura 16: Corte estratigráfico de un talud de la Gravera Shudal para identificar las terrazas de tipo aluvial.....</i>	47
<i>Figura 17: Corte estratigráfico de un talud de la Gravera Shudal para identificar las terrazas de tipo coluvial.....</i>	48
<i>Figura 18: Material de acarreo existente en la Gravera Shudal.....</i>	48
<i>Figura 19: Porcentajes de retención de gruesos por número de tamiz de la Muestra Total N°1.....</i>	50
<i>Figura 20: Porcentajes de retención de finos por número de tamiz de la Muestra total N°1.....</i>	51
<i>Figura 21: Porcentajes de tipo de material de la Muestra total N°1.....</i>	53
<i>Figura 22: Porcentajes de retención de gruesos por número de tamiz de la Muestra Total N°2.....</i>	54
<i>Figura 23: Porcentajes de retención de finos por número de tamiz de la Muestra total N°2.....</i>	55
<i>Figura 24: Porcentajes de tipo de material de la Muestra total N°2.....</i>	56
<i>Figura 25: Porcentajes de retención de gruesos por número de tamiz de la Muestra Total N°3.....</i>	58
<i>Figura 26: Porcentajes de retención de finos por número de tamiz de la Muestra total N°3.....</i>	59
<i>Figura 27: Porcentajes de tipo de material de la Muestra total N°3.....</i>	60
<i>Figura 28: Porcentajes de retención de gruesos por número de tamiz de la Muestra Total N°4.....</i>	62
<i>Figura 29: Porcentajes de retención de finos por número de tamiz de la Muestra total N°4.....</i>	63
<i>Figura 30: Porcentajes de tipo de material de la Muestra total N°4.....</i>	64
<i>Figura 31: Resultado del Análisis Granulométrico de los de la Gravera Shudal.....</i>	65
<i>Figura 32: Análisis de la Sección Transversal 0+030 del talud 1.....</i>	72
<i>Figura 33: Análisis de la Sección Transversal 0+040 del talud 1.....</i>	72
<i>Figura 34: Análisis de la Sección Transversal 0+050 del talud 1.....</i>	73
<i>Figura 35: Análisis de la Sección Transversal 0+000 del talud 2.....</i>	74
<i>Figura 36: Análisis de la Sección Transversal 0+000 del talud 2.....</i>	74
<i>Figura 37: Análisis de la Sección Transversal 0+050 del talud 2.....</i>	75
<i>Figura 38: Análisis de la Sección Transversal 0+070 del talud 2.....</i>	76
<i>Figura 39: Análisis de la Sección Transversal 0+080 del talud 2.....</i>	76
<i>Figura 40: Análisis de la Sección Transversal 0+010 del talud 1.....</i>	77
<i>Figura 41: Análisis de la Sección Transversal 0+020 del talud 1.....</i>	78
<i>Figura 42: Análisis de la Sección Transversal 0+060 del talud 1.....</i>	78
<i>Figura 43: Análisis de la Sección Transversal 0+010 del talud 2.....</i>	79
<i>Figura 44: Análisis de la Sección Transversal 0+020 del talud 2.....</i>	80
<i>Figura 45: Análisis de la Sección Transversal 0+040 del talud 2.....</i>	80
<i>Figura 46: Análisis de la Sección Transversal 0+060 del talud 2.....</i>	81
<i>Figura 47: Análisis de la Sección Transversal 0+070 del talud 1.....</i>	82
<i>Figura 48: Análisis de la Sección Transversal 0+080 del talud 1.....</i>	82
<i>Figura 49: Análisis de la Sección Transversal 0+090 del talud 1.....</i>	83

<i>Figura 50: Análisis de la Sección Transversal 0+100 del talud 1 .....</i>	<i>84</i>
<i>Figura 51: Análisis de la Sección Transversal 0+090 del talud 2 .....</i>	<i>84</i>
<i>Figura 52: Análisis de la Sección Transversal 0+100 del talud 2 .....</i>	<i>85</i>

## RESUMEN

Esta tesis se realizó con el objetivo de determinar la influencia de los resultados del estudio granulométrico en la estabilidad de los taludes de la Gravera Shudal. Inicialmente se determinó la influencia del material fino en la definición de la altura adecuada de los taludes, luego se determinó la influencia del material fino en la definición del ángulo adecuado de los taludes, después se determinó la influencia del material grueso en la definición de la altura adecuada de los taludes y finalmente se determinó la influencia del material grueso en la definición del ángulo adecuado de los taludes. La investigación es de tipo no experimental, descriptiva y con un diseño transversal, además de ser aplicada ya que permite analizar una situación real. Los resultados obtenidos en la investigación fueron que la granulometría de los taludes está compuesta por 8.60% de finos entre arcillas y limos, y 91.40% de gruesos entre arenas, gravas y cantos; las alturas de los mismos oscilan entre 2.50 a 7.00 metros de altura; y los ángulos de talud oscilan entre 30° a 90°. Al finalizar la investigación, se concluyó en que la granulometría de los taludes, en conjunto con las alturas y ángulos, si influyen determinadamente en la estabilidad de los taludes existentes en la Gravera Shudal.

**Palabras clave:** granulometría, estabilidad de taludes, gravera, Shudal.

## ABSTRACT

This thesis was carried out with the objective of determining the influence of the results of the granulometric study on the stability of the slopes of Gravera Shudal. The influence of the fine material on the definition of the appropriate slope height was determined, then the influence of the thin material was determined in the definition of the appropriate angle of the slopes, after which the influence of the thick material in the definition of the slope was determined adequate height of the slopes and finally the influence of the thick material in the definition of the appropriate angle of the slopes was determined. The research is non-experimental, descriptive and with a cross-sectional design, besides being applied since it allows analyzing a real situation. The results obtained in the research were that the granulometry of the slopes is composed of 8.60% of fines between clays and limes, and 91.40% of thickness between sands, gravel and corners; the heights of the same oscillate between 2.50 to 7.00 meters of height; and the slope angles range from 30 ° to 90 °. At the end of the investigation, it was concluded that the granulometry of the slopes, together with the heights and angles, influence decisively the stability of the existing slopes in the Gravel Shudal.

Key words: granulometry, slope stability, gravera, Shudal.

## CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

Durante la explotación de diferentes obras como: vías, presas, yacimientos minerales, canteras, graveras, etc., se han evidenciado problemas de deslizamientos, los mismos que probablemente fueron causados por aspectos como: condiciones climáticas adversas, condiciones geológicas desfavorables, zonas de alta sismicidad, intervenciones antrópicas. Todo esto aportando desfavorablemente para las obras en las que se trabaje. (Bock, 1983)

A nivel nacional se registran numerosos casos en donde canteras, graveras y yacimientos minerales operados en superficie presentan problemas de deslizamiento, esto a causa de la inestabilidad de taludes.

En las canteras y graveras de Cajamarca en su gran mayoría, la extracción de materiales de acarreo se realiza sin tener en cuenta algún método de explotación y obviando temas relacionados a la estabilidad de taludes; debido a ello, es que estas zonas de operaciones quedan expuestas a posibles deslizamientos de los taludes formados por terrazas y por consiguiente causando la inseguridad de los trabajadores. Por otro lado, existen graveras que son aledañas a terrenos y edificaciones habitables, lo cual genera un problema mayor, ya que está directamente relacionado con la seguridad de personas y/o animales que viven en la zona.

En la Gravera Shudal, la extracción de materiales de acarreo en temporadas de estiaje, se realiza mediante una extracción manual; es decir, con obreros que utilizan pico y palana para la extracción y carguío del material de acarreo que se encuentra alojado en las riberas del río y volquetes para transportar el mismo. Durante todo el tiempo que viene operando en la gravera, se ha generado taludes de unos 6 metros de altura aproximadamente y hasta el momento no se ha considerado estudios, planes u procedimientos de estabilidad que estén debidamente documentados. Debido a lo expuesto, los trabajadores operan bajo un cierto riesgo por un posible deslizamiento, el cual atenta en contra de su integridad física y de las personas y animales que viven cerca de la zona de extracción.

Las terrazas que conforman los taludes de la Gravera Shudal, están formadas por suelos en donde su granulometría está compuesta por arenas y gravas, estos taludes están expuestos a un fenómeno de licuefacción, pues debido a que, al ser un material no consolidado, éste puede perder su resistencia al esfuerzo cortante a causa de vibraciones internas y producir deslizamientos de talud.

## 1.2. Formulación del problema

¿Qué influencia tendrán los resultados del estudio granulométrico en la estabilidad de los taludes en la Gravera Shudal?

### 1.2.1. Problemas Secundarios

- ¿Qué influencia tendrá el material fino en la definición de la altura y el ángulo adecuados de los taludes?
- ¿Qué influencia tendrá el material grueso en la definición de la altura y el ángulo adecuados de los taludes?

## 1.3. Justificación

Desde el punto de vista económico, la explotación de una cantera o una gravera representa uno de los procesos fundamentales dentro de la minería a cielo abierto, por lo que se debería contar con las medidas necesarias respecto al control y seguridad durante la extracción de los materiales de acarreo, pues de ello dependerá mucho su rentabilidad económica.

Desde el punto de vista aplicativo o práctico, la investigación determinará un problema real existente en la Gravera Shudal en Cajamarca, en la cual se quiere determinar la estabilidad de los taludes que lo componen en la actualidad.

Desde el punto de vista académico, los conocimientos adquiridos durante el desarrollo de la carrera profesional de Ingeniería de Minas, permiten desempeñar y aplicar los mismos para la presente investigación, pues dichos conocimientos son la base para poder profundizar sobre temas relacionados y una buena oportunidad para servir de guía en el desarrollo de investigaciones o proyectos futuros.

## 1.4. Limitaciones

El estudio granulométrico se realizará sólo en los taludes que forman parte de la Gravera Shudal, el cual tiene una longitud aproximada de 100m lineales.

El estudio granulométrico para determinar su influencia en la estabilidad de los taludes de la Gravera Shudal, se realizará sólo en un período de estiaje.

La investigación estará basada en métodos empíricos para el análisis de determinar la influencia en la estabilidad de los taludes, teniendo como base un estudio granulométrico.

Para la presente investigación no se realizarán estudios de estratigrafía, axiales ni coaxiales, ni estudios sobre factor de seguridad, sólo estudios granulométricos.

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo General**

“Determinar la influencia de los resultados del estudio granulométrico en la estabilidad de los taludes de la Gravera Shudal”.

### **1.5.2. Objetivos Específicos**

- Determinar la influencia del material fino en la definición de la altura y ángulo adecuados de los taludes.
- Determinar la influencia del material grueso en la definición de la altura y ángulo adecuados de los taludes.

## CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

### a) Antecedentes

#### • Antecedentes Internacionales

Ramírez (2008), en la ciudad de Medellín, Colombia, en la tesis “Sostenibilidad de la explotación de materiales de construcción en el valle de Aburrá”, tiene como objetivo 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; obteniendo como resultado que las actividades mineras en el Valle de Aburrá se realizan bajo parámetros de insostenibilidad, dejando graves daños de difícil y costosa reparación, tanto en lo físico, como en lo económico y social.

Valle, Acosta & Salvatierra (2011), en la ciudad de Guayaquil, Ecuador, en el proyecto de tesis “Agregados Utilizados en Obras Civiles extraídos de la Cantera San Luis”, tiene como objetivo describir los procesos de extracción del macizo rocoso y las propiedades físicas y de resistencia de los agregados de la cantera San Luis; obteniendo como resultado que la cantera San Luis ofrece agregados que pueden ser utilizados para todas las diversas aplicaciones en los que se requiera en la ciudad de Guayaquil siendo estos: Hormigón para construcciones de edificaciones y carreteras , Capas de Pavimento, como material de relleno o mejoramiento para escolleras y aglomerado asfáltico.

#### • Antecedentes Nacionales.

Aguedo (2008), en la ciudad de Lima, en la tesis “Problemática medio ambiental de las canteras de materiales de construcción en Lima”, tiene como objetivo identificar las zonas urbanas o de expansión urbana, críticas con problemáticas medioambiental ocasionado por el trabajo de explotación de canteras de materiales de construcción que hacen daño a la salud de las personas con el consiguiente impacto negativo al medio ambiente; obteniendo como resultado que la depredación del relieve del terreno es en forma irregular y caótica con taludes verticales, con bancos angostos, vías de acceso en mal estado de conservación dando un impacto visual negativo.

Granados (2006), en la ciudad de Lima, en la tesis “Estabilización del talud de la costa verde en la zona del distrito de barranco” tiene como objetivo desarrollar el análisis y diseño de ingeniería, así como el presupuesto de una solución para estabilizar, bajo las condiciones críticas de un sismo, un tramo representativo de 560 metros de longitud del talud de la Costa Verde, ubicado en el distrito de Barranco; obteniendo como resultado; para lograr estar dentro de Los Factores de Seguridad recomendados en la Norma

Peruana E.050 y normas internacionales es necesario reducir la pendiente de todo el tramo del talud materia de esta Tesis mediante la aplicación de movimientos masivos de tierra, comúnmente conocidos como “cortes”.

- **Antecedentes Locales.**

Castrejón, Jambo, Muñoz, Gonzales, Quispe, Ramírez, Torres & Vásquez (2015), en la ciudad de Cajamarca, en la tesis “Análisis de estabilidad y diseño de talud de cantera Juan sin Miedo”, tiene como objetivo Analizar la estabilidad de la roca para el diseño de un talud de la cantera “Juan sin miedo” en base a un estudio geotécnico de la zona; obteniendo como resultado que se logró calcular la resistencia de cada zona, su RMR, RQD, y otros parámetros como los de resistencia al corte que son la cohesión y el ángulo de fricción los cuales nos sirvieron en el diseño final del talud, el cual se obtuvo del software Slide.

**b) Bases Teóricas**

- **Las Canteras, su Clasificación y su Explotación**

Una cantera es una explotación minera, generalmente a cielo abierto, en la que se obtienen rocas industriales, ornamentales o áridos. Las principales rocas obtenidas en las canteras son: mármoles, granitos, calizas y pizarras.

Por sus características geológicas, la zona interandina presenta condiciones óptimas para la localización de yacimientos no metálicos, rocas ornamentales y materiales de construcción. Las rocas que afloran son arcillas, arenas, areniscas, gravas conglomerados, piedra pómez, perlita, andesita, etc. muchas de las cuales se utilizan en la industria de la construcción.

La explotación, en la mayoría de las canteras existentes en el territorio, se hace en forma semi-mecanizada y, en menor porcentaje en forma manual predominando el sistema de cielo abierto. (Aguedo, 2008)

***Clasificación de Canteras:***

Según Valle, Acosta & Salvatierra (2011) las canteras pueden clasificarse según tres factores los cuales son:

CLASIFICACIÓN DE CANTERAS	
Según el tipo de explotación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Canteras a Cielo Abierto.               <ul style="list-style-type: none"> <li>- En laderas, cuando la roca se arranca en la falda de un cerro.</li> <li>- En corte, cuando la roca se extrae de cierta profundidad en el terreno (Pit).</li> </ul> </li> <li>• Canteras Subterráneas.</li> </ul>
Según el material a explotar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De Materiales Consolidados o Roca.</li> <li>• De Materiales no Consolidados como suelos, saprolito, agregados, terrazas aluviales y arcillas.</li> </ul>
Según su origen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Canteras Aluviales</li> <li>• Canteras de roca o peña</li> </ul>

- **Cantera a cielo abierto:** Su proceso de extracción (explotación) de minerales se ejecuta en la superficie del terreno con maquinaria de gran tamaño. (Valle, Acosta & Salvatierra, 2011)
- **Cantera subterránea:** La actividad es realizada por debajo de la superficie, a través de labores subterráneas. En términos comparativos la maquinaria que se usa en la minería subterránea es mucho más pequeña que la que se utiliza a cielo abierto, debido a las limitaciones que impone el tamaño de las galerías y labores. (Valle, Acosta & Salvatierra, 2011)
- **Canteras aluviales:** llamadas también canteras fluviales, en las cuales los ríos como agentes naturales de erosión, transportan durante grandes recorridos las rocas aprovechando su energía cinética para depositarlas en zonas de menor potencialidad formando grandes depósitos de estos materiales entre los cuales se encuentran desde cantos rodados y gravas hasta arena, limos y arcillas; la dinámica propia de las corrientes de agua permite que aparentemente estas canteras tengan ciclos de autoabastecimiento, lo cual implica una explotación económica, pero de gran afectación a los cuerpos de agua y a su dinámica natural. Dentro del entorno ambiental una cantera de aluvión tiene mayor aceptación en terrazas alejadas del área de influencia del cauce que directamente sobre él. En las canteras de río, los materiales granulares que se encuentran son muy competentes en obras civiles, debido a que el continuo paso y transporte del agua desgasta los materiales quedando al final aquellos

que tiene mayor dureza y además con características geométricas típicas como sus aristas redondeadas. Estos materiales son extraídos con palas mecánicas y cargadores de las riberas y cauces de los ríos. (Valle, Acosta & Salvatierra, 2011)

- **Canteras de roca o peña:** más conocidas como canteras de peña, las cuales tienen su origen en la formación geológica de una zona determinada, donde pueden ser sedimentarias, ígneas o metamórficas; estas canteras por su condición estática, no presentan esa característica de autoabastecimiento lo cual las hace fuentes limitadas de materiales. Las canteras de peña, están ubicadas en formaciones rocosas, montañas, con materiales de menor dureza, generalmente, que los materiales de ríos debido a que no sufren ningún proceso de clasificación; sus características físicas dependen de la historia geológica de la región, permitiendo producir agregados susceptibles para su utilización industrial; estas canteras se explotan haciendo cortes o excavaciones en los depósitos. (Valle, Acosta & Salvatierra, 2011)

- **Explotación de Graveras**

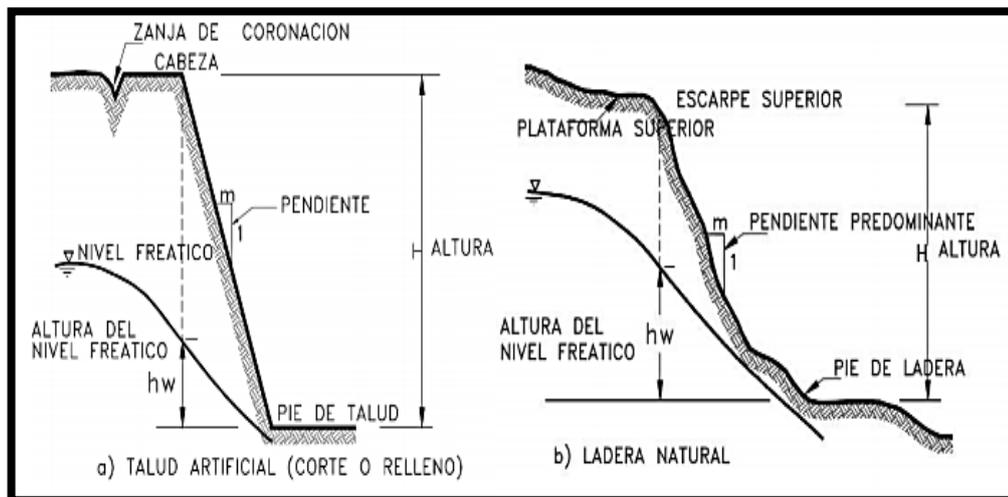
El fuerte crecimiento demográfico y la proliferación de urbanizaciones en los últimos años ha supuesto una gran demanda de materiales de construcción. Entre ellos se encuentran las arenas y gravas que se encuentran en los ríos, se extraen de las terrazas inferiores al encontrarse como materiales detríticos aportados por el propio río. (Herrera, 20017)

La explotación de la extracción consiste en eliminar toda la vegetación que ocupa la superficie de explotación. Dada la proliferación de este tipo de actividades, se puede afirmar que se han destruido una gran superficie arbolada. El impacto es mayor en las zonas de ribera, pues se favorece la erosión y el peligro de inundaciones. Además, en esas zonas se pierde la capa más superficial del suelo, que es la más fértil, por lo que se hace difícil o imposible la regeneración natural del bosque o el aprovechamiento para cultivos.

El trabajo consiste en extraer el material detrítico con palas excavadoras y transportarlo en volquetes a la planta de tratamiento para ser cribada y seleccionado por tamaños. Así se separan distintas fracciones que quedan almacenadas y clasificadas formando montículos. El movimiento constante de palas excavadoras, volquetes y camiones produce un levantamiento de polvo y partículas en suspensión que es causa de contaminación atmosférica y acústica. (Herrera, 20017)

- **Nomenclatura de un Talud**

Poblete (2006), define los siguientes elementos constitutivos en el talud o ladera:



**Figura 1: Nomenclatura de Talud y Ladera.**

Fuente: Poblete, M. (2006). Mecánica de Suelos II Taludes: Análisis de Estabilidad. Investigación, Universidad Católica de la Santísima Concepción, San Andrés.

**Altura:** Es la distancia vertical entre el pie y la cabeza, la cual se presenta claramente definida en taludes artificiales, pero es complicada de cuantificar en las laderas debido a que el pie y la cabeza no son accidentes topográficos bien marcados.

**Pie:** Corresponde al sitio de cambio brusco de pendiente en la parte inferior.

**Cabeza o Escarpe:** Se refiere al sitio de cambio brusco de pendiente en la parte superior.

**Altura de Nivel Freático:** Distancia vertical desde el pie del talud o ladera hasta el nivel de agua medida debajo de la cabeza.

**Pendiente:** Es la medida de la inclinación del talud o ladera. Puede medirse en grados, en porcentaje o en relación  $m/1$ , en la cual  $m$  es la distancia horizontal que corresponde a una unidad de distancia vertical.

Ejemplo: Pendiente:  $45^\circ$ , 100%, o 1H: 1V.

Existen, además, otros factores topográficos que se requiere definir como son longitud, convexidad (vertical), curvatura (horizontal) y área de cuenca de drenaje, los cuales pueden tener influencia sobre el comportamiento geotécnico del talud.

## • Análisis Granulométrico

Bravo, Morales & Ramírez (2012) define que para separar por tamaños se utilizan las mallas de diferentes aberturas, las cuales proporcionan el tamaño máximo de agregado en cada una de ellas. En la práctica los pesos de cada tamaño se expresan como porcentajes retenidos en cada malla con respecto al total de la muestra. Estos porcentajes

retenidos se calculan tanto parciales como acumulados, en cada malla, ya que con estos últimos se procede a trazar la gráfica de valores de material. (p.4).

- **Granulometría por tamizado:** Es un proceso mecánico mediante el cual se separan las partículas de un suelo en sus diferentes tamaños, denominado a la fracción menor (Tamiz No 200) como limo, Arcilla. Se lleva a cabo utilizando tamices en orden decreciente. La cantidad de suelo retenido indica el tamaño de la muestra, esto solo separa una porción de suelo entre dos tamaños. El análisis granulométrico por tamizado se realiza a las partículas con diámetros superiores a 0,075 mm. (Malla 200), este ensayo se hace con una serie de mallas normalizadas (a cada número de malla le corresponde una abertura estándar), dispuestos en orden decreciente.
- **Para qué sirve el análisis granulométrico:** El análisis granulométrico se emplea de forma muy habitual. Es común para la identificación y caracterización de los materiales geológicos en la Ingeniería. También se usa para determinar si esa granulometría es conveniente para producir concreto o usarlo como relleno en una construcción civil. Se realizarán mediante ensayos en el laboratorio con tamices de diferente enumeración, dependiendo de la separación de los cuadros de la malla. Los granos que pasen o se queden en el tamiz tienen sus características ya determinadas. Para el ensayo o el análisis de granos gruesos será muy recomendado el método del Tamiz; pero cuando se trata de granos finos este no es muy preciso, porque se le es más difícil a la muestra pasar por una maya tan fina; Debido a esto el Análisis granulométrico de Granos finos será bueno utilizar otro método.

El tamaño de las partículas de un suelo puede ser muy variado, desde micras hasta bloques de grandes dimensiones. La medida de dicho tamaño se conoce con el nombre de: Granulometría. El análisis granulométrico es una distribución por tamaño de las partículas de suelo; la distribución de las partículas sólidas se realiza según normas específicas.

Arcillas: < 0,0039 mm.

Limos: 0,0039-0,0625 mm.

Arenas: 0,0625-2 mm.

Gravas: 2-64 mm.

Cantos: 64-256 mm.

- **Influencia del Material Fino en la Altura del Talud**

- **Material fino:** Los suelos finos están constituidos de partículas compuestas de fragmentos diminutos de roca, minerales y minerales de arcilla, con textura granular y en hojuelas. De acuerdo al sistema de clasificación unificado estas partículas tienen un tamaño inferior a 0.075 mm, que corresponden a la categoría del limo y la arcilla, por lo que toda fracción de suelo que pasa el tamiz Nro. 200 es considerado como suelo fino. (Velazco 2009).
- **Suelos Arcillosos:** Se denomina 'suelos arcillosos' a aquellos terrenos compuestos, en su mayoría, por partículas de arcilla. Un suelo de este tipo está formado por diferentes partículas. Algunas de ellas son arena, limo y otros minerales. Pero entre todas ellas, la que se encuentra en mayor cantidad es la arcilla. (Velazco 2009).
  - ✓ **Textura:** Un terreno arcilloso tiene una textura fina siendo que está formado por partículas muy finas. Se lo considera un suelo pesado siendo que esto es lo que causa que, al carecer de agua, la tierra de este tipo se una formando acumulaciones y masas compactas y trabajarla para el cultivo requiera de más esfuerzo.
  - ✓ **Como reconocer un suelo arcilloso:** La manera más eficaz de identificar un tipo de terreno es realizando una prueba o examen que nos brinde los datos exactos de su composición.
- **Suelos Limosos:** Es un tipo de suelo muy compacto El limo es un tipo de material muy fino que ha sido llevado a un lugar a través de los ríos o arrastrado por el viento o las lluvias. (Velazco 2009).
  - ✓ **Características de suelos Limosos:** Son los suelos que contienen una proporción muy elevada de limo. El Limo, es un tipo de suelo muy compacto, sin llegar a serlo tanto como los arcillosos.

Estos suelos resultan producidos por la sedimentación de materiales muy finos arrastrados por las aguas o depositados por el viento.

Suelen presentarse junto a los lechos de los ríos y son muy fértiles.

Sabemos que se trata de suelos limosos porque, al igual que los arcillosos, permiten formar bolas, aunque estas se rompen con facilidad. A diferencia de los arcillosos no nos permiten formar cintas entre los dedos.

- ✓ **Su composición:** Estos suelos se componen de partículas más pequeñas y suaves al tacto que los arenosos. Los suelos limosos retienen el agua por más tiempo, así como los nutrientes. Su color es marrón oscuro, los limos se componen

de una mezcla de arena fina y arcilla que forma una especie de barro junto al lodo y restos vegetales. Este tipo de suelos se suele dar en el lecho de los ríos.

- **Suelos cohesivos:** Partículas muy pequeñas predominan los predominan los efectos electroquímicos superficiales. Las partículas tienden a juntarse (Interacción agua partícula). Suelos plásticos arcillas. (Velazco 2009).
- **Suelos no cohesivos:** Las partículas de suelo no tienden a juntarse ni adherirse Son relativamente grandes, también llamados suelos granulares o friccionantes (gravas, arenas, limos). (Velazco 2009).
- **Altura del talud:** Es la distancia vertical entre el pie y la cabeza, la cual se presenta claramente definida en taludes artificiales, pero es complicada de cuantificar en las laderas debido a que el pie y la cabeza no son accidentes topográficos bien marcados. (Velazco 2009).

La presencia de materiales finos en el talud hace que este sea un suelo de tipo cohesivo (suelo plástico, compactado y de baja permeabilidad); por tal motivo, genera la existencia de mayores fuerzas actuantes en la constitución del talud debido a su masa. A pesar de que los taludes conformados por este tipo de suelo son estables, según Suárez (1992), éstos deben tener una altura de hasta 10 metros como máximo debido a las fuerzas actuantes mencionadas.

