

**UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



---

**ESTUDIO DE LOS PROCESOS EROSIVOS AVANZADOS EN LOS KM. 63+500  
Y 72+800 DE LA RUTA NACIONAL PE-18A, SECTOR HUÁNUCO- TINGO  
MARÍA, PROVINCIA DE HUÁNUCO 2015.**

---

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**TESISTAS:**

ALVINO BRIOSO, Max Falcao

OBREGON BRAVO, Jhosmell Alcezander

**ASESOR:**

M.c.s. FERNÁNDEZ SIXTO, Erasmo

**HUÁNUCO - PERÚ**

**2015**

## **DEDICATORIA**

A Dios y a nuestros Padres.

A Dios, por darnos las virtudes y las fortalezas necesarias para salir adelante a pesar de las dificultades, por guiarnos en el camino, iluminando cada sendero de nuestras vidas y por brindarnos las bondades materiales y espirituales.

A nuestros Padres, quienes nos han depositado su infinita confianza, el apoyo necesario y su íntegro amor.

**Los autores**

---

## **AGRADECIMIENTO**

- A Dios por darnos la vida, por la sabiduría y entendimiento para poder realizar esta investigación y cumplir con nuestras metas.
- A nuestras familias, por ser nuestra motivación y apoyo en los momentos de triunfos y dificultades que se presentan día a día.
- A la Universidad Nacional "Hermilio Valdizán", Facultad de ingeniería civil y arquitectura, alma mater de nuestra formación profesional.
- A nuestro asesor Fernández Sixto, Erasmo por su constante supervisión en las diferentes etapas de la elaboración del proyecto.
- Finalmente, a todos los colaboradores, que con su dedicación y trabajo se dieron el tiempo y los medios necesarios para culminar esta investigación.

**Los autores**

---

## INDICE

RESUMEN .....	07
INTRODUCCIÓN . .....	09
1.CAPÍTULO I : MARCO TEORICO .....	11
1.1. ANTECEDENTES .....	08
1.1.1. Antecedentes Nacionales .....	12
1.1.2. Antecedentes a nivel local .....	13
1.2. INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	15
1.2.1. Los procesos erosivos .....	15
1.2.2. Clasificación de procesos erosivos avanzados y estabilización de taludes....	18
1.2.3. Movimientos en masa .....	24
1.2.4. Caída Desprendimiento .....	24
1.2.5. Reptación: .....	25
1.2.6. Deslizamiento Rotacional .....	26
1.2.7. Deslizamiento Traslacional .....	26
1.2.8. Flujo .....	27
1.2.9. Movimientos complejos .....	28
1.2.10. Factores que intervienen en la evolución de las cárcavas .....	28
1.2.11. Procesos de desarrollo de una cárcava .....	31
1.2.12. Factores que condicionan el acaravamiento .....	34
1.2.13. Consecuencias de los procesos de acaravamiento .....	39
1.2.14. Métodos de cálculo de magnitudes de erosión .....	41
1.2.15. Metodo de Cálculo para la Estabilidad De Taludes .....	49
1.2.15.1. Metodo de las Rebanadas .....	49

---

1.2.15.2. Superficies circulares de rotura. Método de Bishop .....	53
1.2.16. Métodos de estudio y soluciones para los problemas erosivos y estabilidad de taludes .....	54
1.2.17. Impactos ambientales de los procesos erosivos.....	61
<b>1.3. PLANTEAMIENTO E HIPÓTESIS .....</b>	<b>61</b>
1.3.1. Planteamiento del Problema .....	61
1.3.2. Hipótesis: General y Específicas .....	61
<b>1.4.VARIABLES .....</b>	<b>62</b>
1.4.1. Sistema de Variables-Dimensiones e Indicadores .....	62
<b>1.5. INDICADORES .....</b>	<b>62</b>
1.5.1. Definición Operacional de Variables, Dimensiones e Indicadores .....	62
<b>1.6. OBJETIVOS .....</b>	<b>63</b>
1.6.1.Objetivos: General y Específicos .....	63
<b>1.7.POBLACIÓN Y MUESTRA .....</b>	<b>63</b>
1.7.1. Determinación del Universo/Población .....	64
1.7.2. Selección de la Muestra .....	64
<b>2. CAPÍTULO II: MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>65</b>
2.1. Esquema de la metodología de investigación .....	66
2.1.1. Estudio e Inventariado Preliminar de Campo .....	67
2.1.2. Topografía .....	68
2.1.3. Geomorfología .....	68
2.1.4. Hidrología e Hidráulica .....	69
2.1.5. Geotécnica .....	69
2.1.6. Sedimentología .....	70

---

2.1.7. Bioingeniería Ingeniería Geotecnica .....	72
2.1.8. Análisis De Estabilidad De Taludes .....	73
2.1.8.1. Análisis mediante CYPE .....	73
2.1.8.2. Introducción. Algunos aspectos de CYPE .....	73
<b>3. CAPÍTULO III .....</b>	<b>77</b>
3.1. EVALUACIÓN PRELIMINAR DE CAMPO PARA CARACTERIZACIÓN DEL MOVIMIENTO .....	78
3.2. TOPOGRAFÍA .....	94
3.3. GEOMORFOLOGÍA .....	95
3.4. HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA .....	101
3.5. GEOTECNÍA .....	114
3.6. DISEÑO HIDRÁULICO DE RÁPIDAS .....	128
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>132</b>
<b>SUGERENCIAS .....</b>	<b>136</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>137</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>147</b>

---

## RESUMEN

Estudiar con fines de control los procesos erosivos avanzados en los kilómetros 63+500 y 72+800 de la ruta nacional PE-18A sector Huánuco-Tingo María. Para conseguirlo, se realizó un análisis minucioso de la situación por medio de la observación en campo con fines de planificación de estudios, se realizaron estudios específicos tales como el topográfico, el estudio geológico referencial, el de hidrología e hidráulica, los estudios de suelos y rocas, para identificar la problemática desde una perspectiva ingenieril así como las características y parámetros importantes para el análisis, finalmente determinar las necesidades y posibles planteamientos de solución, donde se determinó la aplicación del método de control "drenaje espina de pescado, con rápidas y estabilidad de taludes en banquetas con muro pantalla drenados", para un periodo de retorno de 25 años, en el km. 72+ 800 solo se determinó "muros pantalla drenados".

---

## **ABSTRACT**

Studying with control purposes advanced erosion in 63 + 500 km to 72 + 800 PE - 18A National Highway Sector Huánuco Tingo María. To get it was held a detailed analysis of the problem situation and field observation for planning of studies was performed to then conduct specific studies such as the topography , the benchmark geological study, hydrology and hydraulics, soil studies and rocks to identify the problem from an engineering perspective as well as the characteristics and important parameters for analysis, finally identifying needs and possible approaches to solution , where the application of the control method of fishbone drainage system and sidewalks slope stability with wall screen also drained , for a return period of 25 years, at km 72+ 800 only drained screen walls was determined

---



## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se desarrolla debido a la gran cantidad de fenómenos erosivos en proceso de desarrollo avanzado que se pueden encontrar en el departamento de Huánuco y en general en el Perú, los cuales sistemáticamente afectan a la infraestructura tanto pública como privada y por ende, es de vital importancia el conocimiento de dichos fenómenos por el ingeniero civil, además de saber seleccionar las mejores técnicas y prácticas para su control y/o mitigación.

Paradójicamente este tema no es abordado con la seriedad ni amplitud suficiente en las universidades, lo cual no es coherente ni consecuente con nuestra realidad y problemática regional y nacional. Por lo que se invierten muchos millones de nuevos soles adicionales de los fondos públicos en operación y mantenimiento de infraestructura, además de obras de reparación y corrección que en suma se muestran escandalosamente mayores a los que hubiesen sido invertidos en la generación de mejores planteamientos, rigurosamente evaluados y adecuadamente presupuestados; procediendo de igual forma para y durante la ejecución de las obras, sin tomar en cuenta los daños económicos a terceros y a la población en general, así como los daños a la vida y la salud de los mismos. Como ejemplos importantes tenemos el caso de las obras viales (como el que específicamente se aborda en esta tesis), infraestructura de abastecimiento de agua potable, alcantarillado, planta de tratamiento de aguas residuales, canales de riego, entre otros.

Relacionadas a este fenómeno en cuanto a las prácticas humanas (además de los malos planteamientos de los proyectos y malos manejos durante la ejecución de las obras), se encuentran los inadecuados usos de suelo, potenciadas por las malas prácticas de aprovechamiento de los suelos (cultivados y no cultivados), así como de los recursos naturales en ellos contenidos. Citando algunos ejemplos tenemos la tala y quema indiscriminada de los bosques que ocasiona que los suelos sean más susceptibles a la erosión, las prácticas equivocadas de cultivo como el de las hortensias en la zona de Carpish y hasta los cultivos variados sobre los taludes en

---

el Km. 63+500 de la Ruta Nacional PE-18A, Sector Huánuco-Tingo María, el cual asimismo está bajo el Km. 60+500.

La presente tesis "Estudio de Procesos Erosivos Avanzados en los Km. 63+500 y 72+800 de la Ruta Nacional PE-18A, Sector Huánuco-Tingo María, Provincia de Huánuco 2015", estudia los procesos erosivos desde una perspectiva ingenieril, apoyándose a su vez en estudios básicos como lo son el estudio topográfico, el estudio de suelos, el estudio hidrológico e hidrográfico, estudio de geología de la zona, entre otros; y a su vez se apoya en estudios anteriores y cálculos analíticos dada la limitación más importante que es la económica lo cual no le resta validez, aunque incide en el nivel de precisión de los mismos, sin embargo, se muestra suficiente para alcanzar sus objetivos a través de métodos reconocidos y confiables.

---

---

**1. CAPÍTULO I**

**MARCO TEÓRICO**

---



## 1.1. ANTECEDENTES

### 1.1.1. Antecedentes nacionales

La erosión hídrica (la que se genera por la acción del agua), es el tipo de erosión de mayor presencia y el causante de los mayores efectos negativos sobre las obras viales de nuestro país, así como en muchos otros tipos de infraestructura, estos se muestran más perjudiciales en cuanto menos se toma en cuenta la incidencia que pueda tener este tipo de erosión durante la realización de los diseños de los proyectos y durante su ejecución, siendo las obras viales por sus características de linealidad (que atraviesa grandes extensiones de terreno cruzando valles, montañas y ríos), una de las aplicaciones en las que se generan mayores complejidades al respecto, en los cuales puede encontrarse con zonas pantanosas y zonas de diversos riesgos geológicos, además de encontrarse con diversas características hidrográficas e hidrológicas, donde además los suelos y rocas sobre las cuales se fundan éstos, los suelos de sus taludes presentan muy diferentes características mecánicas y químicas, por lo cual la vegetación también es muy variable; Además las actividades humanas son muy variadas y variables en el tiempo, por lo que las carreteras se ven más envueltas en complicaciones a causa de la erosión hídrica (y a las que se les ha dedicado considerablemente más esfuerzos a su estudio y a la formulación planteamientos de solución o mitigación de efectos negativos, pero que dada la complejidad en la que se enmarcan requieren de gran especificidad en sus estudios), se puede encontrar que persisten una gran cantidad de problemas erosivos y de inestabilidad de taludes en nuestro país, sobre los cuales (*Chang Chang, 1990*) hace una temprana disertación al tratar los problemas de inestabilidad de taludes en el Perú, también (*Suarez Diaz, 2001*) hace una recopilación y estudio de materiales para el control de la erosión en zonas tropicales con lo cual se fue abriendo paso el conocimiento aplicable a nuestra realidad en el Perú; en cuanto a la aplicación directa se encuentra la construcción de placas ancladas para estabilización en taludes de la carretera Huánuco Tingo María que nos muestra (*Quispe Bullon, 2003*).

---

En lo referente a la Erosión hídrica (Bilberto & Manuel, 2006) nos indican la frecuencia de peligros en las regiones por las que atraviesa la carretera Huánuco – Tingo María, teniendo en cuenta la variedad de climas, complejidad geológico – geomorfológica y sismicidad moderada, está marcada por la ocurrencia de inundaciones y erosión fluvial, movimientos en masa y sismos. También nos determina la existencia de 60 zonas críticas relacionadas a peligros geológicos. Estos factores tienen gran incidencia en la conservación y estabilidad de taludes; Acerca de lo cual (ROMERO CHOJOLAN, 2011) dentro de su trabajo de investigación, propone una metodología para identificar las posibles causas de falla de taludes y propone además soluciones para su estabilización. Siendo las fases que la componen: verificación y localización, análisis geotécnico, análisis de resultados, localización de las causas y soluciones de acuerdo a resultados obtenidos.

#### **1.1.2. Antecedentes a nivel local**

Un estudio relevante nos muestra (Alva Hurtado, 2004) el cual realiza estudios para desarrollar un estudio complementario de estabilidad de taludes y adecuación del expediente técnico de la carretera Tingo María – Aguaytía, tramo 1.2:Km. 15+200 – Km. 51+551. En donde se atraviesa varias zonas geológicamente inestables entre las que se encuentran las de mayor relevancia en sectores críticos y deslizamiento potencial. Dentro de los alcances de su estudio, está contemplado evaluar sus planteamientos desde el punto de vista técnico y económico.

(CHANQUÍN GÓMEZ, 2004) Hace una recopilación de información acerca del uso de gaviones como medio de protección y estabilización de taludes. Así mismo se presentan las soluciones para contrarrestar este tipo de fallas utilizando gaviones y colchones de malla galvanizada o recubierta de PVC; Se enumeran los métodos utilizados para el diseño de las estructuras formadas por gaviones, los análisis y estudios realizados a este tipo de estructuras. También contamos con los estudios de (Suarez Diaz, Deslizamientos y estabilidad de taludes en

---

zonas tropicales, 1998) donde nos da a conocer distintas metodologías de estabilización de deslizamientos que contemplan el control del agua tanto superficial como subterránea, siendo éstos muy efectivos y generalmente más económicos que la construcción de grandes obras de contención, en cuanto tienden a desactivar la presión de poros, considerada como el principal elemento desestabilizante de los taludes.

Otra de las metodologías aplicadas las da a conocer Díaz, Escobar y Olivo (2009) afirma que los geo sintéticos son una alternativa de solución a problemas que comúnmente se presentan en la construcción de obras de arte en carreteras, como suelos de baja capacidad de soporte, niveles freáticos elevados, restricciones del tamaño de la obra, elevados costo de los materiales, etc. Asimismo presentan ventajas sobre los métodos tradicionales de construcción por su facilidad de colocación, durabilidad, rentabilidad a largo plazo, lo cual es también respaldado por diversos estudios realizados en varias tesis de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) (NEYRA RAMÍREZ, 2007) (Ari Condori, 2007) (Cueva Arana, 2007) (Azurza Ramirez, 2007) (Cabrera Castillo, 2007), en las que destacan las características del uso de geo sintéticos conjuntamente con el uso de la bioingeniería para el control de la erosión en taludes con pendientes elevadas, siendo el que más se adentra en el uso de la bioingeniería de suelos (De la Cruz Fallaque, 2006), haciendo una recopilación de datos acerca de pastos y arboles más usados en el Perú para el control de la erosión y estabilización de taludes, también al respecto (Martinez Gálvez, 2006) hace un estudio relevante de estabilización de taludes con reforestación donde hace incidencia en las aplicaciones de uso nacional. En cuanto a la relación de la estabilización de taludes y control de escorrentía al manejo y administración vial Keller y Sherar (2004) nos muestra información que ha sido desarrollada como guía para los constructores y administradores de caminos, así como especialistas en recursos de la mayoría de las regiones geográficas, para ayudar a construir mejores caminos y con mayor relación costo-beneficio, considerando el mínimo impacto ambiental adverso y protegiendo la calidad del agua. Existen muchos otros libros,

---

estudios de diversas universidades nacionales y estudios contenidos en proyectos viales que plantean soluciones diversas, propias de sus realidades que se ajustan en menor medida a nuestra investigación.

## **1.2. INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **1.2.1. Los procesos erosivos**

Los taludes los cuales están constituidos de suelos y rocas tienen su origen en los procesos geodinámicos. Desde las cordilleras, los cerros, las dunas, orillas de fuentes hídricas, etc. existen algunos que se han mantenido en el tiempo siendo testigos de las transformaciones más abruptas que el planeta ha sufrido.

La erosión es un fenómeno complejo que básicamente consiste en la disgregación o meteorización de un suelo o de un material rocoso por la acción de agentes atmosféricos y la posterior denudación por arrastre de las partículas disgregadas. Es un fenómeno geológico natural generador de sedimentos que ha existido siempre en la superficie terrestre, comenzando cuando las rocas se pusieron en contacto con la atmósfera. En última instancia se debe a la energía solar y a la presencia de un potencial regulador que es la gravedad y puede tener lugar en toda la superficie del planeta. La intensidad con que se manifiesta la erosión depende de una serie de factores que, a su vez y en última instancia, dependen de la geología y del clima de la región. Además, debe añadirse un factor antrópico.

Existen diferentes formas y tipos de erosión y pueden llegar a estados muy avanzados, si las pequeñas incisiones por las que circula el agua en el terreno no se eliminan (por meteorización o por laboreo) éstas irán progresando en el sentido de aguas arriba (mientras los suelos se los permitan) captando desprendimientos de materiales de mayor tamaño debido a su falta de cohesión por humedad, llegando a producir profundas incisiones, de más de 30 cm hasta

---

varios metros de profundidad, con secciones en forma de U, V o de una combinación de ambas conocidas como cárcavas o barrancos.

La erosión constituye un grave problema tanto para la agricultura, por la progresiva reducción de la capacidad productiva del suelo; como para el ambiente por la dispersión de contaminantes como los sedimentos y las sustancias en ellas absorbidas, y muy significativa para la ingeniería civil por los efectos negativos que puede causar a una vasta lista de obras civiles, tales como puentes, carreteras, canales, presas, sistemas de agua potable, etc. Y son potencialmente peligrosos cuando no se hace un estudio adecuado y suficiente de todos los posibles efectos negativos y sus medidas de control y/o mitigación, ya que el potencial perjudicial de este fenómeno tiende a incrementarse ante un mal manejo dada la presencia de los mismos.

Para describir los procesos implicados en la erosión existen múltiples modelos, por ello se aborda el estudio de erosión desde perspectivas muy diferentes y a diferentes escalas (de tiempo y espacio), también se hace difícil obtener una estimación precisa de este fenómeno por la complejidad de los procesos implicados; esta complejidad se hace notar en las áreas de erosión estudiadas, ya que confluyen una serie de factores que intervienen en el desarrollo de los procesos erosivos de estos, tales como la actividad humana a través de tala de árboles con diferentes objetivos de aprovechamiento, como la obtención de madera, el aprovechamiento agrícola y el ganadero en menor escala en la zona estudiada, las características del suelo desde las mecánicas hasta las físicas y químicas, también intervienen la distribución estratigráfica de éstos y hasta el tipo de vegetación tanto herbácea como arbórea, intervienen además el flujo de agua superficial y sub superficial, entre otros.

Al respecto (JIMÉNEZ HORNERO, 2002) dice: "...se aborda el estudio de la erosión desde dos perspectivas conceptualmente diferentes caracterizadas por su escala de trabajo: la primera, que se puede calificar como macroscópica, está

---



basada en un planteamiento de ecuaciones fundadas en observaciones experimentales que describen los fenómenos, procurando buscar soluciones analíticas como la ecuación de difusión; La segunda, situada en el nivel mesoscópico, consiste en el establecimiento de un mundo ficticio compuesto de partículas simples y regido por unas reglas sencillas capaces de caracterizar el fenómeno incluyendo aspectos básicos como la conservación de la masa y de la cantidad de movimiento.”

Como se puede apreciar, él distingue dos perspectivas que en la práctica son las que dominan y se aplican en la actualidad y en ellos se enmarcan todos los métodos de cálculo que conocemos en lo referente a procesos erosivos.