## • Influencia del Material Fino en la Definición del Ángulo del Talud

- **Talud:** Perfil conseguido tras una excavación o terraplenado no necesariamente vertical, sino con cierto ángulo con la horizontal, llamado ángulo de talud. (Pérez 2005).
- **Angulo de Talud:** Se denomina ángulo de reposo o ángulo de talud de un montículo de granel sólido es el ángulo formado entre el copete y la horizontal de la base, cuando el material se estabiliza por sí mismo. Al acumular granel sólido sobre un plano, éste queda apilado en forma de cono. El ángulo formado entre la generatriz del cono y su base se denomina ángulo de reposo. El mismo concepto se aplica en movimiento de suelos y otros trabajos o infraestructuras que estén relacionadas a la mecánica de suelos, dado que el ángulo de reposo determina el talud natural del terreno. (Pérez 2005).
- **Capacidad de Carga:** La capacidad de carga es la presión última o de falla por corte del suelo y se determina utilizando las fórmulas aceptadas por la mecánica de suelos. (Pérez 2005).
- **Capacidad de Soporte:** Resistencia que presenta el material subrasante con fines de diseño de pavimentos. (Pérez 2005).

Según Suárez (1992), el material fino en gran proporción influye bastante en la compactación de los suelos o terrenos, ya que estos actúan como cementos entre otros materiales; sin embargo, al existir más fricción, determina tanto la capacidad portante como la resistencia al deslizamiento, pero genera más fuerzas actuantes en el talud debido a su masa; por lo que se recomienda que los taludes compuestos por este tipo de material tengan un ángulo de entre 40° a 51°.

## • **Influencia del Material Grueso en la Definición de la Altura Adecuada del Talud**

- **Material grueso:** Estos suelos están constituidos de partículas con textura granular compuestas de fragmentos de roca y mineral. De acuerdo al sistema de clasificación unificado estas partículas tienen un tamaño comprendido entre 75 y 0.075 mm, que corresponde al tamaño de la grava y arena. Aunque en su mayoría contienen partículas mayores a 0.075 mm también contienen material fino en pequeña cantidad, como conjunto estos suelos tienen mayor resistencia a la erosión. (Velazco 2009).
- **Suelos arenosos:** El suelo arenoso es el que está formado principalmente por arena. La arena a diferencia de la arcilla cuando está húmeda o mojada no se engancha. Los suelos arenosos no retienen el agua que rápidamente se hunde a capas más profundas. Son suelos considerados secos en donde hay muy poca humedad. (Velazco 2009).

### **Características de los suelos arenosos:**

- ✓ **Textura de los suelos arenosos:** Al tratarse de un terreno compuesto por partículas de piedras y minerales, su textura es rugosa. En otras palabras, podríamos decir que se trata de un suelo áspero y no liso. Además, también se destaca por ser un suelo muy ligero y liviano.
- ✓ **Porosidad:** El nivel de porosidad de este tipo de suelo es altísimo. Este está compuesto, en su mayor parte, por arena y esto es lo que hace que requiera de agua constantemente para permanecer húmedo. No solo absorbe muchísima agua, sino que también se seca rapidísimo.
- **Suelos Gravosos:** Son partículas granulares de material pétreo (es decir, piedras) de tamaño variable. Este material se origina por fragmentación de las distintas rocas de la corteza terrestre, ya sea en forma natural o artificial. En este último caso actúan los procesos de chancado o triturado, son rocas formadas por clastos de tamaño comprendido entre 2 y 64 milímetros. (Velazco 2009).

#### **Obtención de Grava:**

- ✓ **Bancos de sedimentación:** Son los bancos construidos artificialmente para embancar el material fino-grueso que arrastran los ríos.
- ✓ **Cauce de río:** Corresponde a la extracción desde el lecho del río, en donde se encuentra material arrastrado por el escurrimiento de las aguas.
- ✓ **Pozos secos:** Zonas de antiguos rellenos aluviales en valles cercanos a ríos.
- ✓ **Canteras:** Es la explotación de los mantos rocosos o formaciones geológicas, donde los materiales se extraen usualmente desde cerros mediante lo que se denomina tronadura o voladura (rotura mediante explosivos).
- **Suelos de Cantos:** Son fragmentos de roca pulidos y sueltos, susceptibles de ser transportados por medios naturales, como las corrientes de agua, los corrimientos de tierra, etc. Aunque no se hace distinción de forma, en general, un canto rodado adquiere una morfología más o menos redondeada, subredondeada u oblonga, sin aristas y con la superficie lisa, debido al desgaste sufrido por los procesos erosivos durante el transporte. (Velazco 2009).
- ✓ **Aprovechamiento de suelos de Cantos:** Se utilizan generalmente en la construcción para hacer revoques y pavimentos. Sus cantos planos son de gran utilidad para el apilamiento de material y su adherencia al hormigón o cemento los hacen muy útiles.

Este tipo de suelos o terrenos están compuestos en gran proporción por cantos, gravas y arenas en comparación con los finos; por tal motivo, genera un suelo de tipo de suelo permeable y muy poco compactado. Según Suárez (1992), para los taludes que están compuestos por este tipo de suelo, deben tener una altura de hasta 15 metros como máximo y con un ángulo adecuado, ya que las fuerzas actuantes son menores en comparación con los suelos cohesivos.

#### • **Influencia del material grueso en la definición del ángulo del talud:**

- **Ángulo de reposo en suelos arenosos:** Ángulo que forma la superficie del talud natural formado por ese tipo de arena y la horizontal. Este ángulo depende de la forma de los granos y su encaje en forma de estructura. El ángulo de rozamiento interno determina el tamaño de un talud de carreteras o el comportamiento de un cimiento, pues la resistencia que opone el suelo al peso de una edificación está directamente relacionada con este ángulo. (Pérez 2005).
- **Aplicación:** El ángulo de rozamiento interno a veces intervienen en el diseño de equipos para el procesado de partículas sólidas. Por ejemplo, se puede usar para

diseñar un silo de almacenaje o el dimensionado de una cinta transportadora para materiales granulosos. E igualmente en geotecnia y geología el ángulo de rozamiento interno es importante para determinar la estabilidad de taludes, la resistencia de una cimentación o para el cálculo del empuje de tierras. (Pérez 2005).

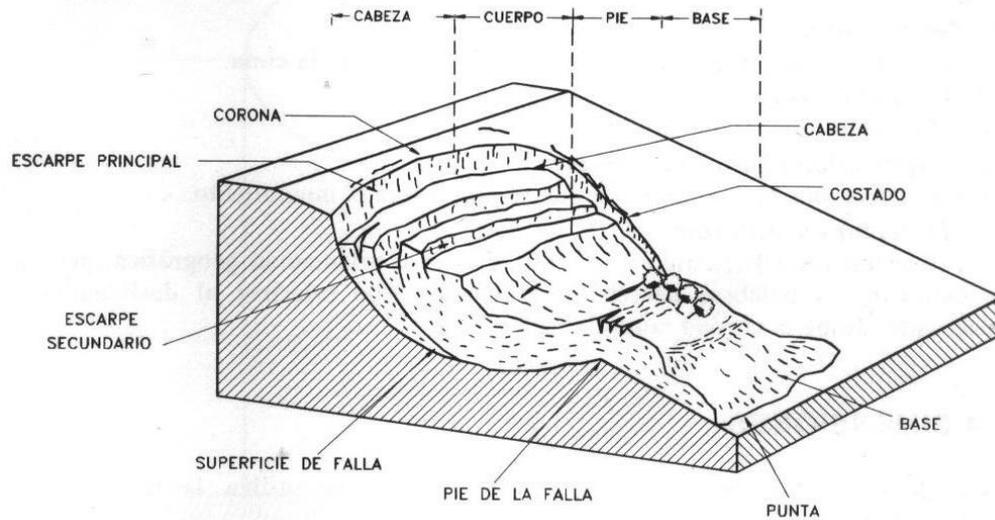
Según Suárez (1992), los taludes conformados por este tipo de suelo tienen poca fricción interna pero también tienen menor cantidad de fuerzas actuantes en comparación con los suelos cohesivos, ya que su masa es menor (existe menor compactación y mayor permeabilidad). Por tal motivo, este tipo de taludes compuestos por suelos arenosos con gravas y cantos densa, deben tener un ángulo de entre  $45^\circ$  a  $51^\circ$  si su altura es menor a 10 metros, y un ángulo de entre  $40^\circ$  a  $45^\circ$  si su altura oscila entre 10 a 15 metros.

### • Tipos de Fallas más Frecuentes en los Terrenos

Merchán y Sánchez (2013), clasifican los siguientes tipos de fallas más frecuentes en terrenos:

- **Los procesos de movimiento:** Los procesos de movimiento en taludes y laderas comprenden movimientos hacia la parte baja y fuera de los materiales que conforman el talud. Las principales discontinuidades por las cuales ocurren los movimientos son las fallas, por desprendimientos, erosión, etc., el tipo de movimiento depende del terreno en el cual se produzca.

El conocimiento de la ocurrencia de deslizamientos en el pasado en el área de los taludes constituye un buen punto de partida para la detección y evaluación de potenciales deslizamientos en el futuro. En general, las áreas donde estos fenómenos ya han ocurrido en el pasado son altamente susceptibles a que vuelvan a ocurrir. Entre las fuentes de información para conocer sobre deslizamientos en el pasado, están las reseñas de deslizamientos publicados en periódicos locales, revistas nacionales o internacionales especializadas en el tema.



**Figura 2: Partes constitutivas de los movimientos.**

Fuente: Suárez Díaz, J. (1992). Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales. Bucaramanga - Colombia: Ingeniería de Suelos Ltda.

Donde:

**Escarpe Principal:** Corresponde a una superficie muy inclinada a lo largo de la periferia del área en movimiento, causado por el desplazamiento del material fuera del terreno original. La continuación de la superficie del escarpe dentro del material forma la superficie de falla.

**Escarpe Secundario:** Una superficie muy inclinada producida por desplazamientos diferenciales dentro de la masa que se mueve.

**Cabeza:** Las partes superiores del material que se mueve a lo largo del contacto entre el material perturbado y el escarpe principal.

**Cima:** El punto más alto del contacto entre el material perturbado y el escarpe principal.

**Corona:** El material que se encuentra en el sitio, prácticamente inalterado y adyacente a la parte más alta del escarpe principal.

**Superficie de Falla:** Corresponde al área debajo del movimiento que delimita el volumen de material desplazado. El volumen de suelo debajo de la superficie de falla no se mueve.

**Pie de la Superficie de Falla:** La línea de interceptación (algunas veces tapada) entre la parte inferior de la superficie de rotura y la superficie original del terreno.

**Base:** El área cubierta por el material perturbado abajo del pie de la superficie de falla.

**Punta o Uña:** El punto de la base que se encuentra a más distancia de la cima.

**Costado o Flanco:** Un lado (perfil lateral) del movimiento.

**Superficie Original del Terreno:** La superficie que existía antes de que se presentara el movimiento.

**Derecha e Izquierda:** Para describir un deslizamiento se prefiere usar la orientación geográfica, pero si se emplean las palabras derecha e izquierda debe referirse al deslizamiento observado desde la corona mirando hacia el pie. (Merchán y Sánchez, 2013)

- **Deslizamientos:** Es un movimiento de una masa de tierra el cual es provocado por la inestabilidad de taludes o por una zona inestable, donde se desplaza sobre una zona estable. Los deslizamientos se producen cuando las fuerzas desestabilizadoras son mayores a las fuerzas estabilizadoras. Existen medios ingenieriles que permiten corregir todo tipo de deslizamiento, pero dependiendo de la magnitud el factor económico cambia en gran porcentaje siendo no viable para ciertos proyectos. Las partes de un deslizamiento se aprecian. (Merchán y Sánchez, 2013)
- **Repteo:** Según Hunt (1984) "Consiste en un lento e imperceptible movimiento o deformación del material de un talud frente a bajos niveles de esfuerzos que generalmente afectan a las porciones más superficiales del talud, aunque también puede afectar a porciones profundas cuando existe un estrato poco resistente. El repteo es el resultado de la acción de fuerzas de filtración o gravitacionales y es un indicador de condiciones favorables para el deslizamiento. El repteo es característico en materiales cohesivos y rocas blandas y en taludes moderadamente empinados a empinados". (p. 34)

## • Estabilidad de Taludes

La finalidad de los análisis de estabilidad de taludes es estimar la posibilidad de falla de éstos al provocarse un deslizamiento de la masa de suelo que lo forma, buscando que el diseño de excavaciones y rellenos que den lugar a un talud o afecten la estabilidad de una ladera y se realicen de forma segura y económica.

El análisis convencional de estabilidad de taludes en dos dimensiones busca el determinar la magnitud de las fuerzas o momentos actuantes que provoquen el movimiento y determinar la magnitud de las fuerzas o momentos resistentes que se opongan al movimiento que actúan en los suelos que forman al talud.

Para lograr lo anterior se calcula la relación entre las fuerzas o momentos resistentes y las fuerzas o momentos actuantes obteniendo un factor seguridad que está afectado por las

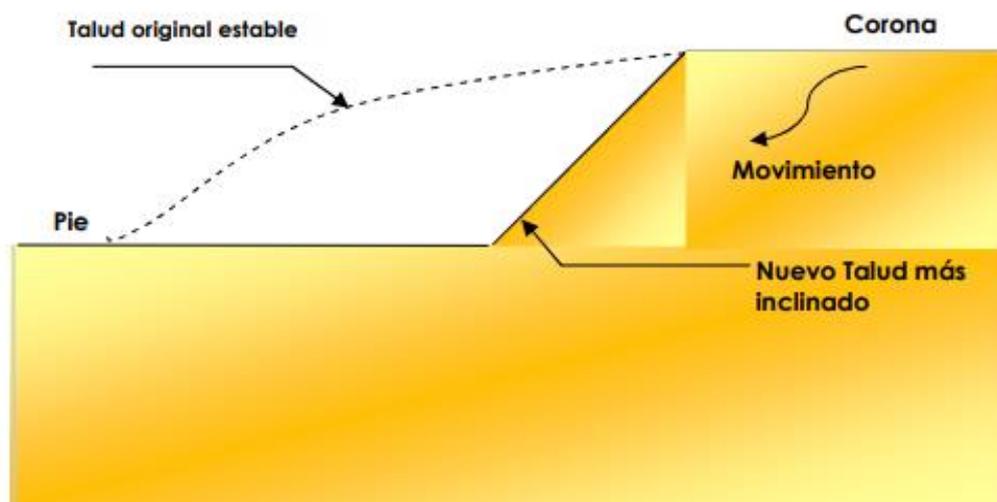
incertidumbres de los parámetros que le dieron origen, por lo cual, a todo factor de seguridad intrínsecamente va ligado un grado de incertidumbre. (Plobete, 2006)

- **Factores que Influyen en la Estabilidad de un Talud**

La falla de un talud o ladera se debe a un incremento en los esfuerzos actuantes o a una disminución de resistencia al esfuerzo cortante del suelo. Esta variación, en general, es causada por efectos naturales y actividades humanas.

Según Budhu (2007) los factores principales que afectan la estabilidad de un talud, natural o diseñado son:

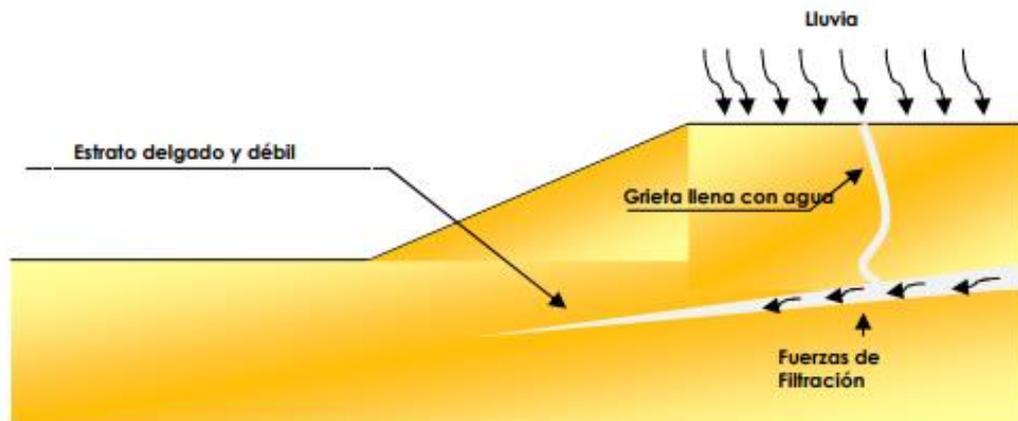
**Erosión:** El agua y el viento continuamente afectan a los taludes erosionándolos. La erosión modifica la geometría del talud y por tanto los esfuerzos a los que está sometido, resultando un talud diferente al inicialmente analizado o en una modificación de las condiciones que tenía.



**Figura 3: Variación de la geometría de un talud por erosión.**

Fuente: Montoya Orozco, A. (2009). Confiabilidad de la estabilidad de taludes. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

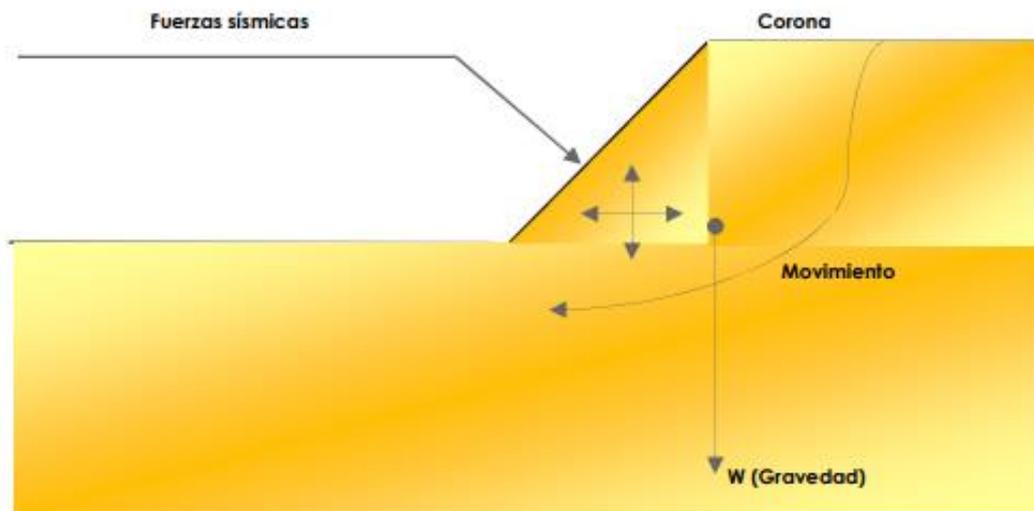
**Lluvia:** Durante el periodo de lluvias, los taludes se ven afectados al saturarse los suelos que los forman, provocando un aumento de peso de la masa, una disminución en la resistencia al esfuerzo cortante y la erosión de la superficie expuesta. Al introducirse agua en las grietas que presente el talud se origina un incremento en las fuerzas actuantes o aparición de fuerzas de filtración, pudiendo provocar la falla del mismo.



**Figura 4: Talud sometido a la lluvia.**

Fuente: Montoya Orozco, A. (2009). Confiabilidad de la estabilidad de taludes. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

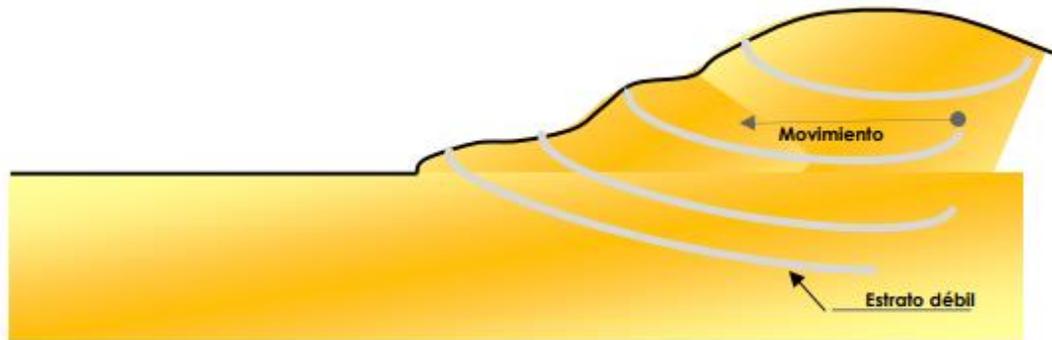
**Sismo:** Los sismos suman fuerzas dinámicas a las fuerzas estáticas actuantes a las que esta cometido un talud, provocando esfuerzos cortantes dinámicos que reducen la resistencia al esfuerzo cortante, debilitando al suelo. Un aumento en la presión de poro en taludes formados por materiales granulares puede provocar el fenómeno conocido como licuación.



**Figura 5: Fuerzas debidas a la gravedad y fuerza provocadas por sismos.**

Fuente: Montoya Orozco, A. (2009). Confiabilidad de la estabilidad de taludes. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

**Aspectos geológicos:** Algunas fallas de taludes son provocadas por aspectos geológicos no detectados durante el levantamiento y exploración de campo, los cuales, al no ser considerados durante la evaluación de la estabilidad del talud, aumentan la incertidumbre del factor de seguridad calculado.

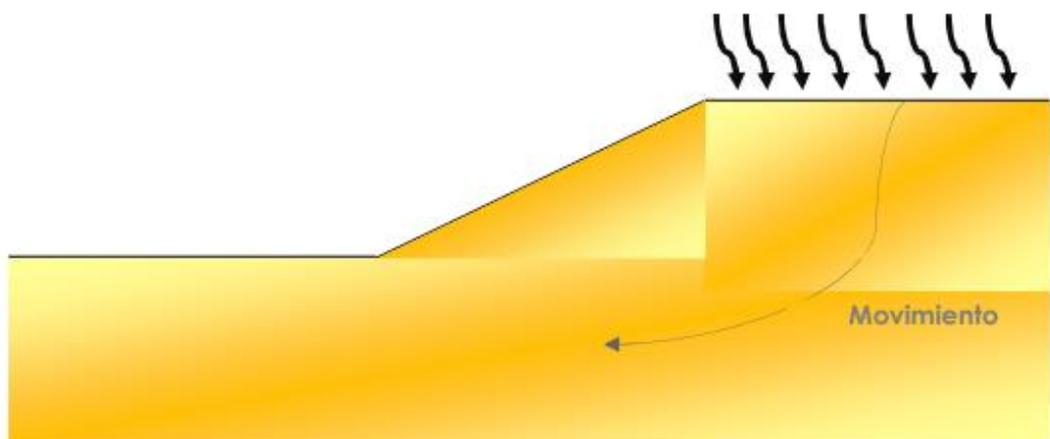


**Figura 6: Aspectos geológicos que pueden provocar la falla de un talud.**

Fuente: Montoya Orozco, A. (2009). Confiabilidad de la estabilidad de taludes. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

**Cargas externas:** La aplicación de cargas sobre la corona del talud provocan un aumento en las fuerzas actuantes en la masa de suelo, lo cual puede llevar a la falla del talud si estas cargas no son controladas o tomadas en cuenta durante la evaluación de la estabilidad del talud.

En algunos casos esta situación se remedia mediante la excavación de una o más bermas en el cuerpo del talud, lo que reduce las fuerzas actuantes en éste.



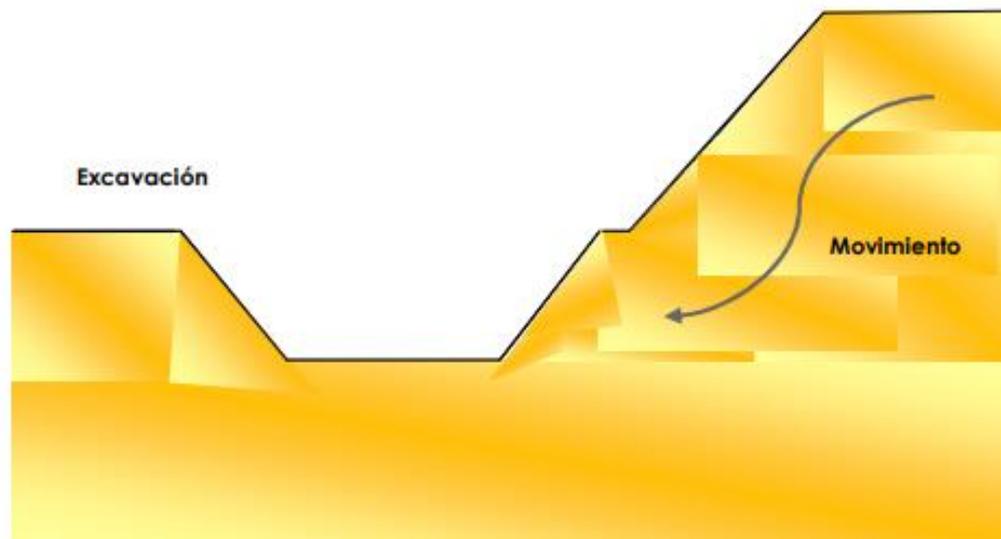
**Figura 7: Sobre carga en la corona del talud.**

Montoya Orozco, A. (2009). Confiabilidad de la estabilidad de taludes. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

**Excavaciones y/o rellenos:** Las actividades de construcción realizadas al pie de un talud o colocación de una sobrecarga en la corona, pueden causar la falla de éste al modificar la condición de esfuerzos a las que ésta sometido.

Generalmente, estas actividades de construcción corresponden a trabajos donde se realizan excavaciones y/o rellenos. Cuando se realiza una excavación al pie del talud, el esfuerzo total se disminuye, generando en el suelo un incremento negativo en la presión de poro. Durante el tiempo en que este incremento de presión de poro se disipa, puede presentarse la falla del talud al disminuir la resistencia al esfuerzo cortante del suelo.

Los taludes construidos con el material del banco de préstamo se realizan al compactar estos materiales en el sitio bajo especificaciones de control, generando un relleno artificial o terraplén.



**Figura 8:** Excavación en el pie del talud.

Fuente: Montoya Orozco, A. (2009). Confiabilidad de la estabilidad de taludes. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

- **Métodos Empíricos para el Análisis de la Estabilidad de Taludes**

Se basan en observaciones de campo y en la experiencia previa de los diseñadores tomando en cuenta las condiciones geológicas y geotécnicas de la zona donde se encuentra el talud.

Permiten un análisis simple y relativamente rápido cuando las condiciones reales se asemejan; la incertidumbre inherente a estos métodos es alta debido a que no se realizan exploración, ensayos de laboratorio o cálculos rigurosos de estabilidad.

Suárez (1992), presenta un sumario de recomendaciones de inclinación de cortes en diversos materiales utilizadas en el diseño empírico de taludes. La tabla, desarrollada hace más de 2 décadas, toma en cuenta los requerimientos de acuerdo al tipo de suelo, para brindar un nivel de seguridad aceptable.

Suelo	Altura talud	Pendiente
Roca dura		1:0.3 a 1:0.8
Roca blanda		1:0.5 a 1:1.2
Arena mal gradada		1:1.5
Suelo arenoso denso	inf. a 5 m	1:0.8 a 1:1.0
	5-10 m	1:1.0 a 1:1.2
Suelo arenoso poco denso	inf. a 5 m	1:1.0 a 1:1.2
	5-10 m	1:1.2 a 1:1.5
Arena con grava y cantos densa	inf. a 10 m	1:0.8 a 1:1.0
	10-15 m	1:1.0 a 1:1.2
Arena con grava y cantos no densa	inf. a 10 m	1:1.0 a 1:1.2
	10-15 m	1:1.2 a 1:1.5
Suelo cohesivo	0-10	1:0.8 a 1:1.2
Suelo cohesivo con cantos	Inf. a 5 m	1:1.0 a 1:1.2
	5-10 m	1:1.2 a 1:1.5

*Figura 9: Pendientes Típicas para Taludes de Corte.*

Fuente: Suárez Díaz, J. (1992). Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales. Bucaramanga - Colombia: Ingeniería de Suelos Ltda.

**Roca Dura:** Término aplicado a las rocas duras, o a las rocas ígneas y metamórficas que se diferencian de las rocas sedimentarias porque suelen ser más difíciles de desagregar.

**Roca Blanda:** Un término general para describir las rocas sedimentarias, si bien puede implicar una distinción entre las rocas de interés petrolero y las rocas de interés minero.

**Arena mal gradada:** P. Mal gradado del inglés —Poorly graded.

**Suelos Arenosos Densos:** La compactación en este tipo de suelos es muy pesado en relación con su volumen.

**Suelos Arenosos poco Densos:** La porosidad en este tipo de suelo arenoso es mayor, haciendo menor la compactación y así teniendo como resultado un suelo menos denso.