Algunos trabajos se han orientado al estudio de la generación de escorrentía (Y producción de erosión) ante distintas condiciones de vegetación y cubiertas del suelo (Francis & Thornes, 1992). Asimismo y a escalas detalladas de microparcela experimental, también se ha investigado la relación de la vegetación en la producción de flujos superficiales y sus consecuencias erosivas (Dunjó, Padini, & Gispert, 2004). A otras escalas aproximaciones multi-temporales, a escalas espaciales superiores a los 100 km<sup>2</sup>, han destacado el distinto comportamiento del régimen hídrico de los suelos en relación con escenarios contrastados de cubiertas superficiales” (Pascual-Aguilar, 2000)

Esta tesis se centra específicamente en la erosión hídrica y a la estabilidad de taludes dadas las condiciones encontradas en campo, ya que es el más significativo agente erosivo, por lo que se quiere encontrar una solución a dicha realidad; Ahora en el planteamiento de dichas soluciones se recurrirá a diversas metodologías, técnicas y materiales que en lo posible se adecuaran a la realidad encontrada.

---

### **1.2.2. Clasificación de procesos erosivos avanzados y estabilización de taludes**

Cuando hablamos de procesos erosivos avanzados, nos referimos a los estados avanzados de erosión hídrica y a la inestabilidad de taludes que puede ser generada a su vez por la erosión hídrica y/o la meteorización de las rocas constituyentes, ya sean de orígenes naturales o potenciados por la actividad humana; Todo proceso erosivo avanzado se relaciona con el desarrollo o formación de cárcavas, aunque algunas pueden llamarse más propiamente como inestabilidad de taludes o de suelos, que a su vez fueron originados por actividad hídrica erosiva, por la actividad humana o por la combinación de ambos, esta inestabilidad de taludes también podría generar nuevas cárcavas y/o facilitar la meteorización y por tanto erosión de más suelos y rocas.

Sabiendo que la erosión hídrica es el más incidente en cuanto a los diversos tipos de erosión y que éste se encuentra en los orígenes y/o forma parte del estudio de la inestabilidad de taludes nos centraremos en la erosión hídrica y a la inestabilidad de taludes, sabiendo que ambos se encuentran íntimamente relacionados.

Por lo expuesto, se muestran las diversas clasificaciones de cárcavas (estado avanzado de erosión hídrica) que podemos encontrar según diversos criterios. Ver Tabla 1.1.

---

Tabla 1.1

<i>CLASIFICACIONES DE CÁRCAVAS</i>	
Fuente	Criterio
Ireland <i>et al.</i> (1939)	Morfología de la cabecera
De Ploey (1973)	Morfología de la sección
Imeson y Kwaad (1980)	Morfología de la sección
Heede (1982)	Estructura de la red de drenaje
Ezechi y Okagbue (1989)	Génesis
Oostwoud Wijdenes (1991)	Morfología y génesis
Morgan (1997)	Posición topográfica
Soufi (2004)	Morfo-climático

*Extraída por los autores del Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*

*Nº 55 - 2011*

Una vez formada, una cárcava puede continuar creciendo y generando sedimentos aunque las causas que motivaron su aparición cesen (Valentin, Poesen, & Yong, 2005); Por este motivo, hemos entendido lógico realizar una diferenciación entre los procesos que originan la aparición de cárcavas y aquellos que propician su desarrollo.

La formación de una cárcava es un proceso gobernado por las características del flujo concentrado; Dicho proceso, es tratado generalmente como un fenómeno de umbral (Knapen, Poesen, Govers, Gyssels, & Nachtergaele, 2007) el arranque de partículas del suelo se produce cuando el flujo supera su umbral de resistencia. Para expresar la intensidad a la que tiene lugar el proceso de arranque de partículas de suelo en la literatura, se han presentado diversos indicadores hidráulicos. Entre los más simples, se encuentran la descarga total (Q) o la descarga unitaria (q) (Meyer, Foster, & Nikolov, 1975)

$$Q =; q = (vA Q)/w$$

.....(1.1)

Con "v" como la velocidad del flujo ( $m s^{-1}$ ), "A" como el área de la sección de la cárcava ( $m^2$ ) y "w" como la anchura de la cárcava (m).

El esfuerzo cortante del flujo ( $\tau$ ) también trata de reflejar la fuerza con la que éste incide sobre la superficie (Lyle & Smerdon, 1965) y por lo tanto la intensidad a la que se produce el arranque:

$$\tau = \rho g R S \text{ con } R = \frac{A}{w_p} \text{ y } w_p = w + 2d \quad \dots\dots(1.2)$$

Donde "ρ" es la densidad del flujo ( $kg m^{-3}$ ), "g" es la aceleración de la gravedad ( $m s^{-2}$ ), "R" es el radio hidráulico (m) y "S" es la pendiente del cauce ( $m \cdot m^{-1}$ ). Mientras "w<sub>p</sub>" es el perímetro de mojado (m) y "d" es la profundidad del flujo.

Otro parámetro utilizado con frecuencia para medir la fuerza que ejerce el flujo sobre el suelo es la potencia de la corriente ( $\omega$ ) (Bagnold, 1977) o la potencia total de la corriente ( $\omega_T$ ) (Moore & Burch, 1986):

$$\omega = \tau w; \omega_T = \tau g Q S \quad \dots\dots(1.3)$$

De acuerdo con el concepto de umbral, la tasa a la que las partículas del suelo son arrancadas se encuentra relacionada con el valor que adoptan la descarga, el esfuerzo cortante y la potencia de la corriente (Knapen, Poesen, Govers, Gyssels, & Nachtergaele, 2007). Por tanto, se puede establecer un valor crítico de dichos parámetros para un suelo específico, a partir del cual tiene lugar el arranque de partículas de suelo ( $Q_{cr}$ ,  $\tau_{cr}$  y  $\omega_{cr}$ ). Por ejemplo, la tasa de erosión ( $\varepsilon$ ) suele expresarse mediante la siguiente formulación (Arulanandan, Gillogley, & Tully, 1980):

$$\varepsilon = k(\tau - \tau_{cr}) \quad \dots\dots(1.4)$$

Donde "k" es el coeficiente de erosionabilidad del suelo y  $\tau_{cr}$  es el esfuerzo cortante crítico que el flujo debe ejercer para arrancar una partícula de suelo.

Sin embargo, la energía del flujo no se emplea de forma exclusiva en el arranque de partículas, sino que es también utilizada para el transporte de las mismas. Por lo que la intensidad de arranque dependerá de la carga sedimentaria que el flujo transporte y de la energía disponible para el arranque de partículas (FOSTER & MEYER, 1972):

$$\frac{D_r}{D_c} + \frac{G}{T_c} = 1, \text{ despejando: } D_r = D_c * \left(1 - \frac{G}{T_c}\right) \quad \dots\dots(1.5)$$

Donde  $D_r$  es la intensidad de arranque ( $\text{kg m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ), " $D_c$ " es la capacidad de arranque ( $\text{kg m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ), " $G$ " es la carga sedimentaria del flujo ( $\text{kg s}^{-1}$ ) y " $T_c$ " es la capacidad de transporte de sedimentos del flujo ( $\text{kg s}^{-1}$ ).

Los parámetros presentados en las anteriores ecuaciones son utilizados como variables predictoras para la iniciación de cárcavas y suponen la segunda generación de modelos disponibles para la estimación del arranque de partículas por flujo concentrado (Knapen, Poesen, Govers, Gyssels, & Nachtergaele, 2007). La tercera generación la representan los modelos que tratan de incorporar un componente estocástico en sus formulaciones (Sidorchuk, 2005) y que completan la evolución desde los modelos empíricos que supusieron la primera generación. Por tanto, la aparición de cárcavas como consecuencia de la circulación de flujo concentrado se relaciona con la superación de un umbral de tipo geomorfológico (Patton & Schumm, 1975), debido a una disminución en la resistencia de las fuerzas que mantienen unidas las partículas de suelo, a un incremento en la fuerza erosiva del flujo, o a ambos (Bocco, 1991). Este umbral puede ser extrínseco, bien de tipo climático (Huntington, 1914) o bien de tipo antropogénico (Dodge, 1902), o intrínseco e inherente al propio sistema de la

---

cárcava y consecuencia de procesos geomorfológicos y sedimentológicos naturales dentro del canal (Patton & Schumm, 1975)).

La formación de una cárcava por flujo superficial frecuentemente aparece ligada a un incremento en la escorrentía. Dicho incremento, puede deberse a varias causas: cambios en el uso del suelo, modificaciones en el área de drenaje motivadas por el hombre (Nyssen, y otros, 2002), eventos de precipitación de características extremas, etc. Algunos trabajos han señalado la posibilidad de que una cárcava represente un estado evolutivo avanzado de un reguero (FAO, 1965), sin embargo varios autores señalan que su génesis suele ser mucho más compleja (Morgan, 1979). Otros investigadores han descrito la aparición de cárcavas por la acción de flujo concentrado superficial sobre pequeñas depresiones del terreno (originadas como consecuencia de sobrepastoreo, incendios, etc.) que con el tiempo terminan conectándose para formar un cauce incipiente (leopold, Wolman, & Miller, 1964). El origen de algunos sistemas de cárcavas también puede estar relacionado con la circulación de flujo subsuperficial a través de túneles en el suelo, se trata del fenómeno conocido como erosión en túnel («piping» en inglés; (Jones, 1981)). Este proceso tiene lugar cuando se produce la erosión de un volumen de suelo como consecuencia de la circulación de agua de percolación a través de él, dando lugar a formas tubulares; Estas estructuras pueden formar verdaderas redes de drenaje subterráneas sobre las que va incidiendo el flujo. Cuando la estructura se torna insostenible, el tubo colapsa produciéndose el derrumbe de su parte superior y originando un escalón, que con la ayuda del flujo superficial se convierte en una incipiente cabecera. (Harvey, 1982) También relacionó el colapso de túneles subterráneos con el desarrollo de sistemas de cárcavas. Sin embargo, no es necesario que se produzca el colapso del túnel para que se inicie la incisión y formación de una cárcava. El flujo subsuperficial puede favorecer procesos de eluviación, y éstos manifestarse en superficie como microdepresiones que combinadas con la acción de la escorrentía superficial pueden dar lugar a la aparición de una cárcava (Avni, 2004). La erosión por túneles se encuentra ligada

---

a suelos con baja permeabilidad (arcillosos o limosos) pero que a su vez tienen una alta capacidad de infiltración, debido a la presencia de macroporos (Bryan & Yair, 1982). Son proclives las áreas que, teniendo elevados contenidos de arcilla y limo en sus suelos, experimentan prolongados períodos de sequía, que dan lugar a fracturas de desecación, y tormentas de elevada intensidad durante el período de lluvias, que originan la circulación de flujo a través de dichas fracturas. También favorecen el desarrollo de la erosión por túneles los elevados gradientes hidráulicos así como la presencia de iones solubles, especialmente el Sodio (Bull & Kirkby, 1997). En ocasiones la génesis de una cárcava se relaciona con la existencia de cicatrices superficiales cuyo origen puede ser natural, como sucede en el caso de los deslizamientos de tierra (Vitorini, 1972), o puede ser antrópico, como en el caso de las cunetas de caminos y carreteras o las actividades de construcción en ambientes urbanos (Douglas & Pietroniro, 2003).