**Suelo Cohesivo:** Partículas muy pequeñas, predominan los efectos electroquímicos superficiales. Las partículas tienden a juntarse (interacción agua partícula). Suelos plásticos Arcillas.

La influencia de finos y gruesos en la estabilidad de taludes es determinante en este tipo método empírico para el análisis de la estabilidad de taludes, ya que de la conformación del tipo de suelo depende la altura y ángulo que debe tener un talud.

- **Métodos simplificados para el Análisis de la Estabilidad de Taludes**

Los métodos simplificados permiten calcular el factor de seguridad mínimo de un talud en forma simple y rápida, cuando las condiciones del talud se ajustan a las condiciones idealizadas con las cuales se generaron las gráficas de estabilidad propias del método.

Entre los métodos simplificados tenemos: Taylor (1948), Janbu (1954), Bishop – Morgenstern (1960).

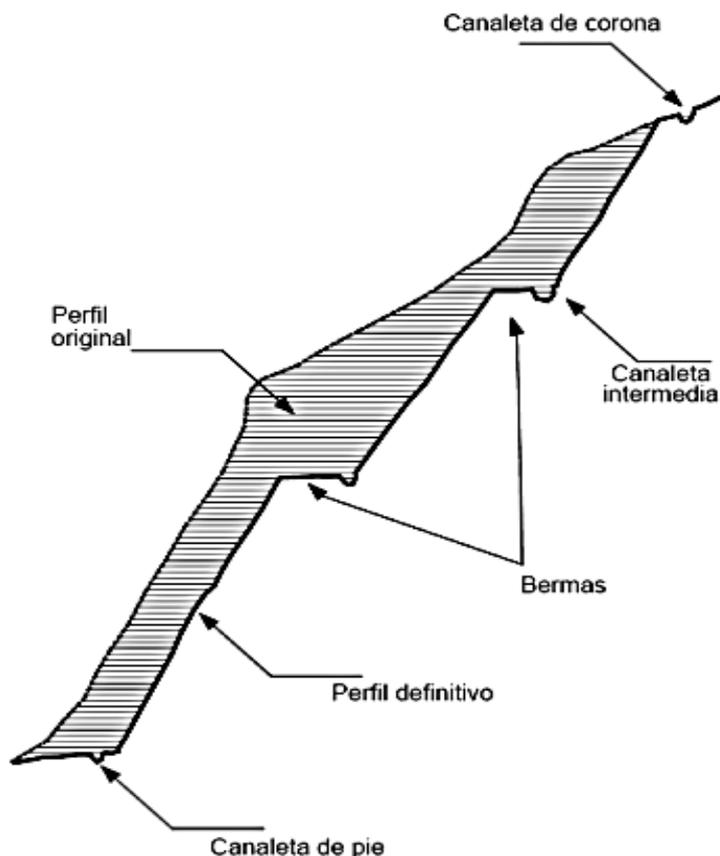
- **Métodos detallados o rigurosos para el Análisis de la Estabilidad de Taludes**

Estos métodos se basan en procedimientos que toman en cuenta el equilibrio de fuerzas y/o momentos actuantes en el talud para determinar su factor de seguridad. Requieren de parámetros obtenidos en combinación de un programa de explotación del subsuelo y ensayos de laboratorio.

Entre éstos métodos tenemos: Análisis de superficies planas, Fellenius, Bishop modificado, Janbu simplificado, Morgenstern – Price.

- **Construcción de bermas de seguridad para mejorar la estabilidad de taludes**

Según Pineda (2011), “El sistema de bermas es una forma de terracería. Se construyen bermas intermedias en los sitios de cambio de pendiente y en los sitios donde se requiera para garantizar un factor de seguridad”.



**Figura 10: Estabilización de por conformación del talud y bermas.**

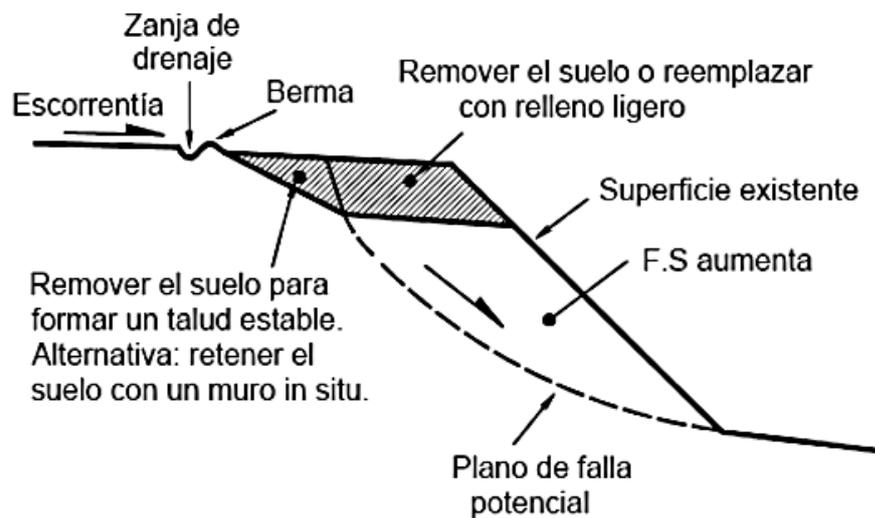
Fuente: Pineda, L. (2011). Alternativas de Estabilización de Taludes. Universidad Centroamericana José Simeón Cañas, san Salvador.

Los objetivos de la construcción de bermas de seguridad son:

- **El manejo de aguas de escorrentía y control de erosión:** ancho 1 a 2 metros y se colocan a diferencias de altura entre 5 y 7 metros, dependiendo de la calidad de los suelos y coincidiendo con sitios de cambio de pendiente del talud. En suelos erosionables la berma debe tener una pendiente de 5 a 10% hacia adentro del talud y se debe construir una cuneta revestida en su parte inferior para el control y manejo de las aguas de escorrentía.
- **Aumentar el factor de seguridad contra Deslizamiento:** En ocasiones se requiere la construcción de bermas de gran ancho en suelos cohesivos para aumentar los factores de seguridad al deslizamiento. En suelos granulares (arenosos o gravosos) se debe preferir disminuir la pendiente del talud o construir bermas que pueden ser inestables por la pendiente del talud entre ellas.

- **Cortes de cabeza del talud para mejorar la estabilidad del talud**

Según Pineda (2011), “Es una técnica para reducir las fuerzas actuantes dentro de la masa deslizada. Generalmente, se excava en la cabeza del deslizamiento, debido a que la parte superior del deslizamiento es la que aporta una mayor fuerza actuante sobre la masa inestable. La construcción de terrazas en la parte alta de un deslizamiento de rotación tiende a reducir el momento actuante y controlar el movimiento. El efecto es el de disminuir las fuerzas actuantes en la zona más crítica para la generación de momentos desestabilizantes”.



*Figura 11: Diagrama conceptual del efecto de la remoción de materiales de la cabeza de un talud.*  
Fuente: Pineda, L. (2011). Alternativas de Estabilización de Taludes. Universidad Centroamericana José Simeón Cañas, san Salvador.

**c) Definiciones Conceptuales**

- **Talud**

Según Poblete (2006), “Un talud o ladera es una masa de tierra que no es plana, sino que posee pendiente o cambios de altura significativos. En la literatura técnica se define como ladera cuando su conformación actual tuvo como origen un proceso natural y ese perfil no es horizontal”.

- **Las Canteras**

Según Valle, Acosta & Salvatierra (2011), “es el lugar donde se extrae roca o minerales procedentes de un macizo rocoso. Los materiales de acarreo extraídos son generalmente para la industria de la construcción u obras civiles”.

- **Gravera**

Según Herrera (2007), “es el yacimiento del que se extrae la grava. Este material es el conjunto de pequeñas piedras que provienen de rocas fragmentadas y disgregadas. Aunque también se llama de este modo a la piedra que se tritura y se utiliza para la construcción de carreteras, rutas, caminos, y para hacer el hormigón”.

- **Depósito**

Según Herrera (2007), “es una parte o fracción de la corteza terrestre donde a través de procesos geológicos se formaron, forman o acumulan sustancias minerales útiles que pueden ser explotadas con los medios técnicos disponibles para beneficio económico.

- **Terraza**

Según Herrera (2007), “una terraza de corte y relleno se forma cuando una corriente de un río llena un valle con sedimentos y labra después su cauce a un nivel subyacente. La agradación o construcción inicial puede ser causada por un cambio en el clima que conduzca a un incremento en la carga de la corriente o a una disminución en su descarga. También puede elevarse el nivel base de la corriente, reduciendo el gradiente y dando lugar al depósito”.

- **Material de Acarreo**

Según Herrera (2007), “son los obtenidos por el procesamiento de la roca que se extrae en una cantera; se encuentran en bloques o fragmentos de distintos tamaños, en la naturaleza o producto de excavación y explotación, aunque de igual modo existen otros que son procesados e industrializados. Los materiales de acarreo se dividen en tres grupos debido a como se los obtiene pueden ser: naturales, artificiales e industrializados”.

- **Granulometría**

Bravo, Morales & Ramírez (2012) definen que, “la granulometría o análisis granulométrico de un agregado es todo procedimiento manual o mecánico por medio del cual se pueda separar las partículas constitutivas del agregado según tamaños, de tal manera que se puedan conocer las cantidades en peso de cada tamaño que aporta el peso total”.

- **Arcillas**

Beltrán (2009) indica que, “es una roca sedimentaria descompuesta constituida por agregados de silicatos de aluminio hidratados, procedentes de la descomposición de rocas que contienen feldespato, como el granito. Presenta diversas coloraciones según las impurezas que contiene, desde el rojo anaranjado hasta el blanco cuando es pura”.

- **Limos**

Beltrán (2009) indica que, “es un sedimento clástico incoherente transportado en suspensión por los ríos y por el viento, que se deposita en el lecho de los cursos de agua o sobre los terrenos que han sido inundados. Para que se clasifique como tal, el diámetro de las partículas de limo varía de 0,0039 mm a 0,0625 mm.”.

- **Arenas**

Beltrán (2009) indica que, “Es una materia constituida por pequeños granos de mineral desprendidos de las rocas y acumulados en playas, márgenes de ríos o formando capa sobre un terreno”.

- **Gravas**

Según Beltrán (2009), “son las rocas formadas por clastos de tamaños comprendidos entre 2 y 60 mm, pueden ser producidas por procesos naturales (por el desgaste natural producidos por los movimientos en los lechos de ríos, generándose formas redondas denominadas cantos rodados, pero también existen casos de gravas naturales que no son cantos rodados) y artificiales producidas por el ser humano”.

- **Cantos**

Según Pasotti (2012), “son fragmentos de rocas que han sido sometidos a un proceso de desgaste y transporte, por lo que sus bordes son redondeados”.

## CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

### 1.1 Operacionalización de Variables

**Hipótesis:** Los resultados del estudio granulométrico influenciará en la estabilidad de los taludes de la Gravera Shudal.

De igual manera se formularon las variables correspondientes, las cuales son variable dependiente y variable independiente.

**Variable Independiente:** Estudio Granulométrico de la Gravera.

**Variable Dependiente:** Estabilidad de los Taludes.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIÓN	INDICADORES
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>  Estudio Granulométrico de la Gravera.	Estudio para determinar la distribución de los diferentes tamaños de las partículas de la gravera.	Material Fino	<ul style="list-style-type: none"> <li>Porcentaje de arcillas y limos.</li> </ul>
		Material Grueso	<ul style="list-style-type: none"> <li>Porcentaje de arenas</li> </ul>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Porcentaje de gravas</li> <li>Porcentaje de cantos</li> </ul>
<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>  Estabilidad de los Taludes.	Parámetros que permiten determinar la estabilidad o posible inestabilidad de los taludes que conforman la gravera.	Altura del Talud	<ul style="list-style-type: none"> <li>Metros de altura.</li> </ul>
		Ángulo del Talud	<ul style="list-style-type: none"> <li>Grados del ángulo interno del talud.</li> </ul>

### 1.2 Diseño de Investigación

La presente investigación es no experimental porque se basará fundamentalmente en la observación de la situación actual de la Gravera Shudal, descriptiva porque se establecerá una descripción de la granulometría del sector en estudio, y tendrá diseño Transversal debido a que se centrará en determinadas características en un mismo momento.

Nivel de investigación: La investigación propuesta en la Gravera es una investigación descriptiva aplicada.

Según Hernández (2007), los estudios descriptivos permiten detallar situaciones y eventos, es decir cómo es y cómo se manifiesta determinado fenómeno y busca especificar propiedades importantes de dicho fenómeno que sea sometido.

De acuerdo a la definición planteada por Sampieri nuestra investigación propuesta cumple las características planteadas por el autor, por lo que se puede definir que esta investigación es descriptiva aplicada ya que permite investigar la situación actual de la Gravera Shudal para luego determinar a través de la granulometría la estabilidad de los taludes.

### 1.3 Unidad de Estudio

Taludes de la Gravera Shudal en Cajamarca.

### 1.4 Población

Según Según Hernández (2007), es el conjunto de individuos, objetos, elementos o fenómenos en los cuales puede presentarse determinada característica susceptible de ser estudiada.

De acuerdo a la definición anterior, para esta investigación la población está conformado por los dos taludes que conforman la Gravera Shudal en Cajamarca.

### 1.5 Muestra (Muestreo o Selección)

Según Según Hernández (2007), es cualquier subconjunto del universo o población en estudio. Esta puede ser probabilístico cuando todos los elementos del universo tienen la misma probabilidad de ser parte de la muestra o no probabilístico cuando NO todos los elementos del universo tienen la misma probabilidad de ser parte de la muestra.

De acuerdo a las definiciones anteriores, para esta investigación NO se considera trabajar con muestra puesto que se evaluará los dos taludes que conforman la Gravera Shudal en Cajamarca.

### 1.6 Técnicas, Instrumentos y Procedimientos de Recolección de Datos

**Instrumentos manuales:** Son aquellos equipos, herramientas, útiles de escritorio y otros instrumentos que son utilizados en trabajos de campo, que sirven para la toma de datos de los taludes de la Gravera Shudal en Cajamarca. Los equipos e instrumentos para el desarrollo del presente trabajo de investigación son:

- Libreta de campo y ficha de observación: utilizada para la toma de datos de campo y para la realización de los diferentes croquis o dibujos observados en el campo.
- Flexómetro: utilizado para la medición de longitudes en el trabajo de campo.
- Mira: regla graduada que permite mediante un nivel topográfico, medir desniveles, es decir, diferencias de altura
- Picota: Instrumento utilizado para extracción de muestras en cada salida de campo.

- Pala: herramienta de mano utilizada para excavar o mover materiales con cohesión relativamente pequeña.
- Sistema de Posicionamiento Global (GPS): utilizado para la ubicación en el lugar de la toma de datos, las lecturas tomadas son las desde el inicio del sector en estudio hasta el final del mismo.
- Cámara Fotográfica Digital: Dispositivo electrónico usado para capturar y almacenar fotografías, sonidos y videos electrónicamente en formato digital.
- Laptop: Maquina electrónica que recibe, procesa y analiza datos ingresados y manipulados por el ser humano.

### 1.7 Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos

- **Estudio de Análisis Granulométrico:** la correcta extracción de muestras en la Gravera Shudal y el análisis granulométrico realizado fueron validados por el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil de Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca. **(ANEXO 06)**
- **Levantamiento Topográfico de la Zona:** para obtener información de las alturas y ángulos que tienen los taludes en diferentes puntos.

## CAPÍTULO 4. RESULTADOS

### a) Ubicación y Accesos a la Gravera Shudal

La Gravera Shudal se encuentra ubicada en el cauce del río Mashcón, en el sector denominado Shudal, jurisdicción del distrito, provincia, departamento y región Cajamarca, y le pertenece al Sr. Edwin Julca Novoa.



**Figura 12: Mapa de ubicación Gravera Shudal.**  
Fuente: Elaboración propia.

La Gravera Shudal se encuentra a una distancia aproximada de 5.4 kilómetros a 17 minutos partiendo desde la Plaza de Armas de la ciudad de Cajamarca, la descripción de la ruta recomendada para llegar es la siguiente:

- El punto de partida es la esquina en donde se intersectan los jirones de Amalia Puga y el Batán, en las afueras de la Iglesia "La Catedral".
- Se recorre 195 metros en dirección suroeste por el jirón del Batán hasta llegar a la intersección con el jirón Junín y se gira a la izquierda.
- Se recorre por el jirón Junín 290 metros y en la misma dirección se recorre 850 metros por el jirón Silva Santisteban hasta llegar a la intersección con la Av. Independencia y se gira a la derecha.
- Se recorre la Av. Independencia 2.8 kilómetros hasta llegar a la intersección con la Av. Héroes del Cenepa y se gira a la izquierda.
- Se recorre 850 metros por la Av. Independencia hasta llegar a la intersección con el jirón Alfonso Ugarte y se gira a la derecha.
- Se recorre 350 metros desde el punto anterior por la carretera corrosable del jirón Alfonso Ugarte hasta la cuadra 22 en donde se encuentra un puente y se gira a la derecha.
- La Gravera Shudal se encuentra a 10 metros a partir del punto anterior y el ingreso es de igual manera una trocha carrosable.



**Figura 13: Descripción de cómo llegar a la Gravera Shudal.**

Fuente: Google Maps ©2017

La zona en estudio está comprendida dentro de las siguientes coordenadas UTM:

*Tabla 1. Coordenadas UTM zona de estudio*

<b>Vértice</b>	<b>Norte</b>	<b>Este</b>
<b>A</b>	9204753.09	775654.07
<b>B</b>	9204767.59	775649.51
<b>C</b>	9204747.18	775556.51
<b>D</b>	9204733.86	775544.70

En la tabla 1, los vértices que conforman el talud 1 son el vértice B y el vértice C, teniendo una longitud de 93 metros; y los vértices que conforman el talud 2 son los vértices A y D, teniendo este una longitud de 109.37 metros.

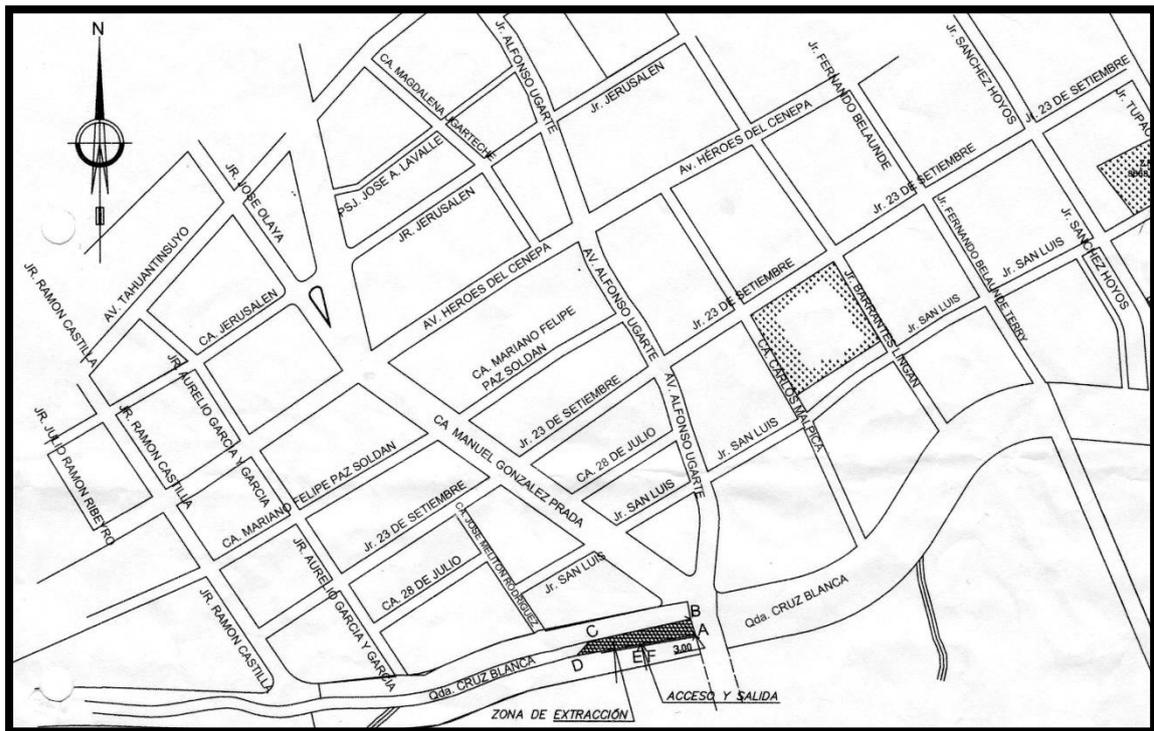
La gravera cuenta con un acceso y salida a la zona de extracción de materiales de acarreo, el cual tiene una ubicación según las siguientes coordenadas UTM:

*Tabla 2. Coordenadas UTM del acceso y salida a la zona de extracción*

<b>Vértice</b>	<b>Norte</b>	<b>Este</b>
<b>E</b>	9204743.91	775601.87
<b>F</b>	9204744.43	775604.82

En la tabla 2, se deduce que según las coordenadas del Este, el acceso tiene una longitud de 2.95 metros y que pertenece a un sector del talud 2.

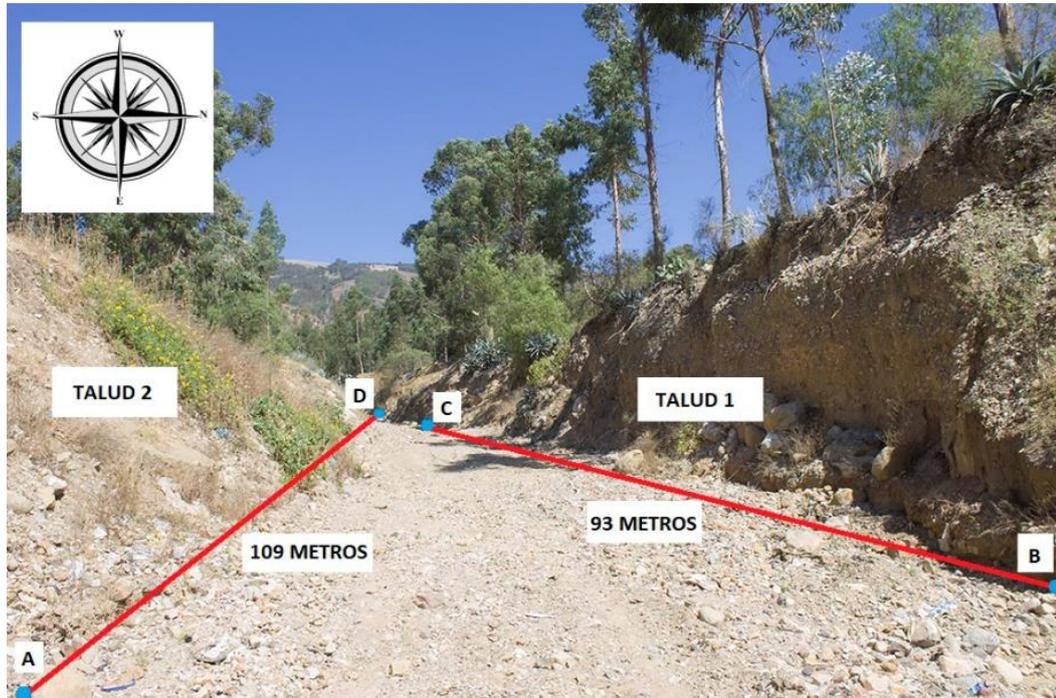
El plano de ubicación de la gravera y de cada uno de los vértices en coordenadas UTM según lo detallado anteriormente se muestra en la siguiente figura.



**Figura 14: Puntos de ubicación de la Gravera Shudal.**

Fuente: Elaboración propia.

Las dimensiones actuales y el número de taludes que se toma en cuenta para la presente investigación son 2, Talud 1 conformado por los puntos B y C (coordenadas UTM en la **Tabla 1**) y con una longitud de 93 metros; y Talud 2 conformado por los puntos A y D (coordenadas UTM en la **Tabla 1**) y con una longitud de 109 metros; tal y como se indica en la siguiente figura.



**Figura 15: Longitud de los taludes de la Gravera Shudal.**  
Fuente: Elaboración propia.

## b) Identificación de tipo de depósito de la Gravera Shudal

Según el Instituto Minero y Metalúrgico, la Gravera Shudal pertenece al Mapa Geológico del Cuadrángulo de Cajamarca Hoja 15-F-I, en donde se puede identificar que es un depósito aluvial (Q-al), el cual está conformado por material de acarreo que es transportado y depositado transitoria o permanentemente por la corriente de agua del río. El material de acarreo está conformado por arcillas, limos, arenas, gravas y cantos. Las terrazas que constituyen los taludes de la Gravera Shudal son plataformas sedimentarias construidas por los propios sedimentos del río que se depositaron en un período a los lados del cauce.

La ubicación de la Gravera Shudal en un mapa referencial perteneciente al Mapa Geológico del Cuadrángulo de Cajamarca Hoja 15-F-I a una escala de 1:32 000 km, se observa en el **ANEXO 04**.

Según el cuadro estratigráfico de la región Cajamarca (**ANEXO 05**), los depósitos aluviales y depósitos coluviales pertenecen a la época del Holoceno o período posglacial, el cual yace hacia 10 000 años a. C., del período cuaternario de la era cenozoica y por lo tanto pertenece al eón fanerozoico.

En la Gravera Shudal por ser un depósito aluvial, se identifica que los taludes están conformados por terrazas de una altura considerable, éstas están representadas por niveles estratificados, que a su vez están compuestos por detritos mal clasificados cuya granulometría varía desde cantos, gravas, arenas, limos y arcillas.



**Figura 16:** Corte estratigráfico de un talud de la Gravera Shudal para identificar las terrazas de tipo aluvial.  
Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, la influencia del clima por ser un período de estiaje y el que no exista transporte del material por la corriente el río, ha generado la existencia de pequeñas terrazas de tipo coluvial, las cuales forman una especie de abanicos pequeños en la pendiente del talud.



*Figura 17: Corte estratigráfico de un talud de la Gravera Shudal para identificar las terrazas de tipo coluvial.*

Fuente: Elaboración propia.

El material de acarreo que se encuentra depositado en la Gravera Shudal, ha sido transportado por el río Mashcón como agente natural de erosión, los materiales que contiene este depósito van desde cantos, gravas, arenas, limos, hasta arcillas en menor proporción, estos en algún momento formaron parte de una roca sedimentaria; la cual, por factores de erosión, se convirtieron en piedras (rocas metamórficas e ígneas).



*Figura 18: Material de acarreo existente en la Gravera Shudal.*

Fuente: Elaboración propia.

### c) Análisis Granulométrico del material que conforman los taludes de la Gravera Shudal

El procedimiento que se hizo para la extracción y análisis de muestras es el siguiente:

- Se hizo un reconocimiento visual y con GPS de los taludes que conforman el sector de la Gravera Shudal.
- Se procedió a señalar puntos a distancias semejantes en los taludes de donde se extrajeron las muestras, de tal manera que estas fueron representativas.
- Se extrajo dos ensayos por cada muestra representativa, para ello primero se realizó un canal vertical de aproximadamente 20 centímetros de profundidad a lo largo del talud haciendo uso de herramientas convencionales como son pico y palana, luego se procedió a extraer el ensayo conformado por el material de acarreo que se encuentra dentro del canal, dicho ensayo fue de aproximadamente 12 kilos. De la misma manera se hizo para cada ensayo de cada muestra. Este tipo de procedimiento se realizó según las indicaciones brindadas en el Laboratorio en el cuál se hizo el análisis.
- Se obtuvo los resultados del análisis granulométrico que realizó el Laboratorio de Ensayos de Materiales de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Cajamarca, según normas y especificaciones A.A.S.H.T.O. (Asociación Americana de Agencias Oficiales de Carreteras y Transporte).

Para esta investigación se tomaron 4 muestras de 12 kilogramos cada una, obteniendo los siguientes resultados según el análisis granulométrico realizado en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Cajamarca (**ANEXO 06**):

**MUESTRA 1:** muestra tomada a una distancia de 15 metros a partir de la coordenada que se encuentra más al oeste del talud 1 (Punto C).

*Tabla 3. Peso total de la muestra N° 1 húmeda y seca a una temperatura de secado ambiente*

<b>Muestra Total</b>	
<b>Temperatura de Secado: Ambiente</b>	60°C – 110°C
<b>Peso total muestra húmeda (gr)</b>	<b>12394.50</b>
Peso total muestra húmeda < n° 4 (gr)	3121.30
Peso total muestra húmeda > n° 4 (gr)	9273.20
Peso total muestra seca < n° 4 (gr)	2922.00
Peso total muestra seca > n° 4 (gr)	9078.00
<b>Peso total muestra seca (gr)</b>	<b>12000.00</b>

En la tabla 3, se observa que la muestra total húmeda tiene un peso de 12394.50 gramos entre gruesos y finos, y el peso total de la muestra seca es de 12000.00 gramos a una temperatura de secado ambiente de entre 60°C a 100°C entre gruesos y finos.

Tabla 4. Análisis de la fracción de gruesos de la muestra N° 1

<b>Análisis de fracción Gruesa</b>				
<b>Tamiz (N°)</b>	<b>Abertura (mm)</b>	<b>Peso Retenido Parcial (gr.)</b>	<b>Porcentaje Ret. Parcial (%)</b>	<b>Porcentaje Que Pasa (%)</b>
3"	76.20	0.00	0.00	100.00
2 ½"	63.50	577.00	4.81	95.19
2"	50.80	1388.00	11.57	83.63
1 ½"	38.10	1225.00	10.21	73.42
1"	25.40	1047.00	8.73	64.69
¾"	19.05	939.00	7.83	56.87
½"	12.70	1226.00	10.22	46.65
⅜"	9.52	764.00	6.37	40.28
¼"	6.35	1035.00	8.63	31.66
N°4	4.75	877.00	7.31	24.35
<b>TOTAL</b>	<b>WG =</b>	<b>9078.00</b>	<b>75.65</b>	

En la tabla 4, se observa que el 75.65% de la muestra total N° 1 es grava con un peso parcial de 9078.00 gr. considerando así que el 24.35% corresponde a la fracción de finos de la muestra total N° 1.

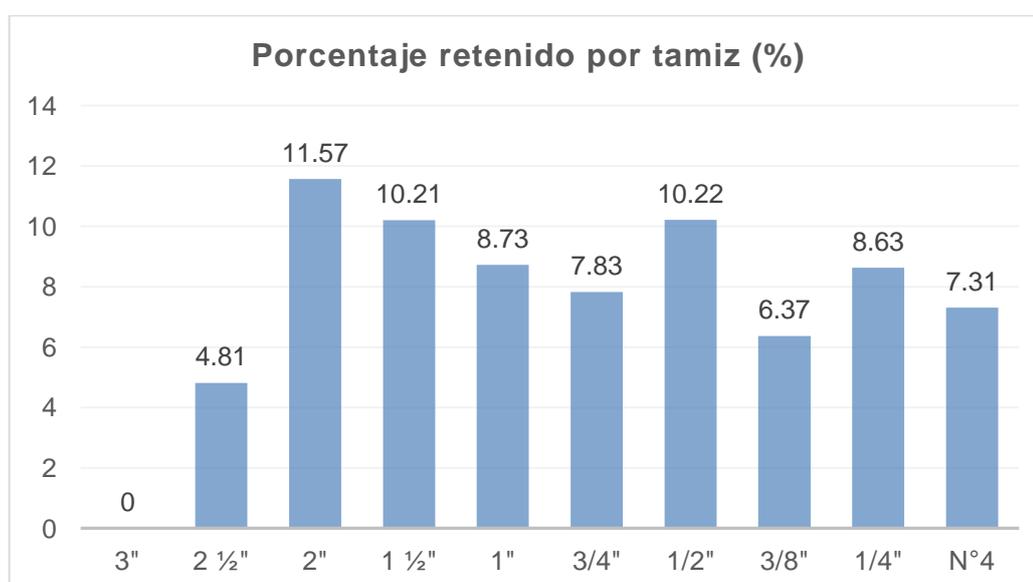


Figura 19: Porcentajes de retención de gruesos por número de tamiz de la Muestra Total N°1.  
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 19, se observa que todos los porcentajes retenidos en cada tamiz de la fracción de gruesos es menor al 12%, teniendo el mayor porcentaje en el tamiz de 2" con un 11.57% y el menor porcentaje en el tamiz de 3" con un 0%.

Tabla 5. Análisis de la fracción de finos de la muestra N° 1

Análisis de fracción Finos				
Tamiz (N°)	Abertura (mm)	Peso Retenido Parcial (gr.)	Porcentaje Ret. Parcial (%)	Porcentaje Que Pasa (%)
N 10	2.00	122.20	5.95	18.40
N 20	0.85	78.30	3.81	14.59
N 30	0.60	19.40	0.94	13.64
N 40	0.43	20.10	0.98	12.66
N 60	0.25	22.20	1.08	11.58
N 100	0.15	15.60	0.76	10.82
N 200	0.08	13.50	0.66	10.16
CAZOLETA	--	--	10.16	0.00
TOTAL	--	--	<b>24.35</b>	

En la tabla 5, se observa que el 24.35% de la muestra total N° 1 es de fracción fina, en donde el 14.19% es arena gruesa y fina, y el 10.16% está conformado por cazoleta o residuos de tamiz.

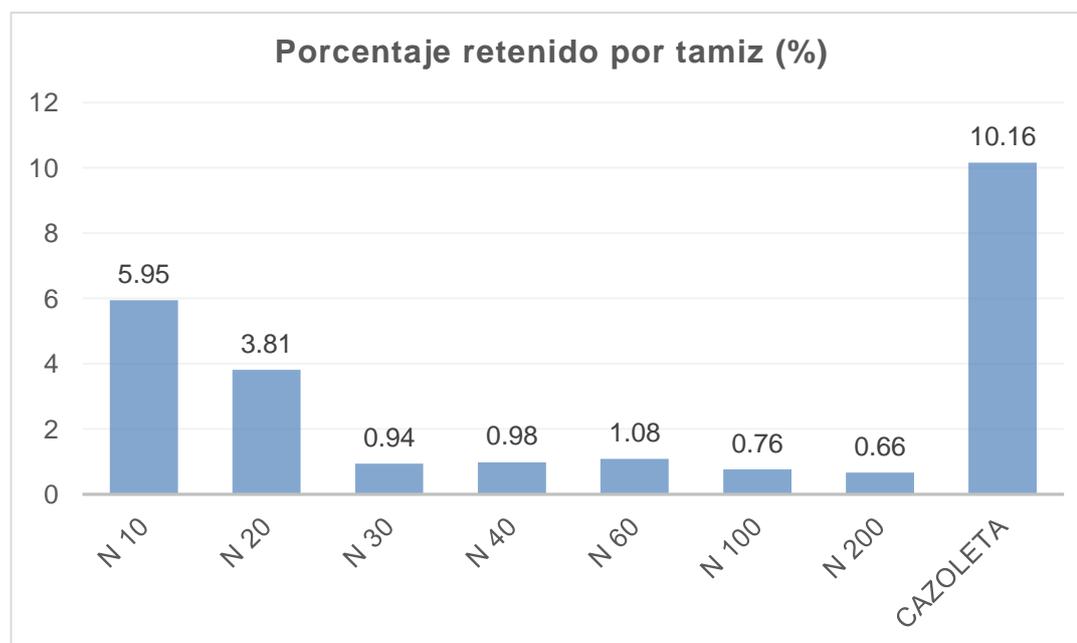


Figura 20: Porcentajes de retención de finos por número de tamiz de la Muestra total N°1.  
Fuente: Elaboración propia.

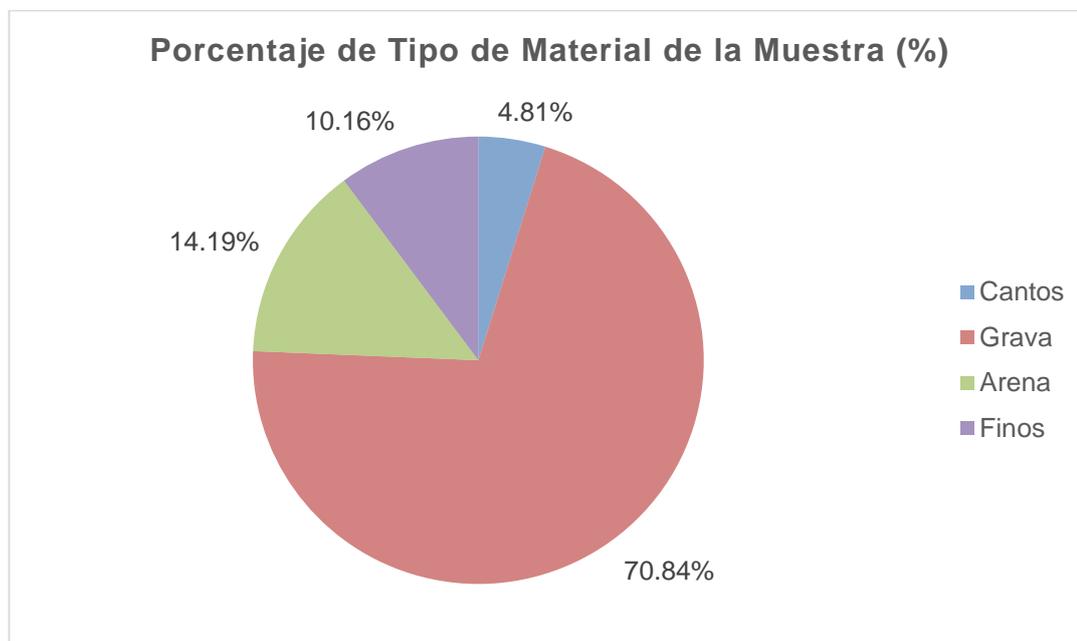
En la figura 20, se observa que todos los porcentajes retenidos en cada tamiz de la fracción de finos es menor al 6%, teniendo el mayor porcentaje en el tamiz N 10 con un 5.95% y el menor porcentaje en el tamiz N 200 con un 0.66%. Además, se considera que el 10.16% de la fracción de finos es cazoleta o residuos de tamiz.

Después de haber realizado el análisis granulométrico, podemos inferir lo siguiente: Que de acuerdo a las normas y especificaciones A.A.S.H.T.O. T88 del tamiz de 3" al tamiz N° 4 se considera grava, del tamiz N° 10 al tamiz N° 200 se considera arena, dentro de estos se especifica que del tamiz N° 10 al tamiz N° 40 es arena gruesa y del tamiz N° 40 al tamiz N° 200 es arena fina; el resto de material de residuos de tamiz se le denomina finos.

*Tabla 6. Resumen de porcentajes de material de la muestra total N° 1 según normas y especificaciones A.A.S.H.T.O. T88*

<b>Porcentajes según A.A.S.H.T.O. T88</b>	
<b>Cantos</b>	<b>4.81%</b>
<b>Grava</b>	<b>70.84%</b>
<b>Arena</b>	<b>14.19%</b>
Arena gruesa	11.69%
Arena fina	2.50%
<b>Finos</b>	<b>10.16%</b>
<b>Total</b>	<b>100.00%</b>

En la tabla 6, se observa que existe más grava que arenas y finos, con un porcentaje de 75.65%. Las arenas constituyen un 14.19%, de los cuales 11.69% es arena gruesa y 2.50% es arena fina. Finalmente observamos que los finos constituyen el 10.16% de la muestra total N° 1.



**Figura 21: Porcentajes de tipo de material de la Muestra total N°1.**

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 21, se observa que la muestra total N°1 está compuesta por 4.81% de cantos, 70.84% de grava, 14.19% de arena y 10.16% de finos.

**MUESTRA 2:** muestra tomada a una distancia de 50 metros a partir de la coordenada que se encuentra más al oeste del talud 1 (Punto C).

*Tabla 7. Peso total de la muestra N° 2 húmeda y seca a una temperatura de secado ambiente*

<b>Muestra Total</b>	
<b>Temperatura de Secado: Ambiente</b>	60°C – 110°C
<b>Peso total muestra húmeda (gr)</b>	<b>12402.60</b>
Peso total muestra húmeda < n° 4 (gr)	3307.20
Peso total muestra húmeda > n° 4 (gr)	9095.40
Peso total muestra seca < n° 4 (gr)	3096.00
Peso total muestra seca > n° 4 (gr)	8904.00
<b>Peso total muestra seca (gr)</b>	<b>12000.00</b>

En la tabla 7, se observa que la muestra total húmeda tiene un peso de 12402.60 gramos entre gruesos y finos, y el peso total de la muestra seca es de 12000.00 gramos a una temperatura de secado ambiente de entre 60°C a 100°C entre gruesos y finos.

Tabla 8. Análisis de la fracción de gruesos de la muestra N° 2

<b>Análisis de fracción Gruesa</b>				
<b>Tamiz (N°)</b>	<b>Abertura (mm)</b>	<b>Peso Retenido Parcial (gr.)</b>	<b>Porcentaje Ret. Parcial (%)</b>	<b>Porcentaje Que Pasa (%)</b>
3"	76.20	0.00	0.00	100.00
2 ½"	63.50	841.00	7.01	92.99
2"	50.80	2122.00	17.68	75.31
1 ½"	38.10	1024.00	8.53	66.78
1"	25.40	2355.00	19.63	47.15
¾"	19.05	602.00	5.02	42.13
½"	12.70	872.00	7.27	34.87
⅜"	9.52	411.00	3.43	31.44
¼"	6.35	522.00	4.35	27.09
N°4	4.75	155.00	1.29	25.80
<b>TOTAL</b>	<b>WG =</b>	<b>8904.00</b>	<b>74.20</b>	

En la tabla 8, se observa que el 74.20% de la muestra total N° 2 es grava con un peso parcial de 8904.00 gr. considerando así que el 25.80% corresponde a la fracción de finos de la muestra total N° 2.

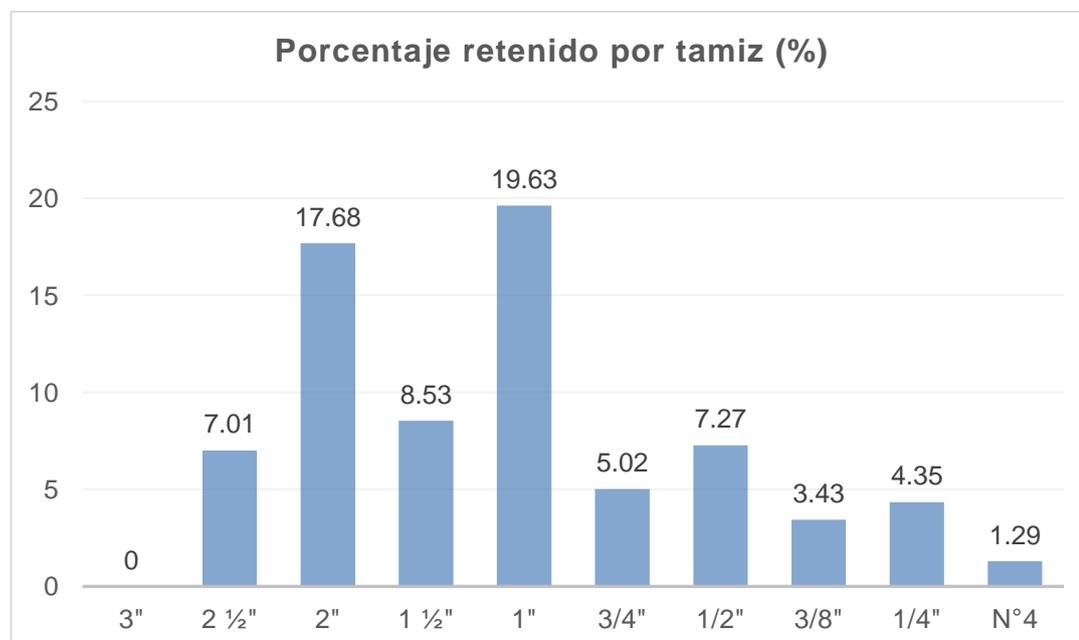


Figura 22: Porcentajes de retención de gruesos por número de tamiz de la Muestra Total N°2.  
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 22, se observa que todos los porcentajes retenidos en cada tamiz de la fracción de gruesos es menor al 20%, teniendo el mayor porcentaje en el tamiz de 1" con un 19.63% y el menor porcentaje en el tamiz de 3" con un 0%.

Tabla 9. Análisis de la fracción de finos de la muestra N° 2

Análisis de fracción Finos				
Tamiz (N°)	Abertura (mm)	Peso Retenido Parcial (gr.)	Porcentaje Ret. Parcial (%)	Porcentaje Que Pasa (%)
N 10	2.00	59.50	3.07	22.73
N 20	0.85	33.80	1.74	20.99
N 30	0.60	18.40	0.95	20.04
N 40	0.43	28.40	1.47	18.57
N 60	0.25	80.10	4.13	14.44
N 100	0.15	79.20	4.09	10.35
N 200	0.08	59.30	3.06	7.29
CAZOLETA	--	--	7.29	0.00
TOTAL	--	--	<b>25.80</b>	

En la tabla 9, se observa que el 25.80% de la muestra total N° 2 es de fracción fina, en donde el 18.51% es arena gruesa y fina, y el 7.29% está conformado por cazoleta o residuos de tamiz.

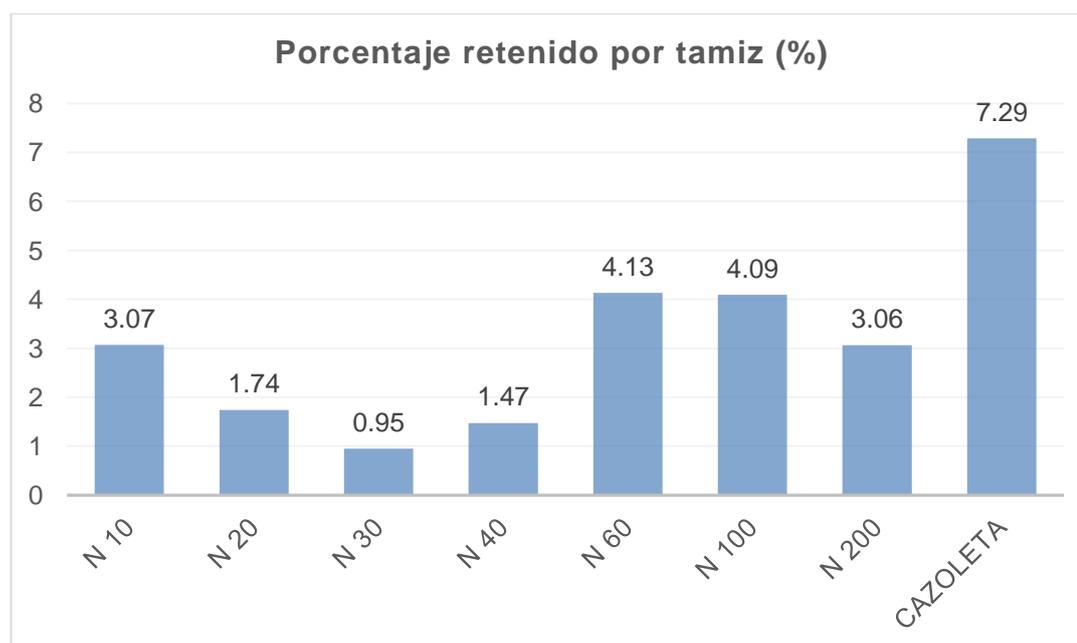


Figura 23: Porcentajes de retención de finos por número de tamiz de la Muestra total N°2.  
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 23, se observa que todos los porcentajes retenidos en cada tamiz de la fracción de finos es menor al 5%, teniendo el mayor porcentaje en el tamiz N 60 con un 4.13% y el menor porcentaje en el tamiz N 30 con un 0.95%. Además, se considera que el 7.29% de la fracción de finos es cazoleta o residuos de tamiz.

Tabla 10. Resumen de porcentajes de material de la muestra total N° 2 según normas y especificaciones A.A.S.H.T.O. T88

Porcentajes según A.A.S.H.T.O. T88	
<b>Cantos</b>	<b>7.01%</b>
<b>Grava</b>	<b>67.19%</b>
<b>Arena</b>	<b>18.51%</b>
Arena gruesa	7.23%
Arena fina	11.28%
<b>Finos</b>	<b>7.29%</b>
<b>Total</b>	<b>100.00%</b>

En la tabla 10, se observa que existe más grava que arenas y finos, con un porcentaje de 74.20%. Las arenas constituyen un 18.51%, de los cuales 7.23% es arena gruesa y 11.28% es arena fina. Finalmente observamos que los finos constituyen el 7.29% de la muestra total N° 2.

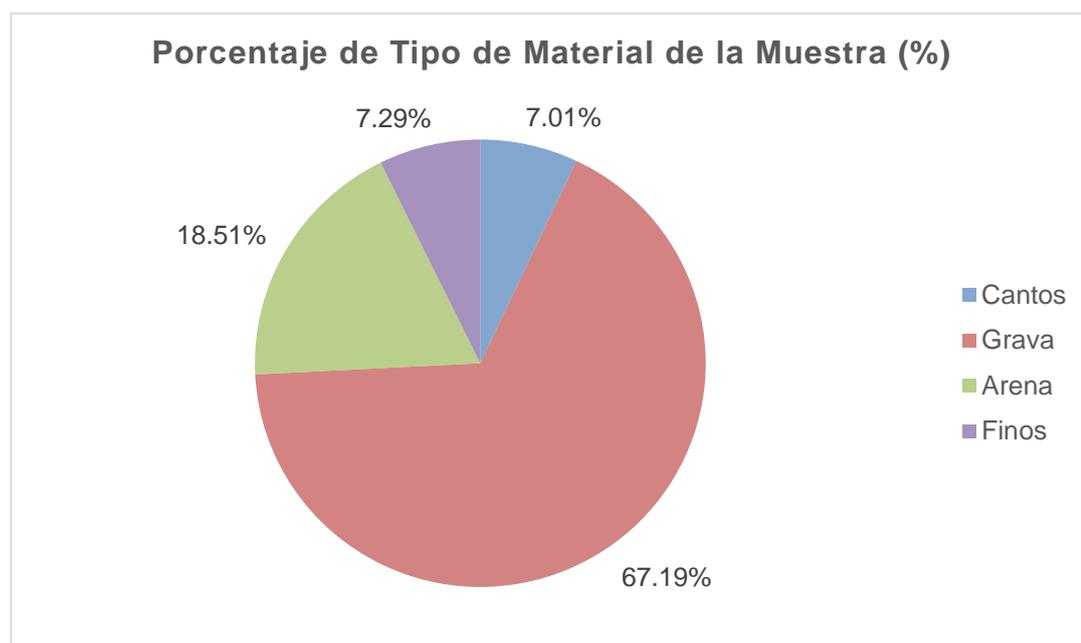


Figura 24: Porcentajes de tipo de material de la Muestra total N°2.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 24, se observa que la muestra total N°1 está compuesta por 7.01% de cantos, 67.19% de grava, 18.51% de arena y 7.29% de finos.

**MUESTRA 3:** muestra tomada a una distancia de 75 metros a partir de la coordenada que se encuentra más al oeste del talud 1 (Punto C).

Tabla 11. Peso total de la muestra N° 3 húmeda y seca a una temperatura de secado ambiente

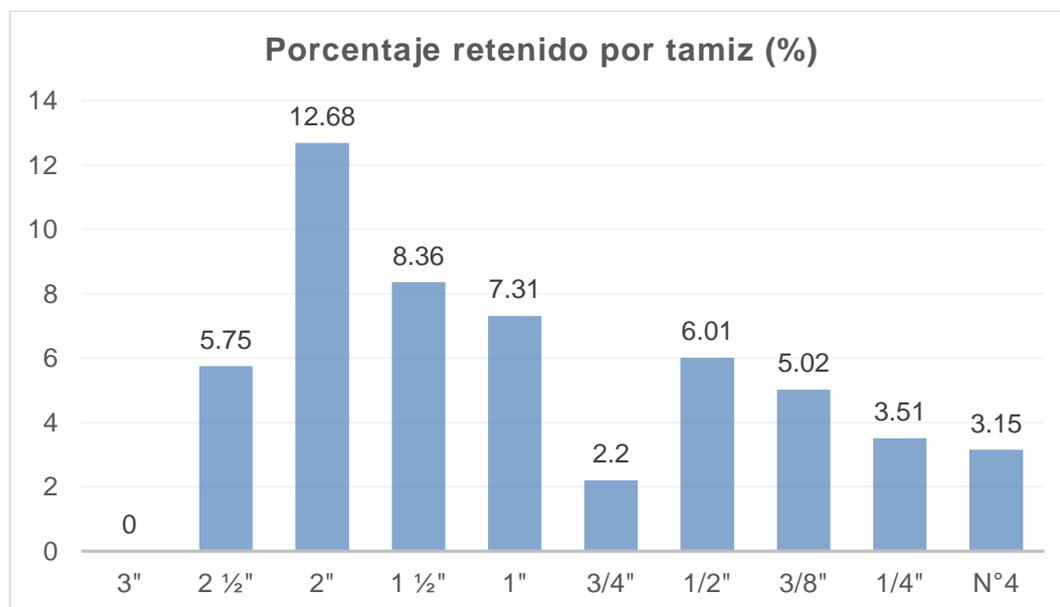
<b>Muestra Total</b>	
<b>Temperatura de Secado: Ambiente</b>	60°C – 110°C
<b>Peso total muestra húmeda (gr)</b>	<b>12516.00</b>
Peso total muestra húmeda < n° 4 (gr)	5898.70
Peso total muestra húmeda > n° 4 (gr)	6617.30
Peso total muestra seca < n° 4 (gr)	5522.00
Peso total muestra seca > n° 4 (gr)	6478.00
<b>Peso total muestra seca (gr)</b>	<b>12000.00</b>

En la tabla 11, se observa que la muestra total húmeda tiene un peso de 12516.00 gramos entre gruesos y finos, y el peso total de la muestra seca es de 12000.00 gramos a una temperatura de secado ambiente de entre 60°C a 100°C entre gruesos y finos.

Tabla 12. Análisis de la fracción de gruesos de la muestra N° 3

<b>Análisis de fracción Gruesa</b>				
<b>Tamiz (N°)</b>	Abertura (mm)	Peso Retenido Parcial (gr.)	Porcentaje Ret. Parcial (%)	Porcentaje Que Pasa (%)
3"	76.20	0.00	0.00	100.00
2 ½"	63.50	690.00	5.75	94.25
2"	50.80	1522.00	12.68	81.57
1 ½"	38.10	1003.00	8.36	73.21
1"	25.40	877.00	7.31	65.90
¾"	19.05	264.00	2.20	63.70
½"	12.70	721.00	6.01	57.69
⅜"	9.52	602.00	5.02	52.68
¼"	6.35	421.00	3.51	49.17
N°4	4.75	378.00	3.15	46.02
<b>TOTAL</b>	<b>WG =</b>	<b>6478.00</b>	<b>53.98</b>	

En la tabla 12, se observa que el 53.98% de la muestra total N° 3 es grava con un peso parcial de 6478.00 gr. considerando así que el 46.02% corresponde a la fracción de finos de la muestra total N° 3.