Para clasificar las vastas y amplias formas de procesos erosivos se toma como referencia el glosario de nombres para la caracterización de movimientos en masa adaptado de (Cruden & Varnes, 1996). Ver Tabla 1.2.

---

Tabla 1.2  
CLASIFICACIONES DE CÁRCAVAS

Tipo	Secuencia	Estado de actividad	Estilo	Velocidad	Humedad	Material
Caída	Progresivo	Activo	Complejo	Extremadamente rápido	húmedo	Tierra
Inclinación	Retrogresión	Reactivado	Compuesto	Muy rápido	mojado	residuos
Deslizamiento	Ampliándose	Suspendido	Múltiple	Rápido	Muy mojado	
Esparcimiento	Alargándose	Inactivo	Sucesivo	Moderado		
Flujo	Confinado	Dormido	Sencillo	Lento		
	Disminuyendo	Abandonado		Muy lento		
	Moviéndose	Estabilizado		Extremadamente lento		
		Relicto				

*Extraída por los autores del Boletín de la Asociación de Geógrafos*

*Españoles N° 55 – 2011*

### 1.2.3. Movimientos en masa

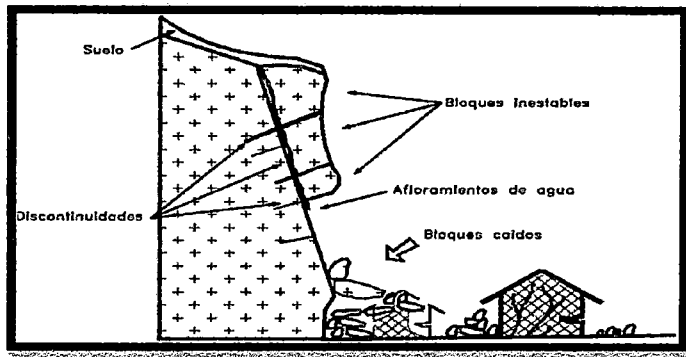
Los movimientos en masa son desplazamientos de corte que ocurren a lo largo de una o varias superficies ayudados por la gravedad, los cuales obedecen a procesos naturales de erosión-meteorización de acuerdo a las características mineralógicas de las unidades litológicas, o a procesos de desestabilización de masas de tierra por el efecto de cortes, rellenos, deforestación, etc.

### 1.2.4. Caída Desprendimiento

Bloques de roca (Caída de roca) o material suelto (Caída de tierra) que se desprende de un talud de pendiente fuerte a través del aire por caída libre, a saltos o rodando sobre la superficie; no involucra corte del talud, por tanto su velocidad es extremadamente rápida lo cual puede ocasionar grandes afectaciones a actores expuestos.



Figura N° 1.1:



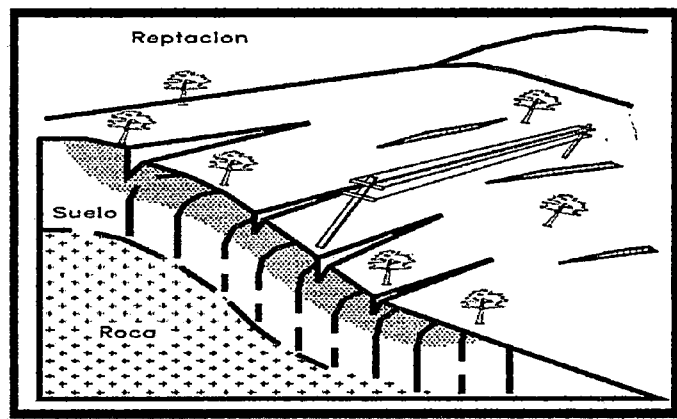
Nota: Extraído de la web de Geotecnología S.A.S.

<http://www.erosion.com.co/presentaciones/category>

### 1.2.5. Reptación:

La reptación consiste en movimientos de tipo viscoso, muy lentos a extremadamente lentos del suelo subsuperficial sin una superficie de falla definida. Asociado a una deformación de materiales poco consolidados, como depósitos y suelos residuales, aunque también puede presentarse en rocas. Generalmente, el movimiento es de unos pocos centímetros al año y afecta a grandes áreas de terreno.

Grafico N° 1.2: Reptación



Nota: Extraído de la web de Geotecnología S.A.S.

<http://www.erosion.com.co/presentaciones/category>

Se le atribuye a las alteraciones climáticas relacionadas con los procesos de humedecimiento y secado en suelos, usualmente, muy blandos o alterados. La reptación puede preceder a movimientos más rápidos como los flujos o deslizamientos.

Se relaciona con zonas deforestadas o intervenidas de manera inadecuada; generalmente presenta terracetas debidas a pisadas de ganado.

#### **1.2.6. Deslizamiento Rotacional**

La superficie de falla es formada por una curva cuyo centro de giro se encuentra por encima del centro de gravedad del cuerpo del movimiento. Posee agrietamientos concéntricos y cóncavos en la dirección del movimiento, una característica especial es la formación de una superficie cóncava en forma de cuchara.

Estos movimientos tienden a ser retrogresivos debido al escarpe semivertical por debajo de la corona, otras veces puede ampliarse por los escarpes semiverticales en los costados, que sugieren la ocurrencia de nuevos movimientos.

Ocurren en suelos homogéneos, por lo cual es un tipo de deslizamiento común en la zona, debido a su relación con los suelos de gran espesor encontrados en altas pendientes.

#### **1.2.7. Deslizamiento Traslacional**

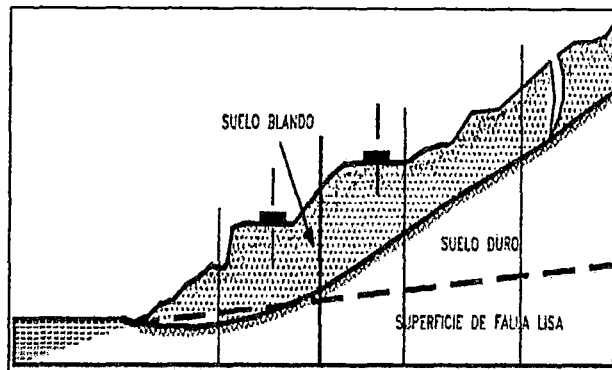
En estos movimientos el material es desplazado a lo largo de una superficie de debilidad bien sea de falla, fractura, estratificación o zonas de cambio en su estado de meteorización; sobre planos de baja pendiente más o menos plana con poco o nada de rotación.

Pueden ocurrir como bloques en discontinuidades sencillas, en cuña si son dos discontinuidades y en escalera si ocurren a lo largo de más discontinuidades.

En muchas ocasiones el material movido se rompe formando flujos lo cual dificulta su caracterización en campo.

---

**Gráfico N° 1.3: Translacional**



Nota: Extraído de la web de Geotecnología S.A.S.  
<http://www.erosion.com.co/presentaciones/category>

### 1.2.8. Flujo

Movimientos de bloques pequeños de roca y/o de material residual saturado que se mueve sobre una superficie de falla; pueden ocurrir en presencia de agua o en seco. Los materiales pueden ser poco consolidados, alterados, fracturados o agrietados, los cuales absorben agua fácilmente y su saturación conduce a la formación de flujos.

Siempre existe una superficie de separación entre el material removido y el subyacente lo cual lo diferencia de procesos como la reptación, la cual es similar cuando estos son extremadamente lentos

Los flujos de roca son frecuentes en zonas de alta montaña y escasa vegetación, en pendientes fuertes mayores a  $45^\circ$ , en rocas ígneas. Su ocurrencia es mayor en rocas ígneas y metamórficas.

Comúnmente los flujos de roca terminan en un flujo de residuos dado que los materiales se trituran durante la transportación. Los flujos de suelo pueden ser secos en zonas de alta montaña donde por lo general son pequeños pero de altas velocidades.

Se denominan flujos de lodo cuando materiales de suelo muy finos con humedades altas forman una masa viscosa, los cuales poseen fuerzas destructoras grandes que dependen de su caudal y velocidad.

### **1.2.9. Movimientos complejos**

Frecuentemente los movimientos presentan la combinación de dos o más tipos de desplazamientos, un proceso activo puede convertirse en otro a medida que progresa el fenómeno de desintegración; es así como un deslizamiento puede terminar en un flujo.