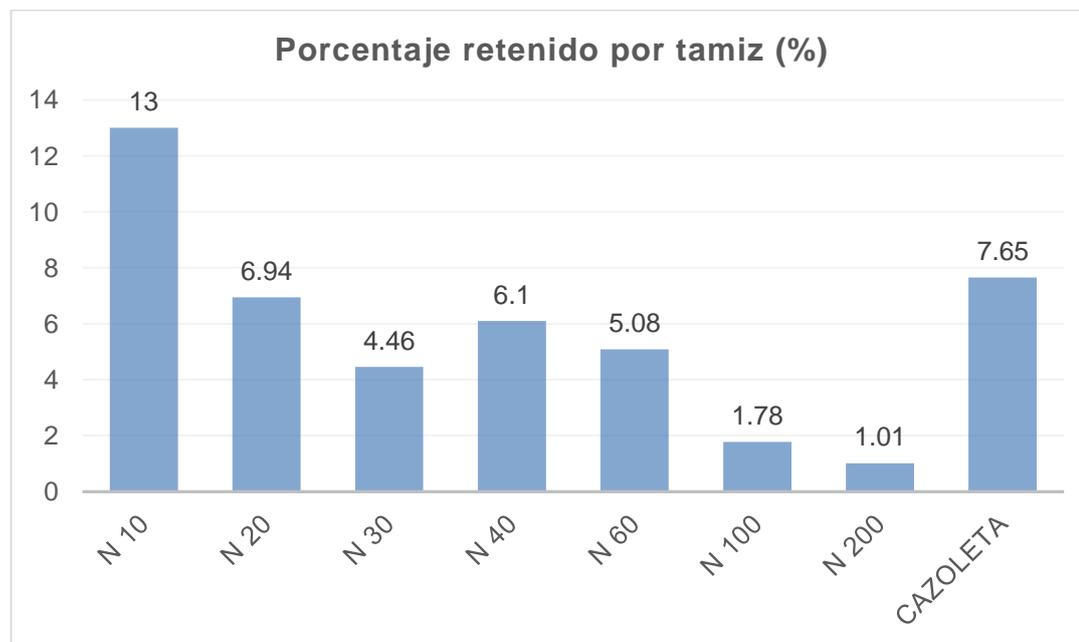
**Figura 25: Porcentajes de retención de gruesos por número de tamiz de la Muestra Total N°3.**  
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 25, se observa que todos los porcentajes retenidos en cada tamiz de la fracción de gruesos es menor al 13%, teniendo el mayor porcentaje en el tamiz de 2" con un 12.68% y el menor porcentaje en el tamiz de 3" con un 0%.

**Tabla 13. Análisis de la fracción de finos de la muestra N° 3**

<b>Análisis de fracción Finos</b>				
<b>Tamiz (N°)</b>	<b>Abertura (mm)</b>	<b>Peso Retenido Parcial (gr.)</b>	<b>Porcentaje Ret. Parcial (%)</b>	<b>Porcentaje Que Pasa (%)</b>
N 10	2.00	141.20	13.00	33.02
N 20	0.85	75.40	6.94	26.08
N 30	0.60	48.50	4.46	21.62
N 40	0.43	66.30	6.10	15.52
N 60	0.25	55.20	5.08	10.44
N 100	0.15	19.30	1.78	8.66
N 200	0.08	11.00	1.01	7.65
CAZOLETA	--	--	7.65	0.00
<b>TOTAL</b>	--	--	<b>46.02</b>	

En la tabla 13, se observa que el 46.02% de la muestra total N° 3 es de fracción fina, en donde el 38.37% es arena gruesa y fina, y el 7.65% está conformado por cazoleta o residuos de tamiz.



**Figura 26: Porcentajes de retención de finos por número de tamiz de la Muestra total N°3.**  
Fuente: Elaboración propia.

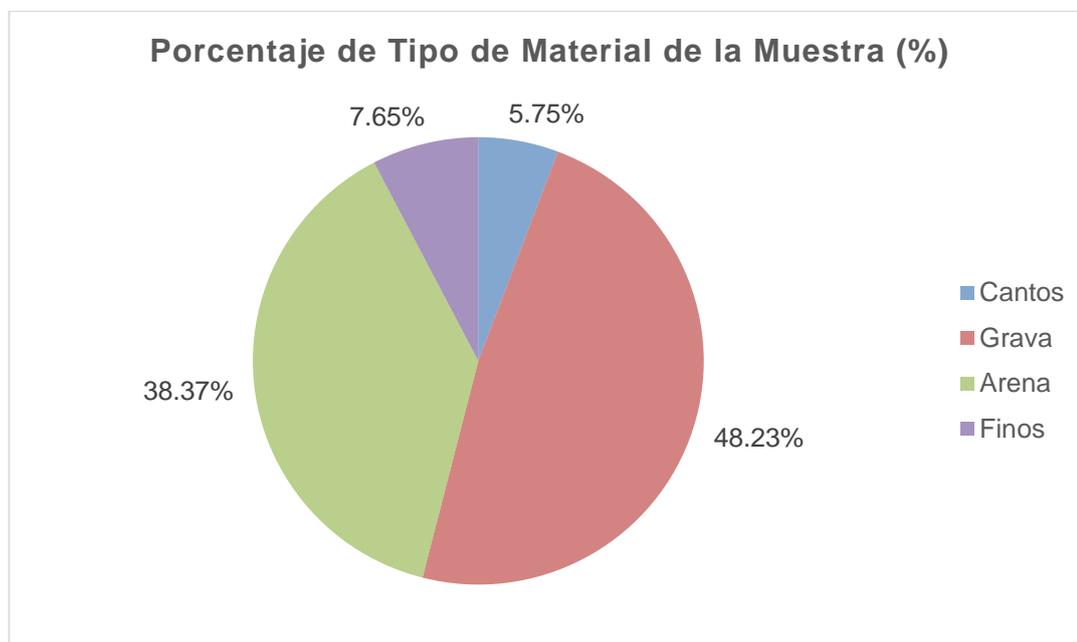
En la figura 26, se observa que todos los porcentajes retenidos en cada tamiz de la fracción de finos es menor o igual al 13%, teniendo el mayor porcentaje en el tamiz N 10 con un 13% y el menor porcentaje en el tamiz N 200 con un 1.01%. Además, se considera que el 7.65% de la fracción de finos es cazoleta o residuos de tamiz.

**Tabla 14. Resumen de porcentajes de material de la muestra total N° 3 según normas y especificaciones A.A.S.H.T.O. T88**

Porcentajes según A.A.S.H.T.O. T88	
<b>Cantos</b>	<b>5.75%</b>
<b>Grava</b>	<b>48.23%</b>
<b>Arena</b>	<b>38.37%</b>
Arena gruesa	30.50%
Arena fina	7.87%
<b>Finos</b>	<b>7.65%</b>
<b>Total</b>	<b>100.00%</b>

En la tabla 14, se observa que existe más grava que arenas y finos, con un porcentaje de 53.98%. Las arenas constituyen un 38.37%, de los cuales 30.50% es arena gruesa y 7.87%

es arena fina. Finalmente observamos que los finos constituyen el 7.65% de la muestra total N° 3.



**Figura 27:** Porcentajes de tipo de material de la Muestra total N°3.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 27, se observa que la muestra total N°3 está compuesta por 5.75% de cantos, 48.23% de grava, 38.37% de arena y 7.65% de finos.

**MUESTRA 4:** muestra tomada a una distancia de 30 metros a partir de la coordenada que se encuentra más al oeste del talud 2 (Punto D).

*Tabla 15. Peso total de la muestra N° 4 húmeda y seca a una temperatura de secado ambiente*

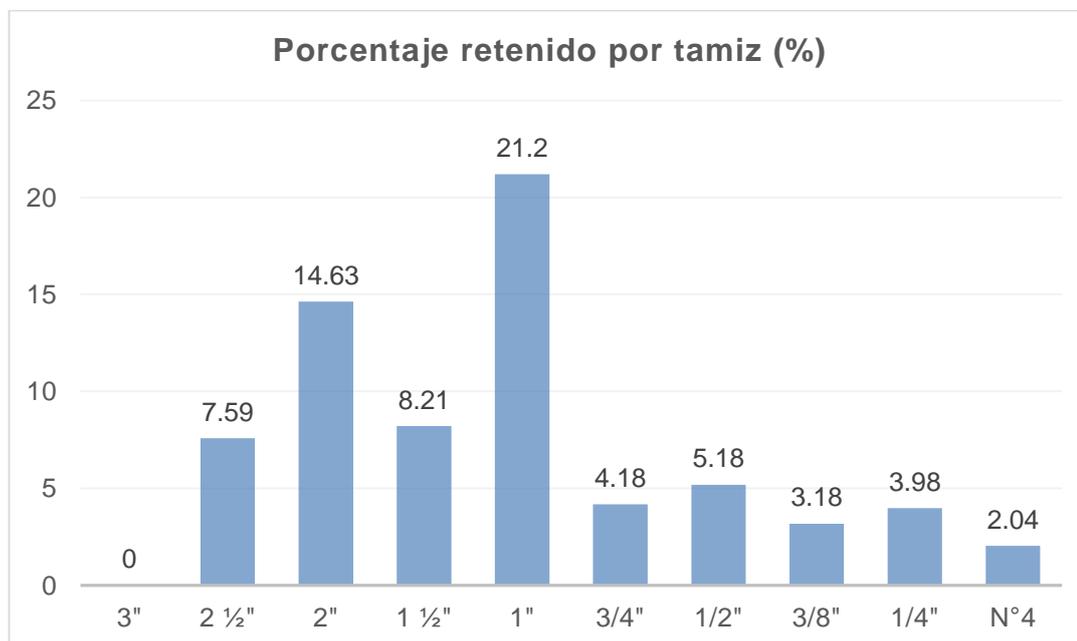
Muestra Total	
<b>Temperatura de Secado: Ambiente</b>	60°C – 110°C
<b>Peso total muestra húmeda (gr)</b>	<b>12425.30</b>
Peso total muestra húmeda < n° 4 (gr)	3823.20
Peso total muestra húmeda > n° 4 (gr)	8602.10
Peso total muestra seca < n° 4 (gr)	3579.00
Peso total muestra seca > n° 4 (gr)	8421.00
<b>Peso total muestra seca (gr)</b>	<b>12000.00</b>

En la tabla 15, se observa que la muestra total húmeda tiene un peso de 12425.30 gramos entre gruesos y finos, y el peso total de la muestra seca es de 12000.00 gramos a una temperatura de secado ambiente de entre 60°C a 100°C entre gruesos y finos.

Tabla 16. Análisis de la fracción de gruesos de la muestra N° 4

<b>Análisis de fracción Gruesa</b>				
<b>Tamiz (N°)</b>	<b>Abertura (mm)</b>	<b>Peso Retenido Parcial (gr.)</b>	<b>Porcentaje Ret. Parcial (%)</b>	<b>Porcentaje Que Pasa (%)</b>
3"	76.20	0.00	0.00	100.00
2 ½"	63.50	911.00	7.59	92.41
2"	50.80	1755.00	14.63	77.78
1 ½"	38.10	985.00	8.21	69.58
1"	25.40	2544.00	21.20	48.38
¾"	19.05	502.00	4.18	44.19
½"	12.70	621.00	5.18	39.02
⅜"	9.52	381.00	3.18	35.84
¼"	6.35	477.00	3.98	31.87
N°4	4.75	245.00	2.04	29.83
<b>TOTAL</b>	<b>WG =</b>	<b>8421.00</b>	<b>70.18</b>	

En la tabla 16, se observa que el 70.18% de la muestra total N° 4 es grava con un peso parcial de 8421.00 gr. considerando así que el 29.83% corresponde a la fracción de finos de la muestra total N° 4.



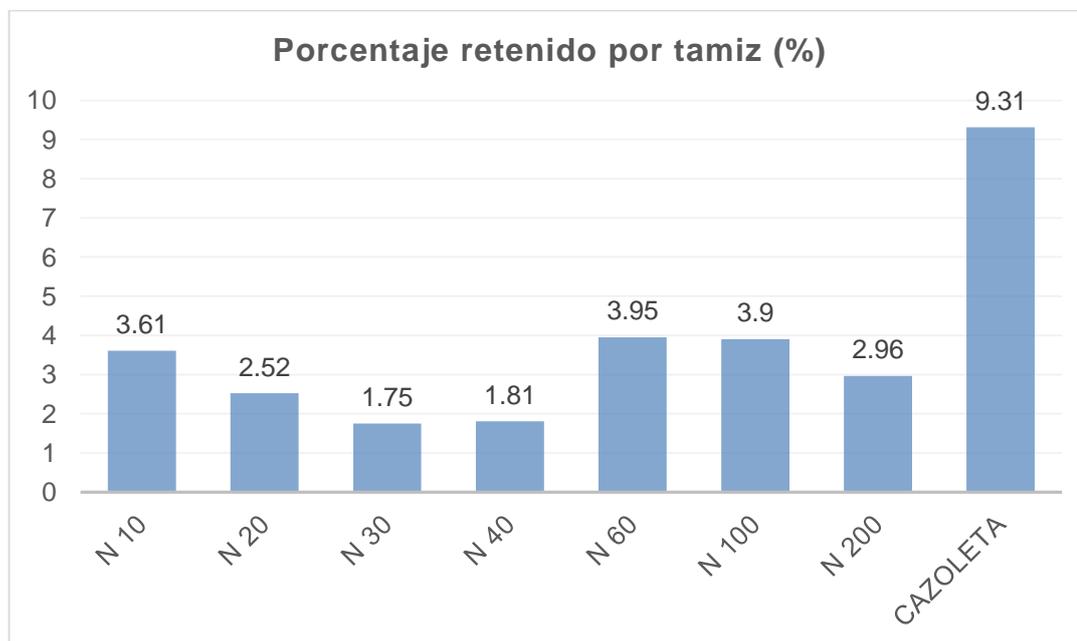
**Figura 28: Porcentajes de retención de gruesos por número de tamiz de la Muestra Total N°4.**  
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 28, se observa que todos los porcentajes retenidos en cada tamiz de la fracción de gruesos es menor al 22.00%, teniendo el mayor porcentaje en el tamiz de 1" con un 21.20% y el menor porcentaje en el tamiz de 3" con un 0%.

*Tabla 17. Análisis de la fracción de finos de la muestra N° 4*

<b>Análisis de fracción Finos</b>				
<b>Tamiz (N°)</b>	<b>Abertura (mm)</b>	<b>Peso Retenido Parcial (gr.)</b>	<b>Porcentaje Ret. Parcial (%)</b>	<b>Porcentaje Que Pasa (%)</b>
N 10	2.00	60.50	3.61	26.21
N 20	0.85	42.20	2.52	23.69
N 30	0.60	29.30	1.75	21.94
N 40	0.43	30.40	1.81	20.13
N 60	0.25	66.30	3.95	16.17
N 100	0.15	65.40	3.90	12.27
N 200	0.08	49.70	2.96	9.31
CAZOLETA	--	--	9.31	0.00
<b>TOTAL</b>	--	--	<b>29.82</b>	

En la tabla 17, se observa que el 29.82% de la muestra total N° 4 es de fracción fina, en donde el 20.51% es arena gruesa y fina, y el 9.32% está conformado por cazoleta o residuos de tamiz.



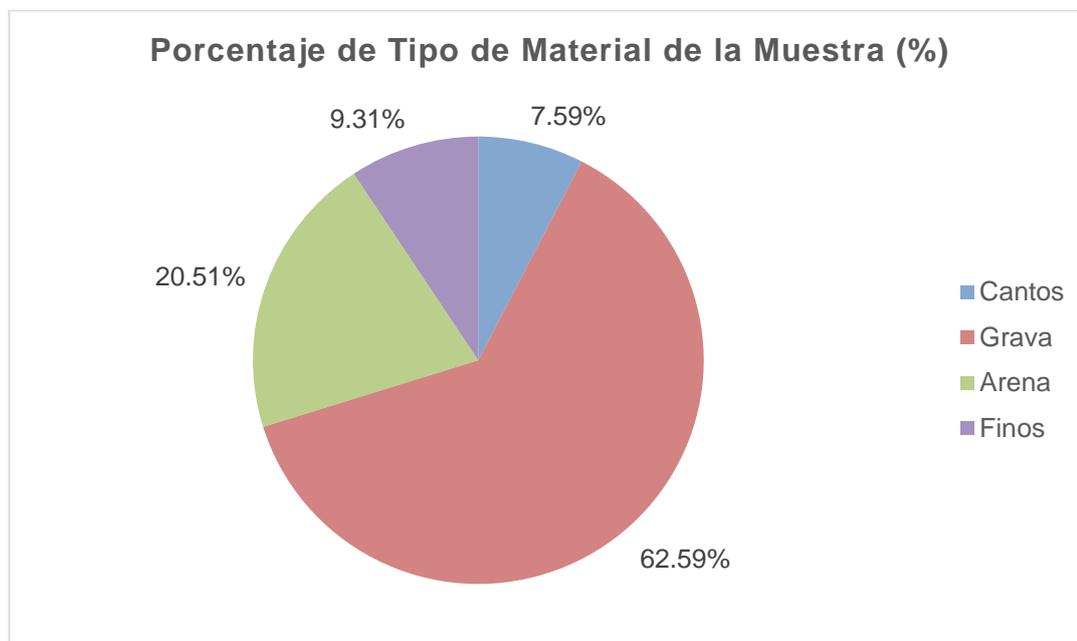
**Figura 29: Porcentajes de retención de finos por número de tamiz de la Muestra total N°4.**  
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 29, se observa que todos los porcentajes retenidos en cada tamiz de la fracción de finos es menor al 4%, teniendo el mayor porcentaje en el tamiz N 60 con un 3.95% y el menor porcentaje en el tamiz N 30 con un 1.75%. Además, se considera que el 9.31% de la fracción de finos es cazoleta o residuos de tamiz.

**Tabla 18. Resumen de porcentajes de material de la muestra total N° 4 según normas y especificaciones A.A.S.H.T.O. T88**

Porcentajes según A.A.S.H.T.O. T88	
<b>Cantos</b>	<b>7.59%</b>
<b>Grava</b>	<b>62.59%</b>
<b>Arena</b>	<b>20.51%</b>
Arena gruesa	9.69%
Arena fina	10.82%
<b>Finos</b>	<b>9.31%</b>
<b>Total</b>	<b>100.00%</b>

En la tabla 18, se observa que existe más grava que arenas y finos, con un porcentaje de 70.18%. Las arenas constituyen un 20.51%, de los cuales 9.69% es arena gruesa y 10.82% es arena fina. Finalmente observamos que los finos constituyen el 9.31% de la muestra total N° 4.



**Figura 30: Porcentajes de tipo de material de la Muestra total N°4.**

Fuente: Elaboración propia.

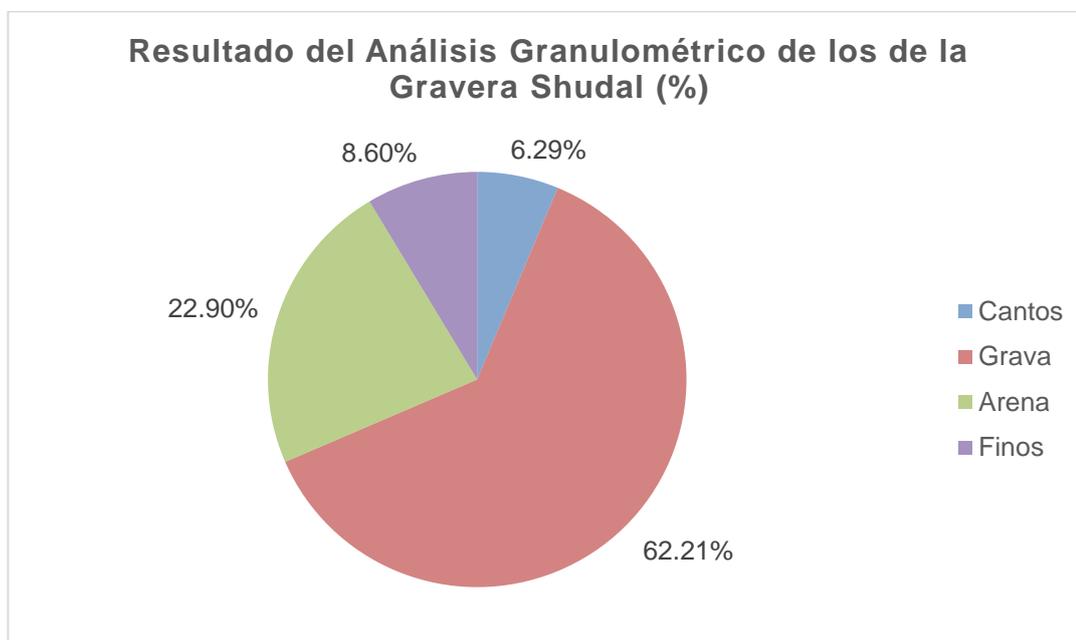
En la figura 30, se observa que la muestra total N°4 está compuesta por 7.59% de cantos, 62.59% de grava, 20.51% de arena y 9.31% de finos.

Para la obtención de resultados generales del análisis granulométrico de los taludes que conforman la Gravera Shudal, se tomará en cuenta los resultados finales de cada una de las muestras obtenidos.

*Tabla 19. Resultado del Análisis Granulométrico del Material de los Taludes de la Gravera Shudal*

Material	Muestra N°1	Muestra N°2	Muestra N°3	Muestra N°4	Promedio
<b>Cantos</b>	4.81%	7.01%	5.75%	7.59%	6.29%
<b>Grava</b>	<b>70.84%</b>	<b>67.19%</b>	<b>48.23%</b>	<b>62.59%</b>	<b>62.21%</b>
<b>Arena</b>	<b>14.19%</b>	<b>18.51%</b>	<b>38.37%</b>	<b>20.51%</b>	<b>22.90%</b>
A. Gruesa	11.69%	7.23%	30.50%	9.69%	14.78%
A. Fina	2.50%	11.28%	7.87%	10.82%	8.12%
<b>Finos</b>	<b>10.16%</b>	<b>7.29%</b>	<b>7.65%</b>	<b>9.31%</b>	<b>8.60%</b>
<b>Total</b>	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

En la tabla 19, se observa que en los taludes de la Gravera Shudal existe más grava que cantos, arenas y finos, con un porcentaje de 62.21%. Los cantos constituyen un 6.29% y las arenas constituyen un 22.90%, de los cuales 14.78% es arena gruesa y 8.12% es arena fina. Finalmente observamos que los finos constituyen el 8.60% de la Gravera Shudal.



**Figura 31: Resultado del Análisis Granulométrico de los de la Gravera Shudal.**

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 31, se observa que conforme a los resultados obtenidos del Análisis Granulométrico de los taludes de la Gravera Shudal, el 6.29% está conformado por cantos, el 62.21% está conformado por grava, el 22.90% está conformado por arenas y el 8.60% son finos.

Los resultados generales obtenidos, nos indican que la zona de estudio está dada por tipo de terreno no saturado compuesto por gravas con arenas y cantos densa, ya que ellos constituyen en conjunto un porcentaje muy elevado en comparación con los finos.

#### **d) Alturas de los taludes de la Gravera Shudal**

El método de levantamiento topográfico que se tomó en cuenta para la investigación, es el "Levantamiento Topográfico con GPS".

- Se tomó en cuenta los dos taludes existentes en la gravera y se determinó puntos con sus cotas inferiores y superiores cada 2 metros de distancia en el pie y cabeza de los taludes respectivamente, para obtener de esta manera las alturas y los perfiles longitudinales.
- Todos los datos que se obtuvieron en este levantamiento topográfico en la Gravera Shudal, fueron ordenados de tal forma que permitieron a través de softwares, realizar un estudio lo más verás posible.

Para el Talud 1 se tomó en cuenta las siguientes progresivas, cotas inferiores, cotas superiores y alturas. Se considera que la progresiva 0+0.000 es el punto del talud que se encuentra más al oeste

(Punto “C” con coordenadas UTM Norte: 9204747.28 – Este: 775556.51), y las siguientes son en dirección al este.

*Tabla 20. Datos que conforman el perfil longitudinal de Talud 1*

<b>Progresiva</b>	<b>Cota Inferior</b>	<b>Cota Superior</b>	<b>Altura (metros)</b>
<b>0+0.000</b>	2774.00	2781.00	7.00
<b>0+0.002</b>	2774.20	2780.70	6.50
<b>0+0.004</b>	2774.40	2780.80	6.40
<b>0+0.006</b>	2774.40	2780.40	6.00
<b>0+0.008</b>	2774.50	2780.00	5.50
<b>0+0.010</b>	2774.50	2779.50	5.00
<b>0+0.012</b>	2774.60	2780.40	5.80
<b>0+0.014</b>	2774.70	2780.70	6.00
<b>0+0.016</b>	2774.70	2780.70	6.00
<b>0+0.018</b>	2774.80	2780.50	5.70
<b>0+0.020</b>	2775.00	2780.30	5.30
<b>0+0.022</b>	2774.10	2779.40	5.30
<b>0+0.024</b>	2774.10	2779.40	5.30
<b>0+0.026</b>	2774.00	2779.50	5.50
<b>0+0.028</b>	2774.00	2779.40	5.40
<b>0+0.030</b>	2774.00	2779.50	5.50
<b>0+0.032</b>	2773.00	2778.50	5.50
<b>0+0.034</b>	2772.80	2778.20	5.40
<b>0+0.036</b>	2772.70	2778.00	5.30
<b>0+0.038</b>	2772.50	2778.00	5.50
<b>0+0.040</b>	2772.50	2780.00	7.50
<b>0+0.042</b>	2772.60	2778.30	5.70
<b>0+0.044</b>	2772.60	2778.20	5.60
<b>0+0.046</b>	2772.70	2778.40	5.70
<b>0+0.048</b>	2772.80	2778.60	5.80
<b>0+0.050</b>	2773.00	2778.80	5.80
<b>0+0.052</b>	2773.00	2778.80	5.80
<b>0+0.054</b>	2772.80	2778.70	5.90
<b>0+0.056</b>	2772.50	2778.40	5.90
<b>0+0.058</b>	2772.50	2778.50	6.00
<b>0+0.060</b>	2772.00	2778.50	6.50
<b>0+0.062</b>	2772.00	2777.00	5.00

<b>0+0.064</b>	2771.80	2777.90	6.10
<b>0+0.066</b>	2771.60	2777.60	6.00
<b>0+0.068</b>	2771.30	2776.60	5.30
<b>0+0.070</b>	2771.00	2776.00	5.00
<b>0+0.072</b>	2771.00	2776.00	5.00
<b>0+0.074</b>	2771.00	2775.70	4.70
<b>0+0.076</b>	2771.00	2775.50	4.50
<b>0+0.078</b>	2771.00	2775.50	4.50
<b>0+0.080</b>	2771.00	2775.50	4.50
<b>0+0.082</b>	2771.00	2775.50	4.50
<b>0+0.084</b>	2771.00	2775.50	4.50
<b>0+0.086</b>	2770.70	2775.20	4.50
<b>0+0.088</b>	2770.40	2774.90	4.50
<b>0+0.090</b>	2770.00	2774.50	4.50
<b>0+0.092</b>	2770.00	2774.50	4.50
<b>0+0.093</b>	2770.00	2774.50	4.50

En la tabla 20, se observa que la mayor altura se encuentra en la progresiva 0+0.040, con 7.50 metros respecto al pie de talud. El total de cotas que conforman el perfil del talud 1 es 48, tomando en cuenta la totalidad del talud.

Para el talud 2 se tomó en cuenta las siguientes progresivas, cotas inferiores, cotas superiores y alturas. Se considera que la progresiva 0+0.000 es el punto del talud que se encuentra más al oeste (Punto "D" con coordenadas UTM Norte: 9204733.86 – Este: 775544.70), y las siguientes son en dirección al este.