### **1.2.10. Factores que intervienen en la evolución de las cárcavas**

El proceso de desarrollo de una cárcava es extremadamente complejo; dicha complejidad se debe en parte a la múltiple causalidad que generalmente subyace en la génesis del proceso. Existe la posibilidad de que el canal alcance un punto de equilibrio en su crecimiento y posteriormente se produzca una fase de agradación. Se hace referencia al trabajo de (leopold, Wolman, & Miller, 1964) en el que se describe la iniciación de cárcavas a partir de pequeñas depresiones superficiales. Según (leopold, Wolman, & Miller, 1964) el estadio siguiente de estas incipientes cabeceras es su desarrollo y conexión, formando un cauce acarcavado que continuará creciendo hasta un momento determinado, en el que tiene lugar una fase de consolidación como cárcava estable; A partir de este momento, se produce la agradación del canal, la disminución de la pendiente de las márgenes y la o las cabeceras y la colonización de parte del canal por la vegetación; Posteriormente, la deposición originará un aumento de la pendiente del cauce, dando lugar a una nueva fase de acarcavamiento. Una cárcava puede pasar por sucesivos ciclos de erosión y agradación, como defienden diversos autores ( Ireland, Shape, & Eargle, 1939); (Schumm & Lusby, 1963); (Engelen, 1973)). El número exacto de ciclos acaecidos no puede ser determinado a partir de un estudio sedimentológico, ya que si uno de los períodos de inestabilidad sufridos resulta en un excesivo ensanchamiento del canal, será capaz de eliminar

---

las evidencias de los ciclos precedentes (Blong, 1970). La naturaleza cíclica de los procesos de acaravamiento es un tema extremadamente complejo y todavía poco conocido; Esta complejidad es especial en el caso de los canales permanentes de tipo discontinuo, de hecho, algunos autores han asociado el concepto de discontinuidad con uno de los primeros estadios de desarrollo de una cárcava (Heede, 1967). Sin embargo, el modelo de crecimiento cíclico, combinado o no con el modelo discontinuo, no parece ser un predictor realista del crecimiento de la cárcava ya que no se puede esperar una tendencia natural a la estabilización bajo todas las condiciones ambientales (Bocco, 1991). Es decir, existe la posibilidad de que no se alcancen las condiciones de equilibrio y el acaravamiento inicial se convierta en primer lugar en una red de drenaje acaravada y en última instancia en un paisaje de badlands.

En Estados Unidos se han desarrollado numerosos trabajos que analizan la evolución de canales permanentes y discontinuos que se desarrollan sobre fondos de valle aluviales y que conducen flujos efímeros, denominados arroyos (por ejemplo (Dodge, 1902); (Antevs, 1952); (Schumm & Hadley, Arroyos and the semiarid cycle of erosion, 1957); (Cooke & Reeves, 1976); (Leopold, 1978); (Bull W. , 1997); (Gonzales, 2001)). (Bull W. , 1997) Diferenció estos canales de las cárcavas por su tamaño que es mayor, por su forma atrincherada y por su persistencia en el tiempo, que es de al menos un siglo; Estos arroyos, además pueden ser de tipo discontinuo, presentando una o varias cabeceras a lo largo de su recorrido y con mecanismos de crecimiento similares a los de las cárcavas. Estas características, encajan perfectamente con las de las cárcavas permanentes de fondo de valle encontradas por (Schnabel, 1997) y (Gomez Gutierrez, Schnabel, & Lagar Timon, Estudio del acaravamiento en explotaciones adehesadas, Gestion ambiental y económica del ecosistema de la Peninsula Iberica, 2006) (Gomez Gutierrez, Schnabel, & Lavado Contador, Gully erosion, land use and topographical theresholds during the last 60 years in a small rangeland cachment in SW Spain., 2009) (Gomez Gutierrez, Schnabel, & Sanjose Blasco, Variación temporal de la erosión por carcavas en los fondos de valle bajo

---

explotación de dehesa, 2009) en ambientes adhesados del SO de España. De hecho, (Osterkamp, 2008) define el término arroyo como una cárcava o pequeño canal, generalmente localizado en zonas áridas y semiáridas del N de México o SO de EEUU, por el que circulan flujos efímeros sobre una sección aproximadamente trapezoidal. Pues bien, sobre la dinámica de los arroyos de tipo discontinuo, (Bull W. , 1997) comenta que el equilibrio entre la agradación y la erosión es breve, debido a la sensibilidad de estas formas a cambios climáticos o modificaciones antrópicas a corto plazo. (Cooke & Reeves, 1976) atribuyeron la aparición y desarrollo de arroyos en Arizona del Sur al posible incremento en el caudal en los fondos de los valles debido a cambios climáticos y en la vegetación, pero enfatizados con la concentración del drenaje a lo largo del valle, debido a la construcción de infraestructuras humanas. La dinámica de incisión dominante en algunos de estos cauces de tipo discontinuo y que conducen flujos efímeros en zonas semi-áridas ha sido ampliamente tratada en la literatura, especialmente en el caso de los arroyos Estadounidenses (Gonzales, 2001). Sin embargo, las causas de la existencia de episodios de incisión y deposición no siempre son identificadas de forma clara. La activación de los procesos de incisión ha sido generalmente atribuida a variaciones externas en las condiciones ambientales, como cambios u oscilaciones climáticas ( (Huntington, 1914); (Bryan K. , 1928); (Leopold, Rainfall frequency: An aspect of climatic variation., 1951); (Antevs, 1952); (Leopold, Emmet, & Myrick, United States Geological Survey Professional Paper, 1966); (Prosser, 1996); (Nogueras, Burjachs, Gallart, & Puigdefabregas, 2000)) y a cambios de uso del suelo o sistemas de explotación inadecuados ( (Dodge, 1902); (Rich, 1911); (Duce, 1918); (Swift, 1926); (Cooke & Reeves, 1976)), especialmente sobrepastoreo (por ejemplo (Zucca, Cannu, & Della, 2006)) y la puesta en labor de tierras (por ejemplo (Faulkner, 1995)). Sin embargo, otros autores han argumentado que las fases de incisión y relleno son consecuencia de variaciones dentro del propio cauce que responden a procesos naturales de tipo geomorfológico y sedimentológico ( (Thorntwaite, Sharpe, & Dosch, 1942); (Schumm & Hadley, Arroyos and the semiarid cycle of erosion, 1957); (Patton & Schumm, 1975); (Schumm, The Fluvial System, 1977)). (Bull W.

---

, 1997), por ejemplo, afirma que la inestabilidad es intrínseca a estos canales y viene dada por variaciones en el nivel de base que a su vez son consecuencia de la incisión o relleno de determinados tramos del cauce.

(Graf, 1977) Planteó otra hipótesis sobre el desarrollo de las cárcavas mediante la adaptación de la «rate law» a la Geomorfología. Según (Graf, 1977) la tasa de crecimiento de una cárcava desciende exponencialmente con el tiempo como respuesta a una disminución de la escorrentía motivada por la reducción del área de drenaje que experimenta el canal, a medida que su cabecera avanza aguas arriba; Como consecuencia, las propiedades geométricas del canal tienden a un valor asintótico. Posteriormente, (Nachtegaale, Poesen, Oostwoud Wijdenes, & Vandekerckhove, 2002) corroboraron esta tendencia asintótica en la evolución de la longitud y el área del canal. Sin embargo, detectaron un descenso en el volumen del canal a partir de un determinado momento, consecuencia de la agradación y revegetación del cauce. Según este trabajo, tras un breve período de equilibrio, comenzaría una fase de relleno que completa el ciclo. El planteamiento de (Graf, 1977), se basó en dos asunciones de gran importancia: a) las tasas de erosión están controladas de forma dominante por la escorrentía y, b) el área de drenaje ejerce una influencia preponderante sobre la magnitud de la escorrentía. (Thomas, Inverson, Burkart, & Kramer, 2004) Analizaron en una cárcava sobre depósitos de loess en Iowa el cumplimiento de estas dos hipótesis, concluyendo que el descenso de la tasa de crecimiento de la cárcava se correspondía efectivamente con un descenso en la escorrentía, pero que en este caso no se relacionaba con una disminución del área de drenaje. Es decir, la tendencia asintótica de las propiedades geométricas del canal no tiene que estar necesariamente ligada a un descenso en el área de drenaje.

#### **1.2.11. Procesos de desarrollo de una cárcava**

El crecimiento de una cárcava puede producirse a través de tres mecanismos principales; el crecimiento aguas arriba de su cabecera, el ensanchamiento del cauce y su profundización. Cuando el flujo salva el escarpe de la cabecera, se

---

produce un continuo remolino sobre la base del mismo que da lugar a su socavación; El resultado es una pared con pendientes verticales. Bajo determinadas condiciones, de pendiente, humedad, etc., la parte superior del muro colapsa y se derrumba sobre el fondo del canal; Este material colapsado, puede ser evacuado inmediatamente tras el derrumbe si existe flujo en el canal y éste dispone de energía suficiente para transportarlo, o por el contrario, puede permanecer en el fondo del cauce a la espera de que se produzca un flujo con suficiente energía. Cuando el material de la base del escarpe es evacuado, comienza de nuevo la socavación de su base, produciéndose de esta forma, el avance aguas arriba de la cabecera. El derrumbe de los bordes de la cabecera se produce, principalmente por la energía asociada al agua. (Bradford & Piest, 1980) Relacionaron la morfología de la cabecera y los derrumbes que en ella se producen con el nivel freático, las diferencias de humedad en el suelo y los flujos que tienen lugar en su interior. La cabecera puede representar una importante fuente de sedimentos. (Oostwoud Wijdenes & Bryan, 1994) analizarón la contribución de una cabecera a la producción sedimentaria en una zona semi-árida en Kenya, concluyendo que la cabecera registró aproximadamente la misma cantidad de sedimentos que su área contribuyente.

Por otra parte, la importancia de la erosión sobre las márgenes aguas abajo de la cabecera también ha sido resaltada por algunos autores (por ejemplo: (Piest, Bradford, & Wyatt, 1975); (Blong, graham, & Veness, The role of sidewall processes in gully development:Some NSW examples, 1982); (Bull & Kirkby, 1997)). La erosión del canal se debe al ensanchamiento y profundización del cauce. El mecanismo de profundización está gobernado por las características del flujo que circula por el canal. Además, a la cantidad de material arrancado directamente del lecho por la acción del flujo concentrado, hay que añadir la abrasión que se produce si el flujo transporta carga de fondo. La acción directa del flujo también incide sobre la parte baja de las paredes, provocando incisión lateral; Esta actividad sobre la base del escarpe combinada con la humedad de las márgenes, los flujos de agua dentro del suelo y la fuerza gravitatoria son los

---



responsables del colapso de las partes altas de las paredes. Las propiedades físicas del material que compone las márgenes, así como la geometría de las mismas son fundamentales en este proceso (Blong, graham, & Veness, The role of sidewall processes in gully development: Some NSW examples, 1982). (Simon, Curini, Darby, & Langendoen, 2000) en un estudio en Goodwin Creek (Estados Unidos) relacionaron la erosión de las márgenes con la variabilidad en la presión del agua de los poros del suelo, causada a su vez por los diferentes flujos de agua dentro del mismo. La generación de presiones positivas del agua de los poros favorecidas por la filtración de agua a lo largo del perfil, resultaron en un descenso de la resistencia al esfuerzo cortante en las márgenes. Mientras, presiones negativas del agua de los poros provocaron un incremento en la resistencia de las márgenes. Según (Simon, Curini, Darby, & Langendoen, 2000) la inestabilidad de las márgenes se relaciona con: a) un incremento en el peso específico del suelo, b) un descenso o pérdida de la matriz de succión y por tanto una pérdida de la cohesión de la pared, c) la generación de presiones positivas del agua de los poros y por tanto una pérdida en la resistencia al esfuerzo cortante de la pared, d) erosión del material colapsado en la base de la pared y e) pérdida de la presión de confinamiento durante el flujo de recesión. Cuando los bloques colapsados permanecen al pie de la pared actúan como protectores del talud evitando la acción directa del flujo sobre el pie del muro. Según los estudios desarrollados por (Simon, Curini, Darby, & Langendoen, 2000) estos colapsos pueden ser erosionados por flujos de pequeña magnitud y relativamente frecuentes durante el invierno, manteniendo las márgenes con paredes verticales y propiciando largos períodos de retroceso con elevadas concentraciones sedimentarias en el flujo. El ensanchamiento de una cárcava debido al continuo colapso de sus márgenes puede representar el principal proceso de crecimiento del canal. (Thomas, Inverson, Burkart, & Kramer, 2004), estimaron que el 70% del ensanchamiento observado en una cárcava de fondo de valle en Iowa se debía al colapso de sus márgenes. El proceso de ensanchamiento de las márgenes suele mostrar cierta estacionalidad, concentrándose durante los períodos prolongados de humedad en el suelo combinados con precipitaciones

---

(Simon, Curini, Darby, & Langendoen, 2000). A lo largo del cauce, el proceso de ensanchamiento se combina con el ahondamiento del canal para ajustar la forma de la sección. Dicho ajuste se realiza dentro de unos constreñimientos adicionales impuestos por la composición del borde (Huang & Warner, 1995), la vegetación de las márgenes (Charlton, Brown, & Benson, 1978) y la pendiente del valle. La cohesión de las márgenes, no puede ser expresada como una simple función de alguna propiedad de los materiales que la componen, aunque se han realizado algunos intentos de relacionarla con la presencia de arcilla y limo (Schumm, Fluvial geomorphology: the historical perspective. In: H.W. Shen(Editor), Rive mechanics.CO: H.W. Shen, 1971).

#### **1.2.12. Factores que condicionan el acaravamiento**

Los factores que condicionan el desarrollo e intensidad del proceso son muy diversos y en ocasiones se encuentran íntimamente relacionados entre sí. (Poesen, Verstraeten, & Valentin, 2003) Definieron la pérdida de suelo debido al acaravamiento como una función multivariable, que expresaron de la siguiente forma:  $E_c = f(G, S, U, C, T)$  donde "E<sub>c</sub>" es la erosión por cárcava, "G" es el tipo de cárcava, "S" representa las propiedades del suelo y el sustrato, "U" el uso y manejo del mismo, "C" es el clima y "T" es la topografía.

El primero de los términos de la ecuación anterior refleja el tipo de cárcava. La segunda variable recoge las características del suelo y el sustrato (S). La cantidad de suelo erosionado en una determinada localización está íntimamente relacionada con las propiedades físico-químicas del suelo (Evans, 1993). Dichas propiedades pueden determinar los patrones espaciales y la densidad de desarrollo de redes de cárcavas (Bull & Kirkby, 1997). La separabilidad de los suelos, y por tanto, su disposición a ser erosionados, está controlada por la textura de los mismos, la estabilidad de sus agregados y su resistencia al esfuerzo cortante (Arulanandan, Loganathan, & Korone, 1975). La presencia de determinados elementos en la superficie del suelo como por ejemplo fragmentos

---

rocosos resulta una protección frente a los procesos de acaravamiento (Poesen, De Luna, Franca, Nachtergaele, & Govers, 1999). Por otra parte, el desarrollo de costras superficiales en regiones áridas o semi-áridas ha sido relacionado con una elevada producción de escorrentía y con procesos de acaravamiento (Martinez Casanovas, Anton Fernandez, & Ramos, 2003). (Valentin, D'Herbes, & Poesen, 1999) Comprobaron como la presencia de costras superficiales provocó una disminución en la pendiente umbral necesaria para la iniciación de regueros. Sin embargo, su efecto sobre el acaravamiento puede resultar ambivalente, ya que también contribuye a aumentar la cohesión superficial del suelo y por tanto su resistencia al flujo.

La distribución vertical de diferentes capas u horizontes controla en gran medida el tamaño de la cárcava y más específicamente la profundidad y morfología de la sección de la misma ( (Ireland, Shape, & Eargle, 1939); (Poesen, Verstraeten, & Valentin, 2003)). De este modo, la existencia de un horizonte argílico de acumulación de arcillas del tipo "Bt" puede desempeñar un papel fundamental en el desarrollo de la cárcava, impidiendo su profundización en el perfil de suelo. Otros horizontes del tipo fragipans, horizontes petrocálcicos o sustratos de roca madre no erosionable funcionan como límite a los procesos de acaravamiento. La presencia de horizontes subyacentes de baja permeabilidad puede favorecer el desarrollo de procesos de acaravamiento induciendo una presión positiva del agua de los poros en los horizontes superiores y disminuyendo la resistencia a la erosión de estos horizontes superficiales (Moore, Burch, & Mackenzie, Topographic effects on the distribution of surface soil water and the location of ephemeral gullies., 1988). Otro aspecto importante que ha sido señalado en la literatura son las relaciones entre el suelo y el fluido que ocupa los poros. Así pues, la composición química del fluido puede generar modificaciones en las características de agregación del suelo (Sargunam, Riley, Arulanandan, & Krone, 1973). En las arcillas, modificaciones del  $\text{Na}^+$  disuelto en relación con otros cationes básicos del agua de los poros pueden ayudar a dispersar las partículas de suelo (Sherard, Ryker, & Decker, 1972).

---

El tercer factor (U) refleja el uso del suelo y la cubierta vegetal. Un aprovechamiento concreto, determina el comportamiento hidrológico del terreno sobre el que se extiende. En entornos agrícolas, cada forma de explotación da lugar a una cubierta vegetal específica. Esta capacidad de la vegetación para proteger el suelo es muy variable en función de su densidad y morfología (Rey, Ballais, Marre, & Rovera, 2004). El temprano trabajo de (Rich, 1911) ya denotó la importancia que las modificaciones de la cubierta vegetal tenían en el desarrollo de arroyos en Nuevo México. Estudios más recientes, han abordado el impacto de un cambio gradual o repentino en el uso del suelo sobre los procesos de erosión por cárcavas bajo diversas condiciones ambientales (Poesen, Verstraeten, & Valentin, 2003). Así pues, (Harvey, Holocene hillslope gully systems in the Howgill Fells, Cumbria. In: M.G. Anderson and S.M. Brooks (Editors), *Advances in Hillslope Processes*, 1996) habló de un desarrollo de cárcavas durante los siglos IX y X en el Reino Unido propiciado por un cambio en la cubierta vegetal inducido por el hombre. Del mismo modo, (Bork, y otros, 1998) atribuyeron el crecimiento de grandes sistemas de cárcavas durante el siglo XIV en Europa central, a la elevada presión humana sobre el suelo junto con algunos eventos de precipitación de carácter extremo. (Prosser & Winchester, *History and processes of gully initiation and development in eastern Australia*, 1996) relacionaron el desarrollo de sistemas de cárcavas en Australia durante los últimos 200 años, con el proceso de colonización europeo y (Kasai, 2006) atribuyó a la deforestación excesiva llevada a cabo durante los últimos siglos en Nueva Zelanda, la aparición de mayores formas de erosión, entre ellas, grandes cárcavas. La agricultura del siglo XX y XXI también ha sido señalada como la responsable de la aparición y desarrollo de cárcavas en diversos ambientes. (Chaplot, Coadou Le Brozec, Silvera, & Valentin, 2005) observaron en Laos que el cultivo en zonas de montaña propició el desarrollo de regueros y cárcavas, mientras en la Sierra de Lújar, al S de España, (Faulkner, 1995) responsabilizó a la expansión del cultivo de almendro del aumento en el número de cárcavas. En Extremadura (SO de España), (Gomez Gutierrez, Schnabel, & Lavado Contador, *Gully erosion, land use and topographical thresholds during*

---

the last 60 years in a small rangeland catchment in SW Spain., 2009) constataron la existencia de una clara relación entre el área afectada por acaravamiento y la superficie cultivada durante el período 1945-2006 en una pequeña cuenca adehesada. En Italia, (Zucca, Cannu, & Della, 2006) observaron la existencia de un impacto muy significativo de las acciones agrícolas en la actividad y densidad de las cárcavas. Finalmente, en Nueva Zelanda, (Parkner, Page, Marutami, & Trustrum, 2006) comprobaron un aumento de la superficie ocupada por cárcavas debido al aclarado del bosque original durante el período 1939-2003. A otra escala, la vegetación también resulta determinante. La vegetación que se localiza en el propio cauce es un factor primordial, ya que influye sobre el flujo, normalmente decelerándolo y sobre la estabilidad de las márgenes. Los factores que controlan directamente el efecto de la vegetación sobre la erosión de las paredes del canal, son el tipo, la densidad, la edad y la salud de la vegetación junto con la estacionalidad (Thorne, 1990). Sin embargo, no sólo la extensión de la superficie de suelo destinada a cultivos ha sido señalada como la causante de la aparición y desarrollo de sistemas de cárcavas. En las zonas de pastoreo, el aumento de la carga ganadera ha propiciado la iniciación y avance de los procesos de erosión hídrica, y particularmente de los procesos de acaravamiento, tal y como recogen las investigaciones de (Webb & Hereford, 2001) (Podwojewski, Poulenard, Zambrana, & Hofstede, 2002), (Gomez, y otros, 2003), (Nyssen, y otros, Human impact on the environment in the Ethiopian and Eritrean highlands: a state of the art, 2004) y (Gomez Gutierrez, Schnabel, & Lavado Contador, Gully erosion, land use and topographical thresholds during the last 60 years in a small rangeland catchment in SW Spain., 2009).