*Tabla 21. Datos que conforman el perfil longitudinal de Talud 2*

<b>Progresiva</b>	<b>Cota Inferior</b>	<b>Cota Superior</b>	<b>Altura (metros)</b>
<b>0+0.000</b>	2776.00	2780.00	4.00
<b>0+0.002</b>	2775.00	2780.20	5.20
<b>0+0.004</b>	2774.90	2778.90	4.00
<b>0+0.006</b>	2774.80	2779.30	4.50
<b>0+0.008</b>	2774.80	2780.60	5.80
<b>0+0.010</b>	2774.70	2780.70	6.00
<b>0+0.012</b>	2775.00	2780.80	5.80
<b>0+0.014</b>	2774.70	2780.70	6.00
<b>0+0.016</b>	2774.50	2780.50	6.00

<b>0+0.018</b>	2774.50	2780.20	5.70
<b>0+0.020</b>	2774.10	2780.10	6.00
<b>0+0.022</b>	2774.10	2780.10	6.00
<b>0+0.024</b>	2774.10	2780.10	6.00
<b>0+0.026</b>	2774.00	2779.50	5.50
<b>0+0.028</b>	2774.00	2779.50	5.50
<b>0+0.030</b>	2774.50	2779.50	5.00
<b>0+0.032</b>	2774.50	2780.00	5.50
<b>0+0.034</b>	2774.60	2780.00	5.40
<b>0+0.036</b>	2774.60	2779.90	5.30
<b>0+0.038</b>	2774.80	2779.80	5.00
<b>0+0.040</b>	2775.00	2780.00	5.00
<b>0+0.042</b>	2775.00	2779.50	4.50
<b>0+0.044</b>	2774.60	2778.60	4.00
<b>0+0.046</b>	2774.30	2777.30	3.00
<b>0+0.048</b>	2773.50	2776.00	2.50
<b>0+0.050</b>	2773.00	2775.50	2.50
<b>0+0.052</b>	2773.40	2775.90	2.50
<b>0+0.054</b>	2773.20	2775.90	2.70
<b>0+0.056</b>	2773.20	2776.00	2.80
<b>0+0.058</b>	2773.00	2776.00	3.00
<b>0+0.060</b>	2773.00	2776.50	3.50
<b>0+0.062</b>	2772.60	2776.10	3.50
<b>0+0.064</b>	2772.50	2776.50	4.00
<b>0+0.066</b>	2772.40	2776.40	4.00
<b>0+0.068</b>	2772.40	2776.90	4.50
<b>0+0.070</b>	2772.50	2777.50	5.00
<b>0+0.072</b>	2772.20	2777.20	5.00
<b>0+0.074</b>	2771.80	2776.80	5.00
<b>0+0.076</b>	2771.60	2777.10	5.50
<b>0+0.078</b>	2771.20	2776.70	5.50
<b>0+0.080</b>	2771.00	2777.00	6.00
<b>0+0.082</b>	2771.00	2776.00	5.00
<b>0+0.084</b>	2770.80	2775.80	5.00
<b>0+0.086</b>	2770.40	2774.40	4.00
<b>0+0.088</b>	2770.40	2774.40	4.00
<b>0+0.090</b>	2770.40	2774.90	4.50

<b>0+0.092</b>	2770.00	2774.70	4.70
<b>0+0.094</b>	2769.80	2774.60	4.80
<b>0+0.096</b>	2769.80	2774.30	4.50
<b>0+0.098</b>	2769.50	2773.50	4.00
<b>0+0.100</b>	2769.50	2773.50	4.00
<b>0+0.102</b>	2769.20	2773.20	4.00
<b>0+0.104</b>	2769.00	2773.50	4.50
<b>0+0.106</b>	2769.00	2773.50	4.50
<b>0+0.108</b>	2768.00	2773.30	5.30
<b>0+0.109</b>	2768.70	2773.20	4.50

En la tabla 21, se observa que la mayor altura se encuentra en las progresivas 0+0.010, 0+0.014, 0+0.016, 0+0.020, 0+0.022, 0+0.024 y 0+0.080, con 6.00 metros respecto al pie de talud. El total de cotas que conforman el perfil del talud 2 es 56, tomando en cuenta la totalidad del talud.

Los perfiles del talud 1 y 2 que se obtienen con los datos y con ayuda del programa de ingeniería AutoCAD 2017 (**ANEXO 11**).

### e) **Ángulos de los taludes de la Gravera Shudal**

Se tomó en cuenta los dos taludes existentes en la gravera y para la obtención de los datos que se requirieron para realizar las secciones transversales de los taludes se hizo lo siguiente: primero se tomó puntos cada 10 metros de distancia utilizando el flexómetro, luego mediante la técnica de la cuerda se sacó medidas formando un triángulo respecto a la horizontal del talud, para finalmente obtener el ángulo de inclinación del talud mediante operaciones matemáticas.

Se procedió a medir la distancia de las cotas inferiores que se encuentra frente una de otra entre los taludes.

Todos los datos que se obtuvieron en este levantamiento topográfico en la Gravera Shudal, fueron ordenados de tal forma que permitieron a través de softwares, realizar un estudio lo más verás posible.

Las secciones transversales se consideraron con una vista de oeste a este y los datos que se tomaron para el diseño de las mismas son: progresivas (Pgr.), cotas inferiores (C. Inf.), cotas superiores (C. Sup.), alturas de la sección del talud obtenidas en los perfiles longitudinales (H), ángulo del talud (Áng. Incl.) y la distancia que existe entre las cotas inferiores y que se encuentran frente a frente del los taludes (Dist. Talud 1 y 2).

Tabla 22. Datos que conforman las secciones transversales de los taludes de la Gravera Shudal

Talud 1					Talud 2				
Prg.	C. Inf.	C. Sup.	H (m)	Áng. Incl.	Dist. Talud 1 y 2 (m)	C. Inf.	C. Sup.	H (m)	Áng. Incl.
0+000					12.00	2776.00	2780.00	4.00	30°
0+010	2774.00	2781.00	7.00	50°	12.50	2774.70	2780.70	6.00	62°
0+020	2774.50	2779.50	5.50	50°	13.00	2774.10	2780.10	6.00	62°
0+030	2775.00	2780.30	5.30	40°	12.70	2774.50	2779.50	5.50	36°
0+040	2773.00	2778.50	5.50	41°	12.40	2774.00	2780.00	5.00	48°
0+050	2772.50	2780.00	6.00	41°	12.10	2773.00	2775.50	2.50	36°
0+060	2773.00	2778.80	5.80	54°	12.00	2778.00	2776.50	3.50	52°
0+070	2772.00	2778.50	6.50	68°	11.90	2772.50	2777.50	5.00	44°
0+080	2771.00	2776.00	5.00	76°	12.30	2771.00	2777.00	6.00	36°
0+090	2771.00	2775.50	4.50	90°	11.50	2770.40	2774.90	4.50	90°
0+100	2770.00	2774.50	4.50	90°	11.00	2769.50	2773.50	4.00	90°

En la tabla 22, se observa que los ángulos de inclinación de los taludes respecto a la horizontal oscilan entre 30° a 90°, las distancias que existen entre las cotas del pie del talud, oscilan entre 11 a 13 metros de longitud y las alturas oscilan entre 2.50 y 7.00 metros.

Las secciones de talud que se obtuvieron con los datos y con ayuda del programa de ingeniería AutoCAD 2017 se muestran en el **ANEXO 12**.

#### f) **Análisis de la Estabilidad de los Taludes en Base a sus Parámetros de Granulometría, Altura y Ángulo**

Para la evaluación de los taludes propensos a deslizamientos por su inestabilidad, se tomó en cuenta los parámetros de altura y ángulo de talud, estos en relación a un tipo de terreno que componen los taludes, el cual es de tipo arenoso con gravas y cantos densa.

Al analizar los taludes en los puntos de las secciones transversales, se consideraron tres grupos, los cuales son: los taludes que son estables, los que son poco estables por considerar que no existe una diferencia relevante en relación a la propuesta en las definiciones correctas de la estabilidad de los taludes y los taludes inestables, considerando una diferencia relevante.

Tabla 23. Resultado de las alturas y ángulos de los taludes de la Gravera Shudal

Progresivas	Talud 1		Talud 2	
	Altura (m)	Ángulo Interno de Talud	Altura (m)	Ángulo Interno de Talud
0+000			4.00	30°
0+010	7.00	50°	6.00	62°
0+020	5.50	50°	6.00	62°
0+030	5.30	40°	5.50	36°
0+040	5.50	41°	5.00	48°
0+050	6.00	41°	2.50	36°
0+060	5.80	54°	3.50	52°
0+070	6.50	68°	5.00	44°
0+080	5.00	76°	6.00	36°
0+090	4.50	90°	4.50	90°
0+100	4.50	90°	4.00	90°

En la tabla 23, se observa los datos para el análisis de la estabilidad de los taludes de la Gravera Shudal.

#### Grupo 1:

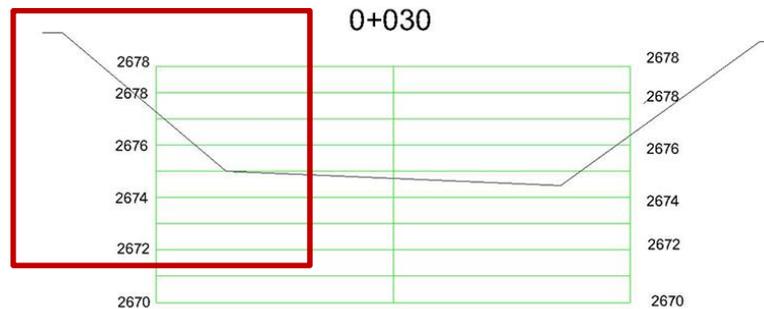
En el talud 1, los puntos en donde el talud es estable son en las siguientes progresivas.

- **Progresiva 0+030:** la comparación de los resultados con las definiciones correctas es como se muestra a continuación:

Tabla 24. Análisis de resultados de la progresiva 0+030 en el talud 1

Talud con tipo de suelo arenoso con gravas y cantos densa		
Parámetro	Resultado	Definición
Altura	5.30 metros	<10 metros
Ángulo	40°	45°

En la tabla 24, se observa que el resultado de la altura y el ángulo de talud, no exceden los parámetros establecidos por las definiciones de Suárez (1992), por lo que en este punto el talud es estable.



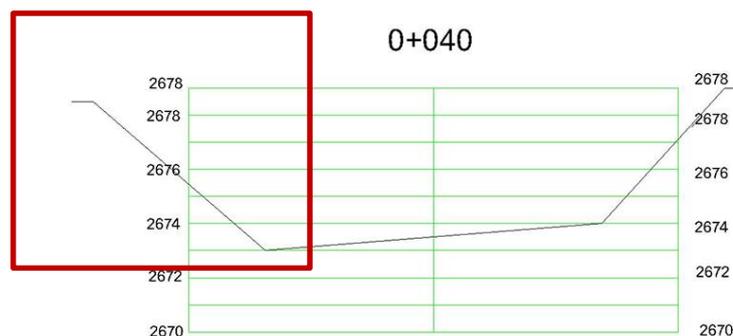
**Figura 32: Análisis de la Sección Transversal 0+030 del talud 1**  
 Fuente: AutoCAD 2017. Elaboración propia.

- **Progresiva 0+040:** la comparación de los resultados con las definiciones correctas es como se muestra a continuación:

*Tabla 25. Análisis de resultados de la progresiva 0+040 en el talud 1*

Talud con tipo de suelo arenoso con gravas y cantos densa		
Parámetro	Resultado	Definición
Altura	5.50 metros	<10 metros
Ángulo	41°	45°

En la tabla 25, se observa que el resultado de la altura y el ángulo de talud, no exceden los parámetros establecidos por las definiciones de Suárez (1992), por lo que en este punto el talud es estable.



**Figura 33: Análisis de la Sección Transversal 0+040 del talud 1**  
 Fuente: AutoCAD 2017. Elaboración propia.

- **Progresiva 0+050:** la comparación de los resultados con las definiciones correctas es como se muestra a continuación:

Tabla 26. Análisis de resultados de la progresiva 0+050 en el talud 1

Talud con tipo de suelo arenoso con gravas y cantos densa		
Parámetro	Resultado	Definición
Altura	6.00 metros	<10 metros
Ángulo	41°	45°

En la tabla 26, se observa que el resultado de la altura y el ángulo de talud, no exceden los parámetros establecidos por las definiciones de Suárez (1992), por lo que en este punto el talud es estable.

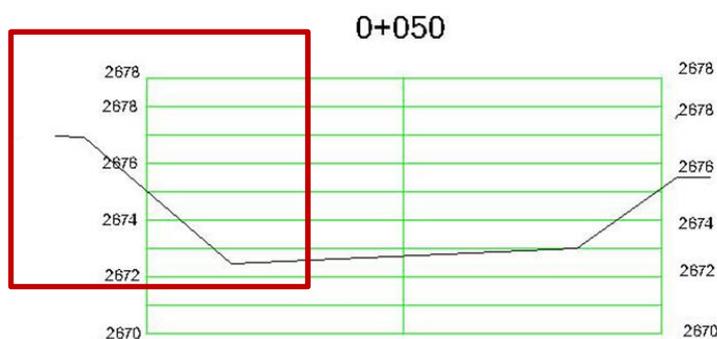


Figura 34: Análisis de la Sección Transversal 0+050 del talud 1  
Fuente: AutoCAD 2017. Elaboración propia.

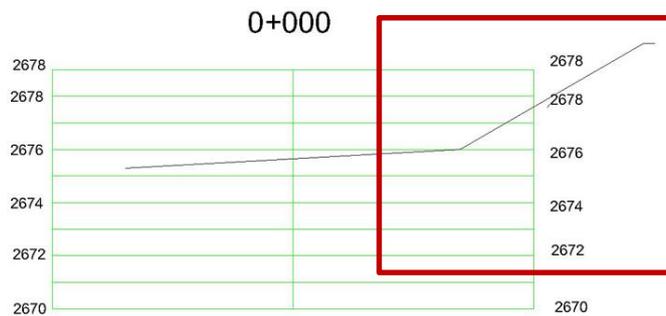
En el talud 2, los puntos en donde el talud es estable son en las siguientes progresivas.

- **Progresiva 0+000:** la comparación de los resultados con las definiciones correctas es como se muestra a continuación:

Tabla 27. Análisis de resultados de la progresiva 0+000 en el talud 2

Talud con tipo de suelo arenoso con gravas y cantos densa		
Parámetro	Resultado	Definición
Altura	4 metros	<10 metros
Ángulo	30°	45°

En la tabla 27, se observa que el resultado de la altura y el ángulo de talud, no exceden los parámetros establecidos por las definiciones de Suárez (1992), por lo que en este punto el talud es estable.



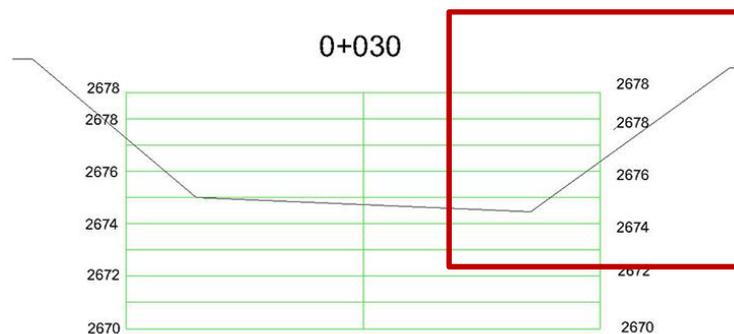
**Figura 35: Análisis de la Sección Transversal 0+000 del talud 2**  
 Fuente: AutoCAD 2017. Elaboración propia.

- **Progresiva 0+030:** la comparación de los resultados con las definiciones correctas es como se muestra a continuación:

*Tabla 28. Análisis de resultados de la progresiva 0+030 en el talud 2*

<b>Talud con tipo de suelo arenoso con gravas y cantos densa</b>		
<b>Parámetro</b>	<b>Resultado</b>	<b>Definición</b>
<b>Altura</b>	5.5 metros	<10 metros
<b>Ángulo</b>	36°	45°

En la tabla 27, se observa que el resultado de la altura y el ángulo de talud, no exceden los parámetros establecidos por las definiciones de Suárez (1992), por lo que en este punto el talud es estable.



**Figura 36: Análisis de la Sección Transversal 0+030 del talud 2**  
 Fuente: AutoCAD 2017. Elaboración propia.

- **Progresiva 0+050:** la comparación de los resultados con las definiciones correctas es como se muestra a continuación:

Tabla 29. Análisis de resultados de la progresiva 0+050 en el talud 2

Talud con tipo de suelo arenoso con gravas y cantos densa		
Parámetro	Resultado	Definición
Altura	2.5 metros	<10 metros
Ángulo	36°	45°

En la tabla 29, se observa que el resultado de la altura y el ángulo de talud, no exceden los parámetros establecidos por las definiciones de Suárez (1992), por lo que en este punto el talud es estable.

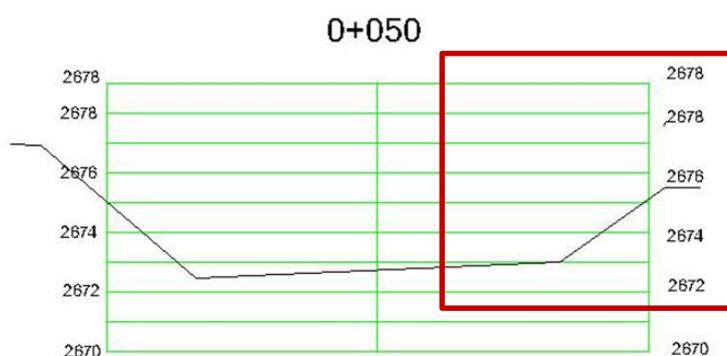


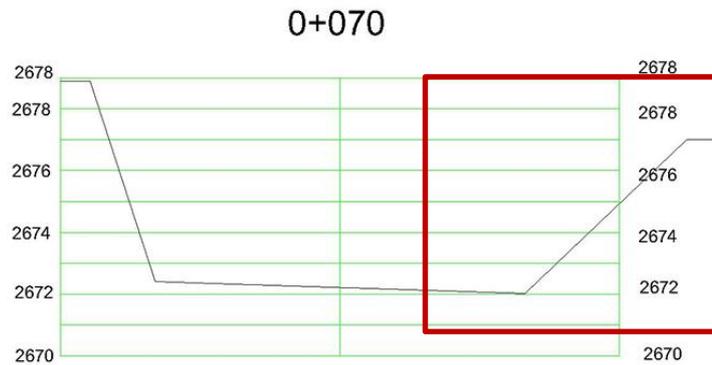
Figura 37: Análisis de la Sección Transversal 0+050 del talud 2  
Fuente: AutoCAD 2017. Elaboración propia.

- **Progresiva 0+070:** la comparación de los resultados con las definiciones correctas es como se muestra a continuación:

Tabla 30. Análisis de resultados de la progresiva 0+070 en el talud 2

Talud con tipo de suelo arenoso con gravas y cantos densa		
Parámetro	Resultado	Definición
Altura	5.00 metros	<10 metros
Ángulo	44°	45°

En la tabla 30, se observa que el resultado de la altura y el ángulo de talud, no exceden los parámetros establecidos por las definiciones de Suárez (1992), por lo que en este punto el talud es estable.



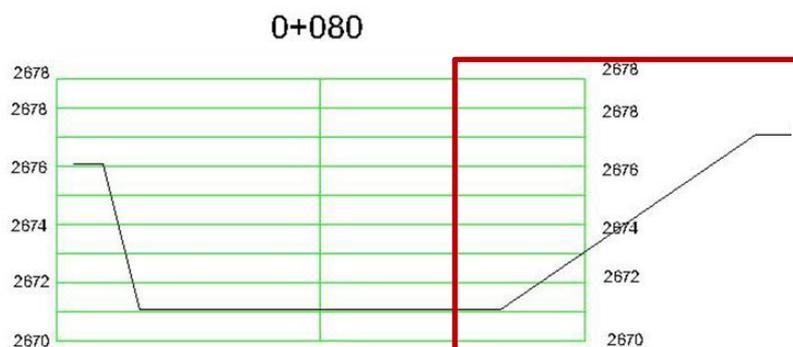
**Figura 38: Análisis de la Sección Transversal 0+070 del talud 2**  
Fuente: AutoCAD 2017. Elaboración propia.

- **Progresiva 0+080:** la comparación de los resultados con las definiciones correctas es como se muestra a continuación:

*Tabla 31. Análisis de resultados de la progresiva 0+080 en el talud 2*

<b>Talud con tipo de suelo arenoso con gravas y cantos densa</b>		
<b>Parámetro</b>	<b>Resultado</b>	<b>Definición</b>
<b>Altura</b>	6.00 metros	<10 metros
<b>Ángulo</b>	36°	45°

En la tabla 31, se observa que el resultado de la altura y el ángulo de talud, no exceden los parámetros establecidos por las definiciones de Suárez (1992), por lo que en este punto el talud es estable.



**Figura 39: Análisis de la Sección Transversal 0+080 del talud 2**  
Fuente: AutoCAD 2017. Elaboración propia.

**Grupo 2:**

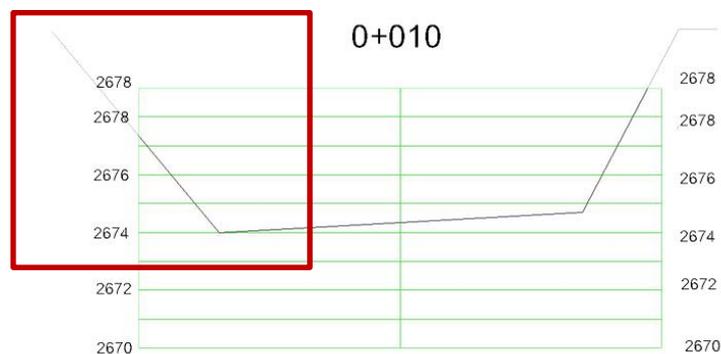
En el talud 1, los puntos en donde el talud es poco estable por considerar que no existe una diferencia relevante en relación a la propuesta en las definiciones correctas de la estabilidad de los taludes, son en las siguientes progresivas.

- **Progresiva 0+010:** la comparación de los resultados con las definiciones correctas es como se muestra a continuación:

*Tabla 32. Análisis de resultados de la progresiva 0+010 en el talud 1*

Talud con tipo de suelo arenoso con gravas y cantos densa		
Parámetro	Resultado	Definición
Altura	7.00 metros	<10 metros
Ángulo	50°	45°

En la tabla 32, se observa que el resultado de la altura no excede la altura propuesta en la definición de Suárez (1992); sin embargo, el ángulo de talud excede en 5°, por lo que se considera que este punto el talud es poco estable.



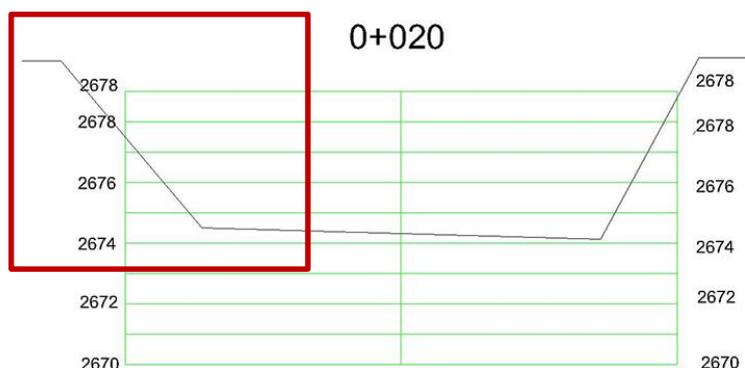
**Figura 40: Análisis de la Sección Transversal 0+010 del talud 1**  
Fuente: AutoCAD 2017. Elaboración propia.

- **Progresiva 0+020:** la comparación de los resultados con las definiciones correctas es como se muestra a continuación:

*Tabla 33. Análisis de resultados de la progresiva 0+020 en el talud 1*

Talud con tipo de suelo arenoso con gravas y cantos densa		
Parámetro	Resultado	Definición
Altura	5.50 metros	<10 metros
Ángulo	50°	45°

En la tabla 33, se observa que el resultado de la altura no excede la altura propuesta en la definición de Suárez (1992); sin embargo, el ángulo de talud excede en 5°, por lo que se considera que este punto el talud es poco estable.



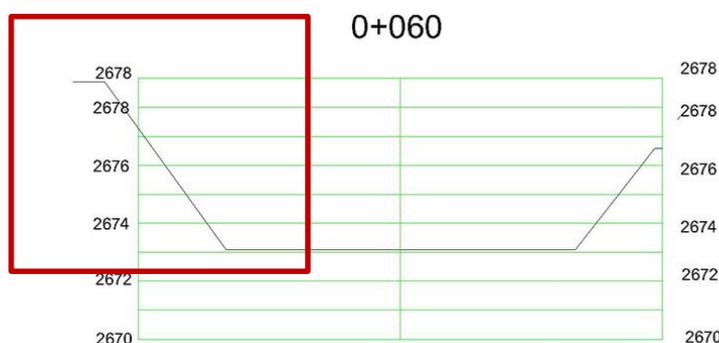
**Figura 41: Análisis de la Sección Transversal 0+020 del talud 1**  
 Fuente: AutoCAD 2017. Elaboración propia.

- **Progresiva 0+060:** la comparación de los resultados con las definiciones correctas es como se muestra a continuación:

Tabla 34. Análisis de resultados de la progresiva 0+060 en el talud 1

Talud con tipo de suelo arenoso con gravas y cantos densa		
Parámetro	Resultado	Definición
Altura	5.80 metros	<10 metros
Ángulo	54°	45°

En la tabla 33, se observa que el resultado de la altura no excede la altura propuesta en la definición de Suárez (1992); sin embargo, el ángulo de talud excede en 9°, por lo que se considera que este punto el talud es poco estable.



**Figura 42: Análisis de la Sección Transversal 0+060 del talud 1**  
 Fuente: AutoCAD 2017. Elaboración propia.

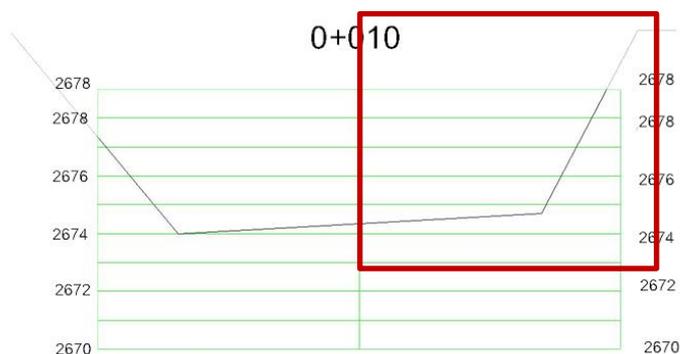
En el talud 2, los puntos en donde el talud es poco estable por considerar que no existe una diferencia relevante en relación a la propuesta en las definiciones correctas de la estabilidad de los taludes, son en las siguientes progresivas.

- **Progresiva 0+010:** la comparación de los resultados con las definiciones correctas es como se muestra a continuación:

*Tabla 35. Análisis de resultados de la progresiva 0+010 en el talud 2*

<b>Talud con tipo de suelo arenoso con gravas y cantos densa</b>		
<b>Parámetro</b>	<b>Resultado</b>	<b>Definición</b>
<b>Altura</b>	6.00 metros	<10 metros
<b>Ángulo</b>	62°	45°

En la tabla 35, se observa que el resultado de la altura no excede la altura propuesta en la definición de Suárez (1992); sin embargo, el ángulo de talud excede en 17°, por lo que se considera que este punto el talud es poco estable.



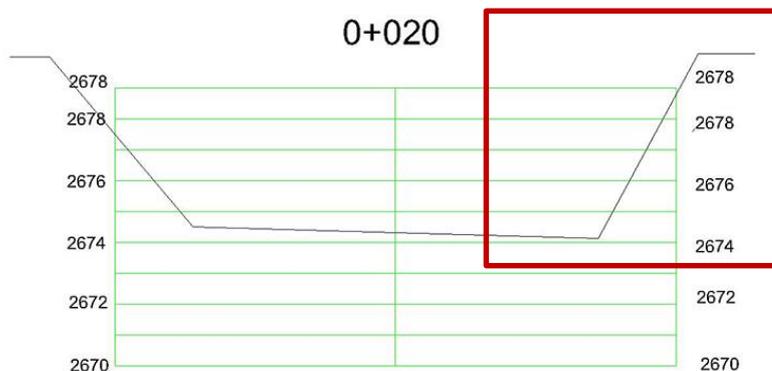
**Figura 43: Análisis de la Sección Transversal 0+010 del talud 2**  
Fuente: AutoCAD 2017. Elaboración propia.

- **Progresiva 0+020:** la comparación de los resultados con las definiciones correctas es como se muestra a continuación:

*Tabla 36. Análisis de resultados de la progresiva 0+020 en el talud 2*

<b>Talud con tipo de suelo arenoso con gravas y cantos densa</b>		
<b>Parámetro</b>	<b>Resultado</b>	<b>Definición</b>
<b>Altura</b>	6.00 metros	<10 metros
<b>Ángulo</b>	62°	45°

En la tabla 36, se observa que el resultado de la altura no excede la altura propuesta en la definición de Suárez (1992); sin embargo, el ángulo de talud excede en 17°, por lo que se considera que este punto el talud es poco estable.