El cuarto término (C) de la ecuación planteada por (Poesen, Verstraeten, & Valentin, 2003) recoge los factores relacionados con el clima y que determinan la intensidad del acaravamiento. La precipitación actúa como factor limitante para la erosión, tanto por exceso, motivando el desarrollo de una cobertura vegetal densa; como por defecto, siendo necesaria una cantidad mínima de precipitación para iniciar el arranque. La intensidad de las precipitaciones y su

---

distribución a lo largo del año son determinantes. Los eventos extremos han sido relacionados con la aparición y desarrollo de cárcavas, tanto efímeras como permanentes ( (Poesen, Vandale, & Van Wesemael, Contribution of gully erosion to sediment production on cultivated lands and rangelands, 1996); (Poesen & Hooke, Erosion, flooding and channel management in Mediterranean environments of southern Europa, 1997); (Schnabel, Gómez Amelia, & Ceballos, Extreme events and and gully erosion.In: IGU (Editor), Proceedings of the International Seminar on Land Degradation and Desertification, 1999)).

La distribución de las precipitaciones resulta también determinante; En la literatura existen algunos trabajos clásicos que así lo señalan. Destaca la temprana aportación de (Leopold, Emmet, & Myrick, United States Geological Survey Professional Paper, 1966) quienes pensaron que la activación y crecimiento de procesos erosivos en cauces de Nuevo México se correspondía con una degradación de la vegetación de los fondos de valle motivada por un incremento en la cantidad total de precipitación de los eventos. El trabajo posterior de (Nogueras, Burjachs, Gallart, & Puigdefabregas, 2000) mostró como la reactivación de la erosión por cárcavas en la zona de badlands conocida como El Cautivo en el SE de España se correspondía con un descenso en la vegetación permanente de los fondos de valle, inducido por un incremento en la intensidad y duración de los períodos de lluvias.

Por otra parte, existe muy poca información respecto al efecto del actual cambio climático global sobre el acaravamiento (Li, Poesen, & Valentin, 2004). (Valentin, Poesen, & Yong, 2005) hablan en términos generales de un empeoramiento de la situación, tanto en las zonas donde se prevé un descenso en la cantidad anual de precipitación, como en aquellas donde el calentamiento global provoque un incremento de la frecuencia de ciclos de congelación y deshielo.

---

Por último, la topografía (T) también resulta determinante en los procesos de acarreamiento. Las características geométricas del terreno influyen directamente sobre la capacidad erosiva del flujo: la pendiente provoca la aceleración o deceleración del flujo y la concavidad o convexidad de la superficie favorece la concentración o dispersión del flujo. La topografía también determina el área vertiente hacia un punto y por tanto la cantidad de agua que recibe cada zona dentro de una cuenca. El efecto conjunto del área de drenaje, como sustituta del caudal y de la pendiente, ha llevado al análisis de la iniciación y desarrollo de cárcavas como un fenómeno de umbral topográfico (Patton & Schumm, 1975).

### **1.2.13. Consecuencias de los procesos de Acarreamiento**

In situ, se produce una degradación del suelo, debida a la pérdida del material y también tiene lugar una pérdida significativa de escorrentía a través de las paredes y el fondo de la cárcava, especialmente en ambientes áridos y semi-áridos (Esteves & Lapetite, 2003). El descenso de la humedad del suelo conduce a una disminución en la biomasa y en el potencial agrícola del fondo de valle (Avni, Gully incision as a key factor in desertification in an arid environment, the Negev highlands, Israel, 2005). En la zona de los Highlands en Etiopía, (Nyssen, y otros, Human impact on the environment in the Ethiopian and Eritrean highlands: a state of the art, 2004) observaron una importante expansión de la red de drenaje, una disminución de la humedad del suelo y consecuentemente una reducción de la producción agrícola. (Moeyersons, 2000) También comprobó una pérdida de humedad en el suelo, especialmente en la zona entre canales en grandes sistemas de cárcavas.

En cuanto a la producción de sedimentos, diversos estudios recientes, desarrollados en un amplio abanico de ambientes, hablan de elevadas contribuciones de la erosión por cárcavas a la producción total ( (Wasson, Caitcheon, Murray, McCulloch, & Quade, 2002); (Poesen, Verstraeten, & Valentin, 2003)). (Poesen, Verstraeten, & Valentin, 2003) realizaron una recopilación de

---

trabajos con datos sobre la contribución de la erosión por cárcavas a la producción sedimentaria, concluyendo que ésta representa entre el 10% y el 94% de la producción sedimentaria total originada por la erosión hídrica. Además, una cárcava o sistema de cárcavas puede desempeñar un papel de nexo entre las partes altas y las zonas bajas de una cuenca, transfiriendo escorrentía y sedimentos. El comportamiento hidrológico de las cuencas en las que se dan cárcavas puede además verse alterado, presentando menores tasas de flujo base y un registro más rápido del pico de caudal máximo durante las tormentas (Martineli Costa & Prado Bacellar, 2007). El aporte de una gran cantidad de sedimento al flujo, motivado por el desarrollo de procesos de acarcavamiento puede provocar la contaminación del mismo debido a la composición química y los elementos absorbidos que en ocasiones presentan los sedimentos, aumentando los niveles de N y P en el agua y favoreciendo su eutrofización. Este elevado aporte de sedimentos provoca una reducción en la capacidad de transporte de ríos y acequias aguas abajo, aumenta el riesgo de inundaciones, ciega canales de riego y acorta la vida útil de embalses y pantanos.

Respecto a los tratamientos de control de los procesos de acarcavamiento, existen muy diversas formas, materiales y estrategias, dependiendo de los recursos disponibles y de las características específicas de cada zona. Entre los más utilizados se encuentran el desvío de escorrentía de la cabecera, la transformación de las pendientes de la cabecera y márgenes, la revegetación de la cuenca y del propio canal, la instalación de diques, etc. La efectividad de estas medidas varía, aunque existen numerosas experiencias que muestran importantes descensos en la producción de sedimentos asociada a cárcavas tras la aplicación de tratamientos de control y conservación (Miller, Woodburn, & Turner, 1962).

---



### 1.2.14. Métodos de cálculo de magnitudes de erosión

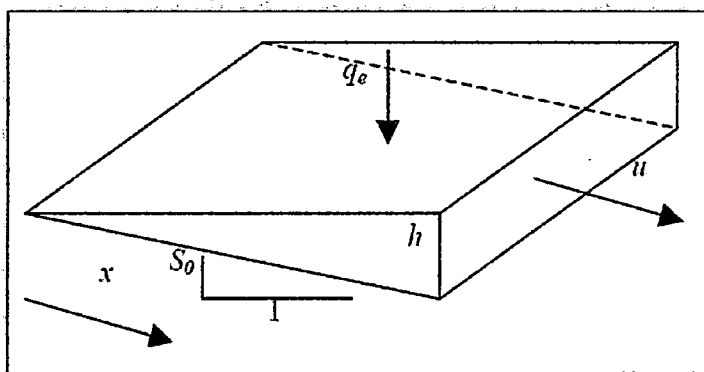
La erosión hídrica del suelo consiste en el arranque de partículas por rotura de agregados debido al impacto de las gotas de lluvia y su transporte por la escorrentía generada en una ladera como consecuencia de un exceso de agua, que no puede ser absorbido por el suelo o retenido en la superficie. Ambos procesos se ven muy influidos por características del suelo tales como la estructura y la textura y por aspectos como la compactación provocada por determinadas prácticas humanas y el tipo de cubierta vegetal.

En este inciso se describen las ecuaciones, lineales y no lineales, que proponen diversos autores para caracterizar el flujo de suelo producido por la erosión en una ladera con pendiente.

Ecuación de la erosión hídrica

A continuación mostramos un gráfico representativo y las ecuaciones de Saint Venant donde se relaciona el calado  $h(L)$  y la velocidad de un flujo superficial de agua  $u(LT^{-1})$  provocado por un exceso de lluvia  $q_e(LT^{-1})$  en una ladera (Bennett, 1974). Ver Figura 1.4.

**Figura N° 1.4:** Lámina de agua en flujo sobre un plano inclinado



*Nota: Extraída por los autores del Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles N° 55 – 2011*

Por la conservación de la masa:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + u \frac{\partial h}{\partial x} + h \frac{\partial u}{\partial x} = q_e \quad \dots\dots(1.6)$$

Por la conservación de la cantidad de movimiento:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + g \frac{\partial h}{\partial x} = g(S_0 - S_f) - \frac{q_e u}{h} \quad \dots\dots(1.7)$$

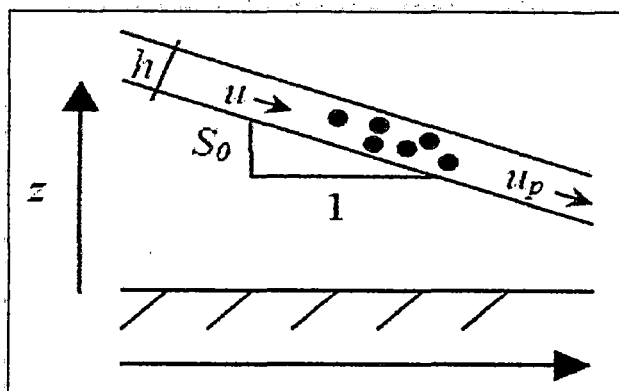
Donde  $x$  (L) es la distancia en la dirección del flujo,  $g$  ( $LT^{-2}$ ) es la aceleración de la gravedad,  $S_0$  y  $S_f$  son las pendientes del lecho y de fricción respectivamente, y  $t$  (T) es el tiempo.