**Figura 44: Análisis de la Sección Transversal 0+020 del talud 2**  
Fuente: AutoCAD 2017. Elaboración propia.

- **Progresiva 0+040:** la comparación de los resultados con las definiciones correctas es como se muestra a continuación:

*Tabla 37. Análisis de resultados de la progresiva 0+040 en el talud 2*

Talud con tipo de suelo arenoso con gravas y cantos densa		
Parámetro	Resultado	Definición
Altura	5.00 metros	<10 metros
Ángulo	48°	45°

En la tabla 37, se observa que el resultado de la altura no excede la altura propuesta en la definición de Suárez (1992); sin embargo, el ángulo de talud excede en 3°, por lo que se considera que este punto el talud es poco estable.



**Figura 45: Análisis de la Sección Transversal 0+040 del talud 2**  
Fuente: AutoCAD 2017. Elaboración propia.

- **Progresiva 0+060:** la comparación de los resultados con las definiciones correctas es como se muestra a continuación:

Tabla 38. Análisis de resultados de la progresiva 0+060 en el talud 2

Talud con tipo de suelo arenoso con gravas y cantos densa		
Parámetro	Resultado	Definición
Altura	3.50 metros	<10 metros
Ángulo	52°	45°

En la tabla 38, se observa que el resultado de la altura no excede la altura propuesta en la definición de Suárez (1992); sin embargo, el ángulo de talud excede en 7°, por lo que se considera que este punto el talud es poco estable.



Figura 46: Análisis de la Sección Transversal 0+060 del talud 2  
Fuente: AutoCAD 2017. Elaboración propia.

### Grupo 3:

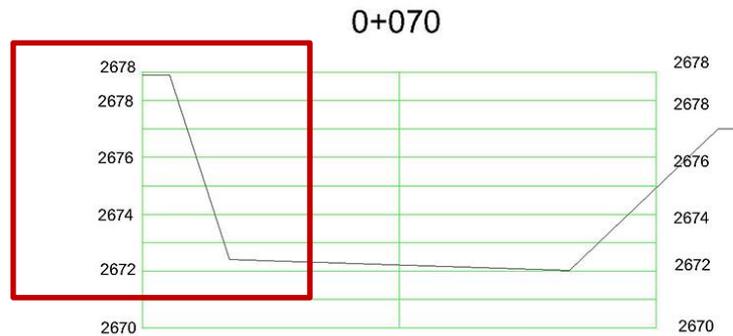
En el talud 1, los puntos en donde el talud es inestable ya que se considera una diferencia relevante con las propuestas en las definiciones de Suárez (1992), son en las siguientes progresivas.

- **Progresiva 0+070:** la comparación de los resultados con las definiciones correctas es como se muestra a continuación:

Tabla 39. Análisis de resultados de la progresiva 0+070 en el talud 1

Talud con tipo de suelo arenoso con gravas y cantos densa		
Parámetro	Resultado	Definición
Altura	6.50 metros	<10 metros
Ángulo	68°	45°

En la tabla 39, se observa que el resultado de la altura no excede la altura propuesta en la definición de Suárez (1992); sin embargo, el ángulo de talud excede considerablemente en 23°, por lo que se considera que este punto el talud es inestable y muy propenso a un deslizamiento.



**Figura 47: Análisis de la Sección Transversal 0+070 del talud 1**  
 Fuente: AutoCAD 2017. Elaboración propia.

- **Progresiva 0+080:** la comparación de los resultados con las definiciones correctas es como se muestra a continuación:

Tabla 40. Análisis de resultados de la progresiva 0+080 en el talud 1

Talud con tipo de suelo arenoso con gravas y cantos densa		
Parámetro	Resultado	Definición
Altura	5.00 metros	<10 metros
Ángulo	76°	45°

En la tabla 40, se observa que el resultado de la altura no excede la altura propuesta en la definición de Suárez (1992); sin embargo, el ángulo de talud excede considerablemente en 31°, por lo que se considera que este punto el talud es inestable y muy propenso a un deslizamiento.



**Figura 48: Análisis de la Sección Transversal 0+080 del talud 1**  
 Fuente: AutoCAD 2017. Elaboración propia.

- **Progresiva 0+090:** la comparación de los resultados con las definiciones correctas es como se muestra a continuación:

Tabla 41. Análisis de resultados de la progresiva 0+090 en el talud 1

Talud con tipo de suelo arenoso con gravas y cantos densa		
Parámetro	Resultado	Definición
Altura	4.50 metros	<10 metros
Ángulo	90°	45°

En la tabla 41, se observa que el resultado de la altura no excede la altura propuesta en la definición de Suárez (1992); sin embargo, el ángulo de talud excede considerablemente en 45°, por lo que se considera que este punto el talud es inestable y con un riesgo alto de un posible deslizamiento.

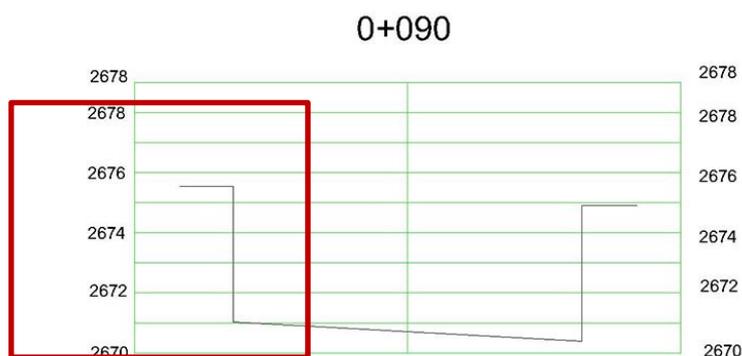


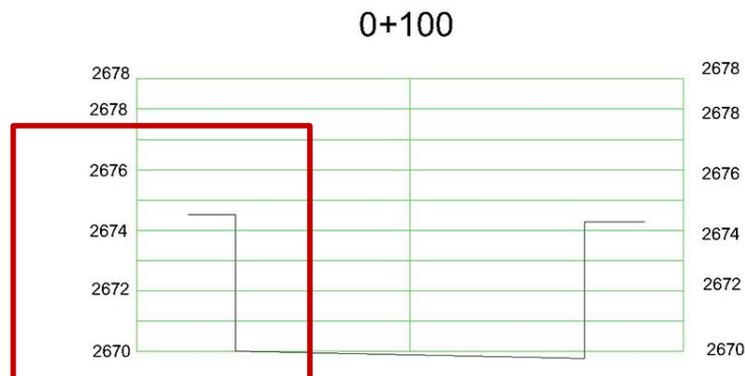
Figura 49: Análisis de la Sección Transversal 0+090 del talud 1  
Fuente: AutoCAD 2017. Elaboración propia.

- **Progresiva 0+100:** la comparación de los resultados con las definiciones correctas es como se muestra a continuación:

Tabla 42. Análisis de resultados de la progresiva 0+100 en el talud 1

Talud con tipo de suelo arenoso con gravas y cantos densa		
Parámetro	Resultado	Definición
Altura	4.50 metros	<10 metros
Ángulo	90°	45°

En la tabla 42, se observa que el resultado de la altura no excede la altura propuesta en la definición de Suárez (1992); sin embargo, el ángulo de talud excede considerablemente en 45°, por lo que se considera que este punto el talud es inestable y con un riesgo alto de un posible deslizamiento.



**Figura 50: Análisis de la Sección Transversal 0+100 del talud 1**  
 Fuente: AutoCAD 2017. Elaboración propia.

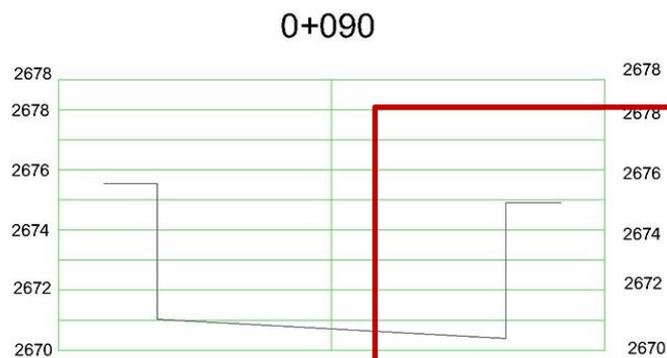
En el talud 2, los puntos en donde el talud es inestable ya que se considera una diferencia relevante con las propuestas en las definiciones de Suárez (1992), son en las siguientes progresivas.

- **Progresiva 0+090:** la comparación de los resultados con las definiciones correctas es como se muestra a continuación:

*Tabla 43. Análisis de resultados de la progresiva 0+090 en el talud 2*

<b>Talud con tipo de suelo arenoso con gravas y cantos densa</b>		
<b>Parámetro</b>	<b>Resultado</b>	<b>Definición</b>
<b>Altura</b>	4.50 metros	<10 metros
<b>Ángulo</b>	90°	45°

En la tabla 43, se observa que el resultado de la altura no excede la altura propuesta en la definición de Suárez (1992); sin embargo, el ángulo de talud excede considerablemente en 45°, por lo que se considera que este punto el talud es inestable y con un riesgo alto de un posible deslizamiento.



**Figura 51: Análisis de la Sección Transversal 0+090 del talud 2**  
 Fuente: AutoCAD 2017. Elaboración propia.

- **Progresiva 0+100:** la comparación de los resultados con las definiciones correctas es como se muestra a continuación:

Tabla 44. Análisis de resultados de la progresiva 0+100 en el talud 2

Talud con tipo de suelo arenoso con gravas y cantos densa		
Parámetro	Resultado	Definición
Altura	4.00 metros	<10 metros
Ángulo	90°	45°

En la tabla 43, se observa que el resultado de la altura no excede la altura propuesta en la definición de Suárez (1992); sin embargo, el ángulo de talud excede considerablemente en 45°, por lo que se considera que este punto el talud es inestable y con un riesgo alto de un posible deslizamiento.

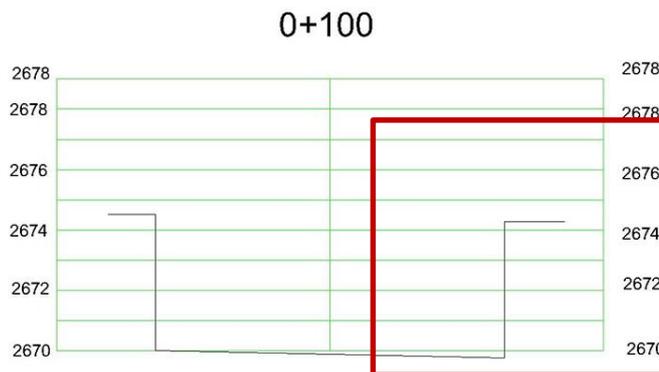


Figura 52: Análisis de la Sección Transversal 0+100 del talud 2  
Fuente: AutoCAD 2017. Elaboración propia.

Al evaluar la estabilidad en cada una de las secciones obtenidas en cada uno de los taludes en relación a las definiciones correctas de estabilidad según Suárez (1992), se obtuvo que sólo en 07 secciones no se requiere medidas de estabilización por el momento; sin embargo, en 14 de ellas si es necesario aplicar medidas de control, pues muchas de ellas tienen una probabilidad alta de un posible deslizamiento, como son las progresivas 0+090 y 0+100 en ambos taludes, en donde la diferencia del ángulo en relación al ángulo correcto de talud es de 45°.

Al tener 14 secciones en donde el talud es poco estable e inestable, y conformando el 60% de los taludes, se infiere que la granulometría de las terrazas, en conjunto con las alturas y ángulos debido al alto porcentaje si influyen determinantemente en la estabilidad de los taludes existentes en la Gravera Shudal.

## CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN

Debido a que el material fino conforma un 8.60% del análisis granulométrico de la gravera Shudal, hace inferir que es un suelo de tipo no cohesivo, ya que las arcillas y limos no predominan; por el contrario, la existencia de material grueso en gran volumen con un 91.40% hace deducir que es un suelo de tipo arenoso con gravas y cantos densa, el cual es un suelo no saturado debido a la permeabilidad que éste tiene. Así mismo, el nivel de compactación interna de este tipo de suelo es baja debido a la escasa existencia de material fino y agua.

### a) **Influencia del material fino en la definición de la altura adecuada de los taludes.**

La existencia de material fino en un 8.60% en los taludes de la Gravera Shudal no influye en la definición de las alturas adecuadas de estos, pues la ausencia de este material indica que sea un suelo no cohesivo; según Suárez (1992), si fuese un suelo cohesivo, la altura máxima podría ser de hasta 10 metros, y de ser ese el caso; según los resultados obtenidos en las alturas de los taludes de la gravera son menores a 7.5 metros; encontrándose bajo los parámetros establecidos también. Finalmente, se infiere que el material fino en la definición de la altura adecuada de los taludes, no es un factor determinante en la estabilidad de los mismos en la Gravera Shudal.

### b) **Influencia del material fino en la definición del ángulo adecuado de los taludes.**

La existencia de material fino en un 8.60% en los taludes de la Gravera Shudal si influye en la definición de los ángulos adecuados de estos; pues según Suárez (1992), si fuese un suelo cohesivo y con una altura máxima de 10 metros, el ángulo de la pendiente del talud tendría que ser menor a  $40^\circ$ , a diferencia de un suelo arenoso con gravas y cantos densa y con una altura similar, en donde el ángulo que debería tener es menor a  $45^\circ$ . La diferencia de estos es porque en un suelo cohesivo las fuerzas actuantes son mayores que en un suelo arenoso con gravas y cantos densa, y esto debido a la compactación y permeabilidad; por lo tanto, ese tipo de suelo tiene más riesgo de deslizamiento mientras el talud tenga más pendiente. En los taludes de la Gravera Shudal, existen puntos en los cuales el ángulo de talud es mayor al que se propone, por lo que se requeriría tomar medidas de estabilidad. Finalmente, se infiere que el material fino en la definición del adecuado ángulo de los taludes, es un factor determinante en la estabilidad de los mismos en la Gravera Shudal.

**c) Influencia del material grueso en la definición de la altura adecuada de los taludes.**

La existencia de material grueso en un 91.40% en los taludes de la Gravera Shudal no influye en la definición de las alturas adecuadas de estos; en los suelos de tipo arenoso con gravas y cantos densa, la compactación es menor y la permeabilidad es mayor, por lo que en los taludes existe menor fuerzas actuantes y pueden tener un poco más de altura; según Suárez (1992), para un suelo arenoso con gravas y cantos densa, la altura máxima podría ser de hasta 15 metros, pero con ángulos adecuados; y según los resultados obtenidos, las alturas de los taludes de la gravera son menores a 7.5 metros; encontrándose bajo los parámetros establecidos. Finalmente, se infiere que el material grueso en la definición de la altura adecuada de los taludes, no es un factor determinante en la estabilidad de los mismos en la Gravera Shudal.

**d) Influencia del material grueso en la definición del ángulo adecuado de los taludes.**

La existencia de material grueso en un 91.40% en los taludes de la Gravera Shudal si influye en la definición de los ángulos adecuados de estos; pues según Suárez (1992), en un suelo arenoso con gravas y cantos densa y con una altura de 10 metros, el ángulo que debería tener la pendiente del talud es menor a 45°. En los taludes de la Gravera Shudal, existen puntos en los cuales el ángulo de talud es mayor al que se propone, por lo que se requeriría tomar medidas de estabilidad. Finalmente, se infiere que el material grueso en la definición del adecuado ángulo de los taludes, es un factor determinante en la estabilidad de los mismos en la Gravera Shudal.

Al analizar ambos los parámetros de altura y ángulo en conjunto para determinar la estabilidad de los taludes en base al estudio granulométrico y tomando en cuenta las bases teóricas de estabilización empírica según Suárez (1992), en donde se indica que, para el tipo de suelo arenoso con gravas y cantos denso, para alturas que no exceden los 10 metros, el ángulo de talud debe ser de hasta 45°.

Tabla 45. Análisis de los parámetros de altura y ángulo en conjunto para determinar la estabilidad de los taludes en base al estudio granulométrico.

Progresivas	Talud 1		Talud 2	
	Altura (m)	Ángulo Interno de Talud	Altura (m)	Ángulo Interno de Talud
0+000			4.00	30°
0+010	7.00	50°	6.00	62°
0+020	5.50	50°	6.00	62°
0+030	5.30	40°	5.50	36°
0+040	5.50	41°	5.00	48°
0+050	6.00	41°	2.50	36°
0+060	5.80	54°	3.50	52°
0+070	6.50	68°	5.00	44°
0+080	5.00	76°	6.00	36°
0+090	4.50	90°	4.50	90°
0+100	4.50	90°	4.00	90°

De la tabla 45, las progresivas sombreadas de color verde corresponden al grupo de las secciones en donde no se requiere tomar medidas de estabilización por el momento, ya que están por debajo de los parámetros establecidos por Suárez (1992), en donde la altura no debe ser mayor a 10 metros y el ángulo debe ser de hasta 45° como máximo, y tomando en cuenta un suelo de tipo arenoso con gravas y cantos densa. Las progresivas de color celeste, corresponden al grupo de las secciones poco estables, tomando en cuenta que la diferencia de parámetros en relación a las correctas definiciones, no es muy considerable, pero sin embargo se requiere tomar medidas de estabilización. Finalmente, las progresivas sombreadas de color rojo, corresponden al grupo de secciones inestables, debido a que es considerable la diferencia entre los resultados y las correctas definiciones para la estabilidad de un talud, por lo que se debería tomar medidas de estabilización lo antes posible.

Por lo expuesto, se concluye que en la Gravera Shudal, los resultados del estudio granulométrico no influyen en las alturas de los taludes debido a que las alturas de estos son menores a 10 metros; sin embargo, si influye en gran magnitud en los ángulos que estos tienen en diferentes puntos, por sobrepasar los 45° que propone Suarez (1992) en el correcto ángulo del talud, por lo que se infiere que en general la granulometría influye determinantemente en estabilidad de los taludes de la Gravera Shudal.

## CONCLUSIONES

Se determinó con los resultados obtenidos que la influencia de la granulometría que componen los taludes de la Gravera Shudal, es altamente considerable en su estabilidad.

Con la obtención de material fino en el análisis granulométrico, se determinó que la influencia de estos es un factor determinante en la definición de la altura y ángulo adecuados de los taludes en la Gravera Shudal.

Con la obtención de material grueso en el análisis granulométrico, se determinó que la influencia de estos es un factor determinante en la definición de la altura y ángulo adecuados de los taludes en la Gravera Shudal.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda al dueño de la Gravera Shudal, por medio de las autoridades competentes, realizar estudios más completos de estabilidad de los taludes en las diferentes épocas del año, como son estudios de estratigrafía, estudios axiales y coaxiales, factor de seguridad, entre otros; para mantener una explotación adecuada.

Con los resultados obtenidos es conveniente realizar medidas de control; por lo que se propone que, en las secciones poco estables, se realice como medida de control, cortes de la cabeza del talud para mejorar su estabilidad, pues de esta manera se reducen las fuerzas actuantes y se mejora el ángulo del talud. En las secciones inestables debido a que el ángulo tiene una diferencia considerable con la propuesta, se propone que se realice como medida de control, la construcción bermas de seguridad de 50 centímetros de ancho por 6 metros de altura, ya que esto ayudará al manejo de aguas de escorrentía y al control de la erosión en tiempos de estiaje, además de que ayudará a aumentar el factor de seguridad contra los posibles deslizamientos que puedan ocurrir y a la vez mejorando la seguridad al momento de extracción materiales de acarreo por parte de los trabajadores.

## REFERENCIAS

- Aguedo Morales, A. A., 2008. *Problemática medioambiental de las canteras de materiales de construcción en Lima*, Lima: s.n.
- Bock, H., 1983. *Introducción a la mecánica de los macizos rocosos*. Moscú: B. ORISOV..
- Budhu, M., 2007. *Seismic bearing capacity of soils*. s.l.:s.n.
- Fraustro Martínez, O., 1998. *Derrumbes, deslizamientos y expansión lateral del suelo provocados por la sismicidad en el graben de Cuauhtepic: región sur de la Sierra de Guadalupe, en la Ciudad de Mexico*, México: s.n.
- Gerrero Acosta, G., 2016. *Inspecciones de estabilidad de Taludes*, Valle del Cauca: Construcción Córdor.
- Hernández Sampieri, R., 2007. *Fundamentos de la Metodología de la Investigación*. México: S.A. MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA DE ESPAÑA.
- Herrera herbert, J., 2007. *Diseño de Explotaciones de Cantera*, Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Merchán Pesántez, J. B. & Sánchez Molina, D. R., 2013. *Evaluación de la estabilidad de los taludes en un sector de la cantera de materiales pétreos Las Victorias*, Cuenca: s.n.
- Montoya Orozco, A., 2009. *Confiabilidad de la estabilidad de taludes*, México: s.n.
- Pineda, L., 2011. *Alternativas de Estabilización de Taludes*, san Salvador: s.n.
- Poblete, M., 2006. *Mecánica de Suelos II Taludes: Análisis de Estabilidad*, San Andrés: s.n.
- Ramírez Rojas, M. I., 2008. *Sostenibilidad de la explotación de materiales de construcción den el valle de Alburra*, Medellín: s.n.
- Suárez Díaz, J., 1992. *Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales*, Bucaramanga - Colombia: Ingeniería de Suelos Ltda..
- Valle Flores, P. F., Acosta Vera, A. & Salvatierra Ron, C. L., 2011. *Agregados utilizados en obras civiles extraídos de la cantara San Luis*, Guayaquil: s.n.

## ANEXOS

### Anexo N° 1: Resolución Gerencia N° 24 – ATC-SGSLO-GI-MPC (Hoja 1)



Municipalidad Provincial de Cajamarca  
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA  
SUBGERENCIA DE SUPERVISION Y LIQUIDACION DE OBRAS  
OFICINA DE ADMINISTRACION TECNICA DE CANTERAS

RESOLUCIÓN GERENCIAL N° 024 - ATC-SGSLO-GI-MPC

Cajamarca, 16 de abril del 2015

**VISTO:**

El Expediente Administrativo del Sr. EDWIN JULCA NOVOA, y según informe técnico No. 01-22-2015 por un volumen total de Cien metros cúbicos (100 m<sup>3</sup>), en el sector denominado "Shudal", del Distrito, Provincia y Región de Cajamarca.

**CONSIDERANDO:**

Que, según lo prescrito en el Art. 1 de la Ley N° 28221 " Las Municipalidades Distritales y las Municipalidades Provinciales, en su jurisdicción son competentes para autorizar la extracción de materiales de acarreo que depositan las aguas en los álveos o cauce de los ríos y para el cobro de los derechos que correspondan con lo establecido en el dispositivo legal Municipal.

Que, según lo prescrito en el Art. 69 Inc.9 de la Ley Orgánica de Municipalidades N° 27972 son rentas municipales Los derechos por extracción de materiales de construcción, ubicados en los álveos y cauces de ríos y canteras localizadas en su jurisdicción, conforme a la ley.

Que, de acuerdo a la inspección ocular realizada en la zona de extracción, para verificar in situ las coordenadas UTM, longitud de permiso y la cantidad de materiales existentes en la quebrada Cruz Blanca y mediante informe técnico N° 01-22-2015-ATC-SGSLO-GI-MPC, emite opinión de procedencia respecto del otorgamiento del permiso de extracción, a favor del Sr. EDWIN JULCA NOVOA.

Que, según lo prescrito en el Art. 191 de la Constitución Política del Perú. " Las municipalidades provinciales y distritales, y las delegadas conforme a ley, son los órganos de gobierno local. Tienen autonomía política, económica y administrativa en los asuntos de su competencia..." y de conformidad con lo establecido en el TEXTO UNICO DE PROCEDIMIENTOS ADMINISTRATIVOS, aprobado por Ordenanza Municipal N° 027-04-CMPC, en concordancia con lo establecido en el ultimo párrafo del art. 39 de la ley Orgánica de Municipalidades, Ley N° 27972, que prescribe " Las Gerencias resuelven los aspectos de su cargo a través de resoluciones y directivas.

**SE RESUELVE:**

Artículo Primero.- OTORGAR a favor del Sr. EDWIN JULCA NOVOA el permiso de extracción de materiales de acarreo del cauce de la quebrada Cruz Blanca, por un volumen total de Cien (100 m<sup>3</sup>), por un plazo máximo de tres (03) meses, contados a partir de la fecha de notificación del pago, según el detalle siguiente:

**Anexo N° 2: Resolución Gerencia N° 24 – ATC-SGSLO-GI-MPC (Hoja 2)**

a) **Materiales a extraer** **Volumen**  
Hormigón y Piedra 100 m<sup>3</sup>

b) **Zona de extracción**  
Se encuentra en el cauce del río Mashcón, en el sector denominado SHUDAL; Jurisdicción del Distrito, Provincia, Departamento y Región Cajamarca, la zona de extracción (ze) esta comprendida entre las siguientes coordenadas UTM:

9 204 749 N	775 546 E
9 204 735 N	775 552 E
9 204 763 N	775 643 E
9 204 752 N	775 657 E

**Artículo Segundo.-** **PRECISAR** Que la vigencia del permiso otorgado mediante el presente dispositivo, está sujeto al pago previo de los derechos correspondientes a favor de la Municipalidad Provincial de Cajamarca, por la suma de **Doscientos noventa y ocho con 80/100 Nuevos Soles (S/. 298.80)**.

**Artículo Tercero.- SEÑALAR** que el permiso de extracción de materiales de acarreo (construcción) caducara o finalizara por las causales siguientes:

- a) Vencimiento del plazo del permiso.
- b) Extracción total del volumen autorizado.
- c) Al transcurrir quince días desde la notificación del presente permiso, sin efectuarse el pago de los derechos correspondientes.
- d) Hacer caso omiso a las notificaciones de regularización del presente permiso (03 notificaciones)



**Artículo Cuarto.-** El titular del permiso queda obligado reparar los daños que su actividad ocasione al cauce, riberas, defensas ribereñas, fajas marginales o zonas aledañas, sin perjuicio del pago de la indemnización correspondiente y de la caducidad del permiso otorgado.

**Artículo Quinto.- ORDENAR** la Notificación de la presente Resolución al interesado Sr. EDWIN JULCA NOVOA, domiciliado en Las Torrecitas G-3 de esta ciudad, así como póngase en conocimiento a la Gerencia de Infraestructura, a la Sub Gerencia de Supervisión y Liquidación de Obras y a la Oficina de Administración Técnica de Canteras de la Municipalidad Provincial de Cajamarca que guarda relación.

**REGISTRESE, COMUNIQUESE Y ARCHIVASE,**

Cc.  
GI  
Administración Técnica de Canteras-MPC  
Interesado  
Archivo

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CAJAMARCA  
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA  
*Ing. Angel Robén Saldana Quiroz*  
GERENTE

**Anexo N° 3: Memoria Descriptiva de la Gravera**

**MEMORIA DESCRIPTIVA**

RECURRENTE : EDWIN FRANCISCO JULCA NOVOA  
UBICACIÓN : QUEBRADA CRUZ BLANCA

LUGAR : SHUDAL  
DISTRITO : CAJAMARCA  
PROVINCIA : CAJAMARCA  
DEPARTAMENTO : CAJAMARCA

1. OBJETIVO: El objetivo de la presente memoria es servir como documento técnico, para renovar el permiso para extraer material del cauce en la zona cuyas coordenadas UTM se indican en el ítem 3 de la presente memoria.
2. TIPO DE MATERIAL A EXTRAERSE: Hormigón y Piedra, por un volumen de 100 metros cúbicos.
3. CAUCE Y ZONA DE EXTRACCIÓN: Corresponden a las siguientes coordenadas

VÉRTICE	COORDENADAS UTM ZONA DE EXTRACCIÓN	
	NORTE	ESTE
A	9204753.09	775654.07
B	9204767.59	775649.51
C	9204747.18	775556.51
D	9204733.86	775544.70
DATUM WGS 84		

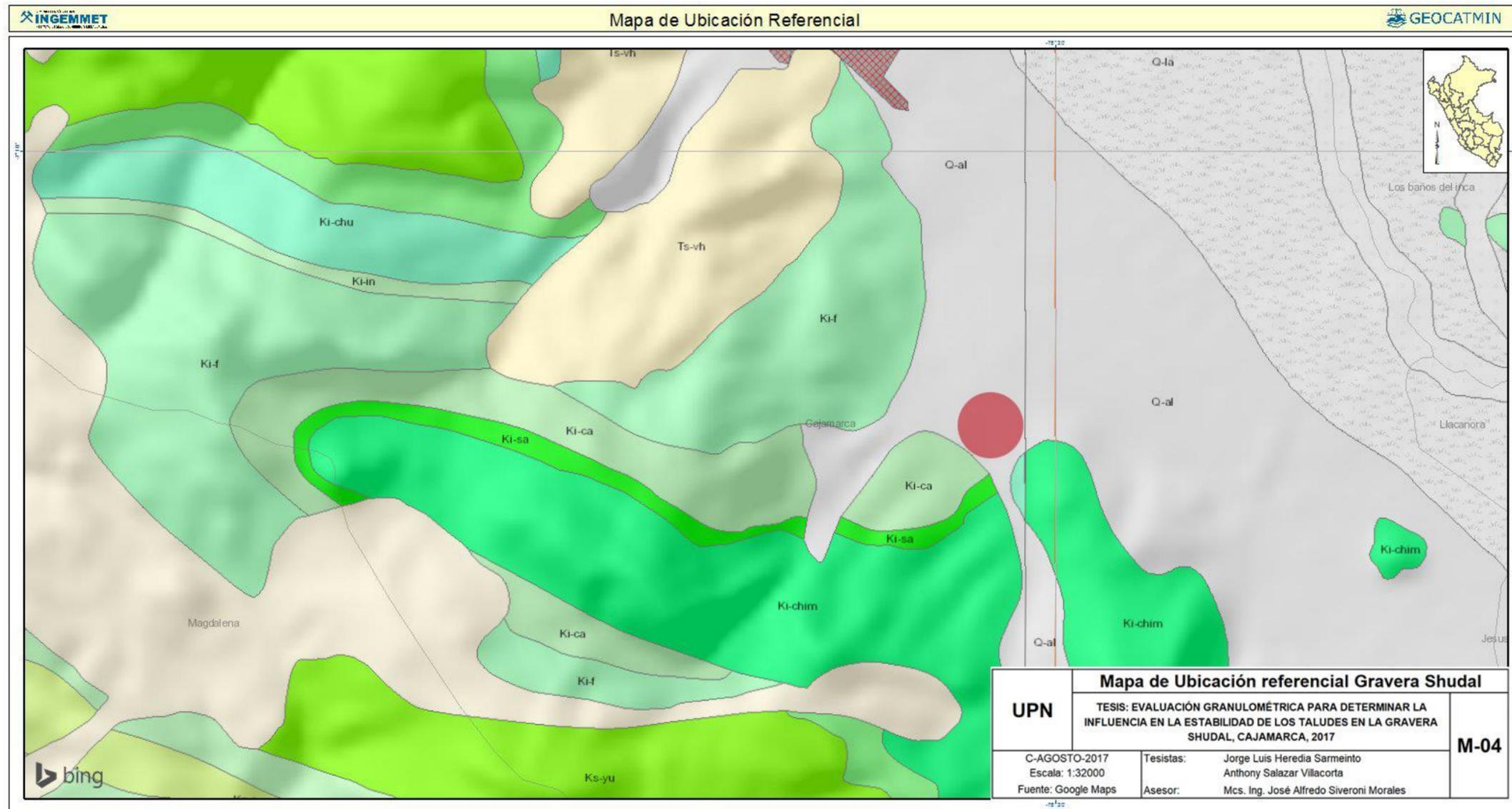
VÉRTICE	Coordenadas UTM-Acceso y salida a Zona Extracción E	
	NORTE	ESTE
E	9204743.91	775601.87
F	9204744.43	775604.82
DATUM WGS 84		

4. UBICACIÓN DE LAS INSTALACIONES DE CLASIFICACIÓN Y ACOPIO: Por tratarse de un volumen pequeño a extraerse, esta labor se realiza secuencialmente a la extracción, en el mismo lecho del cauce de la quebrada.
5. SISTEMA DE EXTRACCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA MAQUINARIA A SER UTILIZADA: La extracción es manual, con obreros que usarán pico y pala a razón de que el volumen a extraerse es pequeño y buscando no contaminar el cauce de la quebrada (por derrame y/o emisión de aceite de motor, hidrolina y similares que elimina la maquinaria si fuera el caso de ser utilizada).
6. PLAZO DE EXTRACCIÓN SOLICITADO: 3 (tres) meses.

Cajamarca, 5 de febrero del 2015.

Juan E. Julca Novoa  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP 51136

Anexo N° 4: Mapa de ubicación referencial de la zona en estudio.



<b>Mapa de Ubicación referencial Gravera Shudal</b>		<b>M-04</b>
TESIS: EVALUACIÓN GRANULOMÉTRICA PARA DETERMINAR LA INFLUENCIA EN LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES EN LA GRAVERA SHUDAL, CAJAMARCA, 2017		
UPN	C-AGOSTO-2017 Escala: 1:32000 Fuente: Google Maps	Tesistas: Jorge Luis Heredia Sarmento Anthony Salazar Villacorta Asesor: Mcs. Ing. José Alfredo Siveroni Morales

- |   |   |  |  |   |
|---|---|--|--|---|
| <b>Departamentos</b><br>□ Limite Departamental<br>□ Lagunas<br>□ Provincias<br>□ Distritos<br><b>Franjas</b><br>□ 2000-2003<br>□ 2000 | □ 1999<br>□ Contacto 50K Franjas<br>□ Contacto<br>□ Contacto<br>■ High : 254<br>■ Low : 0 | <b>Volcán activo</b><br>■ Activo<br><b>Zona de Peligro Ubinas</b><br>■ Zona de Moderado Peligro<br>■ Zona de Bajo Peligro<br>■ Zona de Alto Peligro<br>- Isopaca<br><b>Zona de Peligro</b><br>■ Bajo Peligro | ■ Moderado Peligro<br>■ Alto Peligro<br><b>Isopacas</b><br>- Lapilli-pomez "Autopista" 1400 años<br>- Lapilli-pomez "Bandeado" 2300 - 2050 años<br>- Ceniza "Pachacutec" siglo XV<br>- Zona de Peligro | <b>Capital Departamental</b> ■ Bajo<br>● Departamental<br><b>Capital Provincial</b><br>● Distrital<br>● Provincial<br>● Centro Poblado<br>■ Alto<br>■ |
|---|---|--|--|---|

**ZONA DE ESTUDIO**

Fuente: Geocatmin. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), 2007.

Área N°5: Cuadro estratigráfico de la Región Cajamarca

M.A.	EON	ERA	SISTEMA	EPOCA	UNIDAD ESTRATIGRAFICA	SIMBOLOGIA			
0.0118	FANEROZOICO	CENOZOICO	CUATERNARIO	Holoceno	Depósitos: eólicos, fluviales, coluviales, aluviales	Q-e / Q-fl / Q-co / Q-al			
1.8060				Pleistoceno	Depósitos: fluvioglaciares, glaciares, lagunares	Q-fg / Q-gl / Q-lg			
5.3320			NEOGENO	Plioceno	Formación Tamborapa	Qp-ta			
23.030					Formación Condebamba	Np-co			
33.9+/- 0.1 55.8+/-0.2 66.5+/-0.3				Mioceno	Formación Cajabamba	Nm-cj			
					Formación Namballe	Nm-n			
					Formación Bellavista	Nm-be			
					Volcánico Huambos	Nm-vh			
PALEOGENO			Oligoceno	Volcánico Porculla	DISCORD. ANG.	Formación El Milagro	Nm-vp	Po-m	
				Grupo Calipuy	Volcánico San Pablo	Volcánico Llama	Po-vsp	P. ca	Pe-vll
Eoceno			Volcánico Chilete	Formación Cajaruro	Pe-vch	Pe-ca			
			Paleoceno		Volcánico Tembladera		Pp-vt		
99.6+/-0.9			MESOZOICO	CRETACEO	Superior	Formación Chota	DISCORD. ANG.	Ks-ch	
						Formación Celendín	Ks-ce		
						Formación Cajamarca	Ks-ca		
						Formación Quilquiñan - Mujarrun	Ks-qm		
						Grupo Puyllucana	Formación Yumagual	Ks-yu	Ks-pu
						Formación Pariatambo	Ki-pa	Ki-chu/pa	Ki-in/chu/pa
					Inferior	Formación Chulec	Ki-chu	Ki-in	
						Formación Inca	Ki-in	Ki-f	
						Formación Farrat	Ki-f	Ki-ca	Ki-sa/ca
	Grupo Goyllarisquizga	Formación Carhuaz				Ki-ca	Ki-sa		
	Formación Santa	Ki-sa				Ki-chim			
	Formación Chimú	Ki-chim				Ki-t			
	Formación Tinajones	Ki-t				DISCORD. ANG.			
JURASICO	Superior	Formación Chicama	DISCORD. ANG.	Js-chic	Ji-o				
		Grupo Pucará	Formación Condorsinga	Formación Oyotun	Ji-c	Tr-J-pu			
	Inferior	Formación Aramachay	Ji-a						
TRIASICO	Superior	Formación Chambará	Ts-ch						
PALEOZOICO	PERMICO	Lopingiano	DISCORD. ANG.	P-m					
		Cisuraliano	Grupo Mitu	DISCORD. ANG.					
	CARBONIFERO	Mississipiano	Grupo Ambo	DISCORD. ANG.	Ci-a				
		ORDOVICICO	Superior	Grupo Salas	DISCORD. ANG.	O-s			
Inferior	DISCORD. ANG.		DISCORD. ANG.						
3600	PRECAMBRIANO	Complejo Olmos		DISCORD. ANG.	PE-oo				
		Complejo Maraón		DISCORD. ANG.	PE-em	PE-cm			
		Esquistos Micáceos	Esquistos Gneis	PE-e.gn					

Fuente: Cartas geológicas a escala 1:100000 - NGEMET. Cuadro estratigráfico de Interacción - NGEMET 2007. Columna estratigráfica del Perú - NGEMET 2003

**Anexo N° 6: Análisis Granulométrico de las Muestras de los Taludes de la Gravera Shudal  
(Hoja 1)**

	Universidad Nacional de Cajamarca FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	
<b>ANALISIS GRANULOMETRICO (A.A.S.H.T.O. T 88)</b>		
<b>PROYECTO:</b>		
“TESIS PARA OPTAR POR EL GRADO DE INGENIERO DE MINAS DE LA UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE”		
<b>SOLICITANTE:</b>		
JORGE LUIS HEREDIA SARMIENTO Y ANTHONY SALAZAR VILLACORTA		
CAJAMARCA, AGOSTO DEL 2017		

**Anexo N° 7: Análisis Granulométrico de las Muestras de los Taludes de la Gravera Shudal  
(Hoja 2)**



Universidad Nacional de Cajamarca  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



**ANALISIS GRANULOMETRICO**  
**A.A.S.H.T.O. T 88**

PROYECTO : TESIS PARA OPTAR POR EL GRADO DE INGENIERO DE MINAS DE LA UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE  
MUESTRA: M-1  
UBICACIÓN: DISTRITO : CAJAMARCA, PROVINCIA: CAJAMARCA, REGION: CAJAMARCA  
CANTERA ; RÍO SHUDAL  
TESIS : "EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES PARA PROPONER MEDIDAS DE CONTROL EN UN SECTOR DE LA CANTERA DE RÍO SHUDAL, CAJAMARCA, 2017"  
SOLICITANTE : JORGE LUIS HEREDIA SARMIENTO Y ANTHONY SALAZAR VILLACORTA

ANALISIS FRACCION GUESA					MUESTRA TOTAL				
N°	TAMIZ ABERTURA (mm)	P.RET PARCIAL	PORCENTAJE RET. PARCIAL	PORCENTAJE RET. ACUM	% QUE PASA	TEMPERATURA DE SECADO	AMBIENTE	60° C	110° C
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA (gr)		12394.50	
2 1/2"	63.50	577.00	4.81	4.81	95.19	PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA < N° 4 (gr)		3121.30	
2"	50.80	1388.00	11.57	16.38	83.63	PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA > N° 4 (gr)		9273.20	
1 1/2"	38.10	1225.00	10.21	26.58	73.42	PESO TOTAL MUESTRA SECA < N° 4 (gr)		2922.00	
1"	25.40	1047.00	8.73	35.31	64.69	PESO TOTAL MUESTRA SECA > N° 4 (gr)		9078.00	
3/4"	19.05	938.00	7.83	43.13	56.87	PESO TOTAL MUESTRA SECA (gr)		12000.00	
1/2"	12.70	1226.00	10.22	53.35	46.65				
3/8"	9.52	764.00	6.37	59.72	40.28				
1/4"	6.35	1035.00	8.63	68.34	31.66				
N°4	4.75	877.00	7.31	75.65	24.35				
TOTAL	WG =	9078.00							

ANALISIS FRACCION FINA					CONTENIDO DE HUMEDAD A.S.T.M. D 2216		LIMITES DE CONSISTENCIA A.S.T.M. D 4318		
CORRECCION MUESTRA CUARTEADA :					0.048700				
PESO ENSAYO PORCION SECA :					500.00				
N 10	2.00	122.20	5.95	81.60	18.40	TARA N°	1	LIMITE LIQUIDO :	18.00%
N 20	0.85	78.30	3.81	85.41	14.59	PESO HUMEDO + TARA (gr)	2196.00	LIMITE PLASTICO :	NP
N 30	0.60	19.40	0.94	86.36	13.64	PESO SECO + TARA (gr)	2118.00	INDICE PLASTICO :	--
N 40	0.43	20.10	0.98	87.34	12.66	PESO TARA (gr)	92.00		
N 60	0.25	22.20	1.08	88.42	11.58	PESO DEL AGUA (gr)	78.00		
N 100	0.15	15.60	0.76	89.18	10.82	PESO SECO (gr)	2026.00		
N 200	0.08	13.50	0.66	89.84	10.16	C. HUMEDAD (%)	3.85	CLASIFICACION A.A.S.H.T.O. :	A-2-4
CAZOLETA	--	--	--	--	--				
TOTAL									

**CURVA DE DISTRIBUCION GRANULOMETRICA**



D80 =	22.00	D30 =	6.00	D10 =	
Cu =		Cc =			

OBSERVACIONES: Las muestras fueron alcanzadas por el solicitante.



JEFATURA  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
CAJAMARCA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Departamento Académico de Ciencias de la Ingeniería

M.Cs. Ing. MAURO RAMÓN VARGAS  
DIRECTOR

**Anexo N° 8: Análisis Granulométrico de las Muestras de los Taludes de la Gravera Shudal (Hoja 3)**



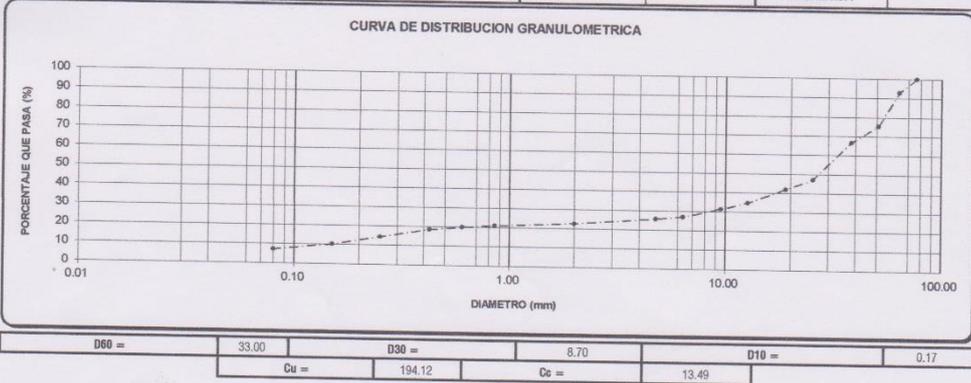
Universidad Nacional de Cajamarca  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



**ANALISIS GRANULOMETRICO  
A.A.S.H.T.O. T 88**

**PROYECTO :** TESIS PARA OPTAR POR EL GRADO DE INGENIERO DE MINAS DE LA UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE  
**MUESTRA:** M-2  
**UBICACIÓN:** DISTRITO : CAJAMARCA, PROVINCIA: CAJAMARCA, REGION: CAJAMARCA  
**CANTERA :** RÍO SHUDAL  
**TESIS :** "EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES PARA PROPONER MEDIDAS DE CONTROL EN UN SECTOR DE LA CANTERA DE RÍO SHUDAL, CAJAMARCA, 2017"  
**SOLICITANTE :** JORGE LUIS HEREDIA SARMIENTO Y ANTHONY SALAZAR VILLACORTA

ANALISIS FRACCION GRUESA						MUESTRA TOTAL			
TAMIZ	P.RET	PORCENTAJE	PORCENTAJE	% QUE	TEMPERATURA	AMBIENTE	60° C	110° C	
N°	ABERTURA (mm)	PARCIAL	RET. PARCIAL	RET. ACUM	DE SECADO				
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00				
2 1/2"	63.50	841.00	7.01	7.01	92.99	PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA (gr)	12402.60		
2"	50.80	2122.00	17.68	24.69	75.31	PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA < N° 4 (gr)	3307.20		
1 1/2"	38.10	1024.00	8.53	33.23	66.78	PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA > N° 4 (gr)	9095.40		
1"	25.40	2355.00	19.63	52.85	47.15	PESO TOTAL MUESTRA SECA < N° 4 (gr)	3096.00		
3/4"	19.05	602.00	5.02	57.87	42.13	PESO TOTAL MUESTRA SECA > N° 4 (gr)	8904.00		
1/2"	12.70	872.00	7.27	65.13	34.87				
3/8"	9.52	411.00	3.43	68.56	31.44				
1/4"	6.35	522.00	4.35	72.91	27.09				
N°4	4.75	155.00	1.29	74.20	25.80				
TOTAL	WG =	8904.00				PESO TOTAL MUESTRA SECA (gr)	12000.00		
ANALISIS FRACCION FINA						CONTENIDO DE HUMEDAD		LIMITES DE CONSISTENCIA	
CORRECCION MUESTRA CUARTEADA:						A.S.T.M. D 2216		A.S.T.M. D 4318	
PESO ENSAYO PORCION SECA:									
N 10	2.00	59.50	3.07	77.27	22.73	TARA N°	1	LIMITE LIQUIDO :	19.00%
N 20	0.85	33.80	1.74	79.01	20.99	PESO HUMEDO + TARA (gr)	2411.00	LIMITE PLASTICO :	NP
N 30	0.60	18.40	0.95	79.96	20.04	PESO SECO + TARA (gr)	2344.00	INDICE PLASTICO :	--
N 40	0.43	28.40	1.47	81.43	18.57	PESO TARA (gr)	103.00		
N 60	0.25	80.10	4.13	85.56	14.44	PESO DEL AGUA (gr)	67.00		
N 100	0.15	79.20	4.09	89.65	10.35	PESO SECO (gr)	2241.00		
N 200	0.08	59.30	3.06	92.71	7.29				
CAZOLETA	--	--	--	--	--				
TOTAL						C. HUMEDAD (%)	2.99	CLASIFICACION	A-2-4



OBSERVACIONES: Las muestras fueron alcanzadas por el solicitante.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Departamento Académico de Ciencias de la Ingeniería  
M.Cs. Ing. MAURO CENAFRION VARGAS  
DIRECTOR

**Anexo N° 9: Análisis Granulométrico de las Muestras de los Taludes de la Gravera Shudal  
(Hoja 4)**



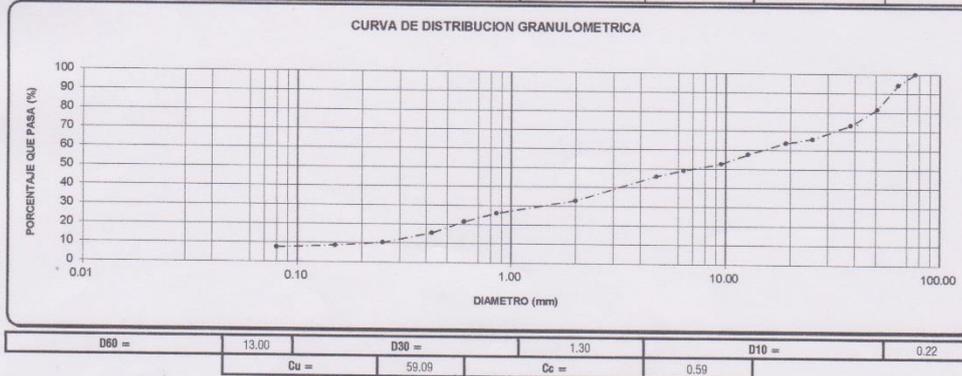
Universidad Nacional de Cajamarca  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



**ANALISIS GRANULOMETRICO  
A.A.S.H.T.O. T 88**

PROYECTO : TESIS PARA OPTAR POR EL GRADO DE INGENIERO DE MINAS DE LA UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE  
MUESTRA : M-3  
UBICACIÓN : DISTRITO : CAJAMARCA, PROVINCIA: CAJAMARCA, REGION: CAJAMARCA  
CANTERA : RÍO SHUDAL  
TESIS : "EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES PARA PROPONER MEDIDAS DE CONTROL EN UN SECTOR DE LA CANTERA DE RÍO SHUDAL, CAJAMARCA, 2017"  
SOLICITANTE : JORGE LUIS HEREDIA SARMIENTO Y ANTHONY SALAZAR VILLACORTA

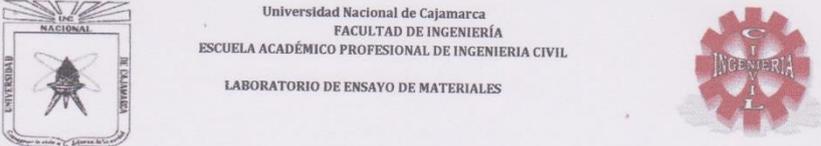
ANALISIS FRACCION GRUESA						MUESTRA TOTAL			
TAMIZ		P.RET	PORCENTAJE	PORCENTAJE	% QUE	TEMPERATURA	AMBIENTE	60° C	110° C
N°	ABERTURA (mm)	PARCIAL	RET. PARCIAL	RET. ACUM	PASA	DE SECADO			
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00				
2 1/2"	63.50	690.00	5.75	5.75	94.25	PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA (gr)		12516.00	
2"	50.80	1522.00	12.68	18.43	81.57	PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA < N° 4 (gr)		5898.70	
1 1/2"	38.10	1003.00	8.36	26.79	73.21	PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA > N° 4 (gr)		6617.30	
1"	25.40	877.00	7.31	34.10	65.90	PESO TOTAL MUESTRA SECA < N° 4 (gr)		5522.00	
3/4"	19.05	264.00	2.20	36.30	63.70	PESO TOTAL MUESTRA SECA > N° 4 (gr)		6478.00	
1/2"	12.70	721.00	6.01	42.31	57.69	PESO TOTAL MUESTRA SECA (gr)		12000.00	
3/8"	9.52	602.00	5.02	47.33	52.68				
1/4"	6.35	421.00	3.51	50.83	49.17				
N°4	4.75	378.00	3.15	53.98	46.02				
TOTAL	WG =	6478.00							
ANALISIS FRACCION FINA						CONTENIDO DE HUMEDAD		LIMITE DE CONSISTENCIA	
CORRECCION MUESTRA CUARTEADA :						A.S.T.M. D 2216		A.S.T.M. D 4318	
PESO ENSAYO PORCION SECA :						TARA N°		1	
N 10	2.00	141.20	13.00	66.98	33.02	PESO HUMEDO + TARA (gr)		1766.00	
N 20	0.85	75.40	6.94	73.92	26.08	PESO SECO + TARA (gr)		1715.00	
N 30	0.60	48.50	4.46	78.38	21.62	PESO TARA (gr)		88.00	
N 40	0.43	66.30	6.10	84.48	15.52	PESO DEL AGUA (gr)		51.00	
N 60	0.25	55.20	5.08	89.56	10.44	PESO SECO (gr)		1627.00	
N 100	0.15	19.30	1.78	91.34	8.66	C. HUMEDAD (%)		3.13	
N 200	0.08	11.00	1.01	92.35	7.65	CLASIFICACION		A-2-4	
CAZOLETA	--	--	--	--	--				
TOTAL									



OBSERVACIONES: Las muestras fueron alcanzadas por el solicitante.



**Anexo N° 10: Análisis Granulométrico de las Muestras de los Taludes de la Gravera Shudal (Hoja 5)**



Universidad Nacional de Cajamarca  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

**ANALISIS GRANULOMETRICO**  
**A.A.S.H.T.O. T 88**

PROYECTO : TESIS PARA OPTAR POR EL GRADO DE INGENIERO DE MINAS DE LA UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE  
MUESTRA: M-4  
UBICACIÓN: DISTRITO : CAJAMARCA, PROVINCIA: CAJAMARCA, REGION: CAJAMARCA  
CANTERA : RÍO SHUDAL  
TESIS : "EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES PARA PROPONER MEDIDAS DE CONTROL EN UN SECTOR DE LA CANTERA DE RÍO SHUDAL, CAJAMARCA, 2017"  
SOLICITANTE : JORGE LUIS HEREDIA SARMIENTO Y ANTHONY SALAZAR VILLACORTA

ANALISIS FRACCION GRUESA						MUESTRA TOTAL				
TAMIZ	ABERTURA (mm)	P.RET PARCIAL	PORCENTAJE RET. PARCIAL	PORCENTAJE RET. ACUM	% QUE PASA	TEMPERATURA DE SECADO	AMBIENTE	60° C	110° C	
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA (gr)		12425.30		
2 1/2"	63.50	911.00	7.59	7.59	92.41	PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA < N° 4 (gr)		3823.20		
2"	50.80	1755.00	14.63	22.22	77.78	PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA > N° 4 (gr)		8602.10		
1 1/2"	38.10	985.00	8.21	30.43	69.58	PESO TOTAL MUESTRA SECA < N° 4 (gr)		3579.00		
1"	25.40	2544.00	21.20	51.63	48.38	PESO TOTAL MUESTRA SECA > N° 4 (gr)		8421.00		
3/4"	19.05	502.00	4.18	55.81	44.19	PESO TOTAL MUESTRA SECA (gr)		12000.00		
1/2"	12.70	621.00	5.18	60.98	39.02					
3/8"	9.52	381.00	3.18	64.16	35.84					
1/4"	6.35	477.00	3.98	68.13	31.87					
N°4	4.75	245.00	2.04	70.18	29.83					
TOTAL	W G =	8421.00								

ANALISIS FRACCION FINA						CONTENIDO DE HUMEDAD		LIMITE DE CONSISTENCIA	
CORRECCION MUESTRA CUARTEADA :						A.S.T.M. D 2216		A.S.T.M. D 4316	
PESO ENSAYO PORCION SECA :						TARA N°		LIMITE LIQUIDO :	
N 10	2.00	60.50	3.61	73.78	26.22	1	1715.00	17.00%	
N 20	0.85	42.20	2.52	76.30	23.70	PESO HUMEDO + TARA (gr)	1644.00	LIMITE PLASTICO : NP	
N 30	0.60	29.30	1.75	78.05	21.95	PESO SECO + TARA (gr)	127.00	INDICE PLASTICO : --	
N 40	0.43	30.40	1.81	79.86	20.14	PESO TARA (gr)	71.00	CLASIFICACION	
N 60	0.25	66.30	3.95	83.82	16.18	PESO DEL AGUA (gr)	1517.00	A.A.S.H.T.O. :	
N 100	0.15	65.40	3.90	87.72	12.28	PESO SECO (gr)	4.68	A -2-4	
N 200	0.08	49.70	2.96	90.68	9.32	C. HUMEDAD (%)			
CAZOLETA	--	--	--	--	--				
TOTAL									

**CURVA DE DISTRIBUCION GRANULOMETRICA**



D60 =	32.00	D30 =	4.75	D10 =	0.10
Cu =	320.00	Cc =	7.05		

OBSERVACIONES: Las muestras fueron alcanzadas por el solicitante.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Departamento Académico de Ciencias de la Ingeniería  
M.Cs. Ing. MAURO CENTURION VARGAS  
DIRECTOR

**Anexo N° 11: Plano de Perfiles Longitudinales de los Taludes que conforman la Gravera Shudal**

**Anexo N° 12: Plano de Secciones Transversales de los Taludes que conforman la Gravera Shudal**

**Anexo N° 13: Panel Fotográfico de Extracción de Muestras**



**Anexo N° 14: Panel Fotográfico de Extracción de Datos para Perfiles Longitudinales y  
Secciones Transversales**