Si se considera que el flujo está constituido por agua que transporta sedimento la ecuación de continuidad para este último es:

$$\frac{\partial(hc)}{\partial x} + (1 - \alpha) \frac{\partial z}{\partial t} + \frac{\partial(hu_p c)}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} (h \epsilon_p \frac{\partial c}{\partial x}) \quad \dots\dots(1.8)$$

Donde  $z$  [L] es la elevación sobre el lecho,  $c$  [ $L^3L^{-3}$ ] la concentración de sedimento,  $u_p$  [ $LT^{-1}$ ] es la velocidad de las partículas y  $\epsilon_p$  [ $L^2T^{-1}$ ] el coeficiente de dispersión del material sólido. Generalmente el segundo miembro de la ecuación (1.7) se puede considerar despreciable. Si un flujo fuese cuasipermanente, el primer término de la parte derecha de (1.7) se puede también anular. La Figura 1.5 muestra un esquema del problema analizado.

**Figura N° 1.5: Flujo de agua y partículas sólidas**

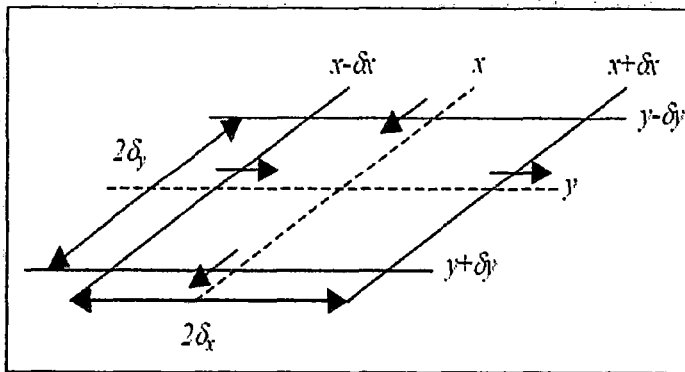


*Nota: Extraída por los autores del Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles N° 55 – 2011*

Flujo de agua y partículas sólidas, con velocidades respectivas  $u$  y  $u_p$ , sobre un plano. El calado es  $h$ , la pendiente de la solera  $S_0$  y la elevación sobre el lecho " $z$ ".

Bajo una perspectiva diferente, (Culling, 1960) propuso otra fórmula de erosión. La ecuación de continuidad indica que la diferencia entre el flujo sólido que entra y sale de un volumen de control, como el que se representa en dos dimensiones en la Figura 1.6, se puede expresar como  $\frac{\partial z}{\partial t} = -\left(\frac{\partial f_x}{\partial x} + \frac{\partial f_y}{\partial y}\right)$  suponiendo constante la densidad del suelo y del sedimento y un flujo isotrópico.

**Figura N° 1.6: Dominio elemental de flujo en dos dimensiones, (Culling, 1960)**



*Nota: Extraída por los autores del Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles N° 55 – 2011*

Las intensidades de flujo, a su vez, son

$$f_x = -D \frac{\partial z}{\partial x}; f_y = -D \frac{\partial z}{\partial y} \quad \dots\dots(1.9)$$

Con  $D [L^2T^{-1}]$  como una constante de difusión. Aplicando (1.9) a (1.8) resulta la ecuación lineal (1.10).

$$\frac{\partial z}{\partial t} = D \left( \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} \right) \quad \dots\dots(1.10)$$

(Culling, Soil creep and the development of hillside slopes, 1963) Usó esta ecuación para desarrollar una teoría de la erosión de suelo en laderas con

pendiente, fenómeno conocido como solifluxión o soil creep, incluyendo posteriormente un punto de vista estocástico del fenómeno.

Más recientemente, (Govers, Vandaele, Desmet, Poesen, & Bunte, 1994) han llegado a una ecuación similar a (1.10), al estudiar el efecto erosivo de los aperos de labranza. Este tipo de erosión, también conocida como erosión mecánica, ha sido caracterizado experimentalmente con expresiones sencillas como (1.9) en las que la intensidad del flujo de las partículas sólidas era proporcional a las pendientes  $\frac{\partial z}{\partial x}$  o  $\frac{\partial z}{\partial y}$ , si bien por el carácter unidireccional de la labor se reducen a una sola  $\frac{\partial z}{\partial x}$ .

Como alternativa a la propuesta anterior, otros autores plantean la no linealidad de la ecuación de erosión. Un ejemplo es el trabajo de (Kirkby, 1971) en el que se rescribe la ecuación de continuidad como

$$d_M + d_q = -\frac{\partial \xi}{\partial t} \quad \dots\dots(1.11)$$

En donde  $d_M$  [ $LT^{-1}$ ] y  $d_q$  [ $LT^{-1}$ ] son las intensidades de desgaste mecánico (1.12) y químico, respectivamente y  $\xi$  [L] el espesor de suelo.

$$d_M = \frac{\partial G}{\partial x} \frac{G}{r_{curv}} \quad \dots\dots(1.12)$$

$G$  [ $L^2T^{-1}$ ] es el caudal sólido,  $r_{curv}$  [L] el radio de curvatura de la ladera y

$$\frac{\partial \xi}{\partial t} = -\frac{\partial z}{\partial t} - d_{meteo} \quad \dots\dots(1.13)$$

Con  $d_{meteo}$  [ $LT^{-1}$ ] el desgaste del lecho de roca por meteorización.

Kirkby, es uno de los primeros autores en presentar la relación entre la capacidad de transporte  $C_t$  [ $L^2T^{-1}$ ] y  $G$ , con dos situaciones límite, reconocidas con anterioridad por el geólogo Gilbert en 1877:

I. erosión limitada por el transporte, cuando el caudal sólido es el máximo posible (e.g. (Julien, 1994)).

II. erosión limitada por la producción de partículas sólidas bien sea por meteorización, bien sea por rotura de agregados y arranque de partículas, insuficiente para saturar el flujo. (Meyer & Wischmeier, 1969) propusieron una ecuación como:

$$\frac{\partial z}{\partial t} = -K_G(C_t - G) \quad \dots\dots(1.14)$$

En la que  $K_G [L^{-1}]$  es una constante de erosión.

(Kirkby, 1971) Expresa  $C_t$  en función de factores morfológicos proponiendo dos expresiones sencillas

$$C_t = f(a) \left( -\frac{\partial z}{\partial x} \right)^n \quad \dots\dots(1.15)$$

$$C_t = \max \left[ f(a) \left( -\frac{\partial z}{\partial x} - \tan \alpha \right)^n, 0 \right] \quad \dots\dots(1.16)$$

Donde  $f(a)$  una función que depende de la superficie desaguada por unidad de longitud de curva de nivel  $a [L]$ ,  $n$  es un exponente igual o mayor que cero y  $\alpha$  un valor umbral del ángulo de la pendiente ( $\theta$ ).

La forma más simple de  $C_t$  es:

$$C_t \propto \sin(\theta) \propto \tan(\theta) \propto \left( -\frac{\partial z}{\partial x} \right) \quad \dots\dots(1.17)$$

Con  $S = -\frac{\partial z}{\partial x}$  la pendiente de la ladera. Sin embargo, es más común una fórmula del tipo:

$$C_t \propto X^m S^n \quad \dots\dots(1.18)$$

En la que  $m$  es otro exponente.

La tabla N°1.3 (Moore & Wilson, Length-slope factors for the revised universal soil loss equation: simplified method of estimation, 1992) muestra los valores de los exponentes  $m$  y  $n$  para diferentes casos

**Tabla N°: 1.3**

Proceso	$m$	$n$
Solifluxión	0	12,5
Salpicadura de suelo	0	1,08
Arrastre de finos	1.3 – 1,7	0.44
Ríos	2 - 3	0.29
Ecuación USLE factor topográfico	0.3 – 0.5	Término en $s^2, s, s^0$
Ecuación RUSLE	$\frac{\xi}{1 + \xi}$	$aS + b$
Moore y burch (1986)	0.4	1,3

Nota: Fuente: (Moore & Wilson, Length-slope factors for the revised universal soil loss equation: simplified method of estimation, 1992)

Para la ecuación universal de pérdida de suelo o USLE, el exponente  $n$  tiene el Valor

$$n = \frac{0.043S^2 + 0.3S + 0.43}{6.613} \quad \dots(1.19)$$

En el caso de la versión revisada de la anterior, RUSLE (Renard, Foster, Weesies, McCool, & Yoder, 1997),  $\xi$  se calcula en función de  $\theta$  mediante

$$\xi = \frac{\sin(\theta)}{0.0896(3 \sin^{0.8}\theta + 0.56)} \quad \dots(1.20)$$

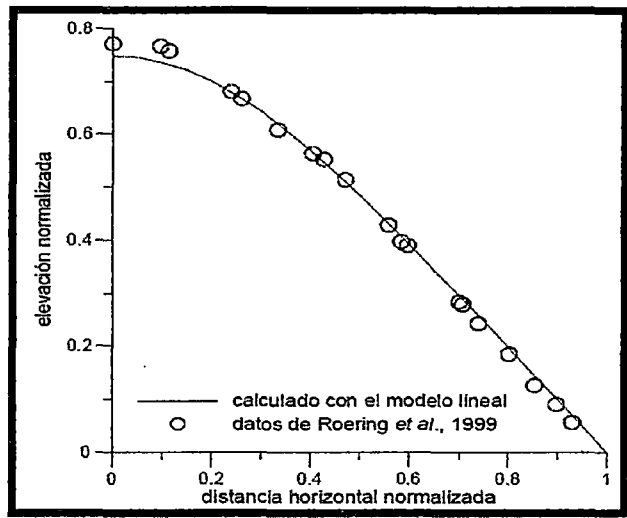
Mientras que  $aS + b$  se corresponde con la expresión

$$aS + b = \begin{cases} 10.8 \sin \theta + 0.03 & S < 0.09 \\ 16.8 \sin \theta - 0.50 & S \geq 0.09 \end{cases} \quad \dots(1.21)$$

También pueden resaltarse diversos estudios que tratan de validar un modelo no lineal de la erosión, los cuales no han alcanzado gran éxito sobre todo por la poca diferenciación de estos con los resultados alcanzados con el modelo lineal.

Por ejemplo al analizar los datos que utiliza (Roering, Kirchner, & Dietrich, 1999) para validar su modelo no lineal (Francisco Jose, 2002), pudo comprobar que aquellos se ajustan bien a su caso lineal por lo que cuestiono la robustez de su modelo, y a que no constituía evidencia clara de que la erosión es un fenómeno no lineal. Ver Figura N° 1.7 y Figura N° 1.8.

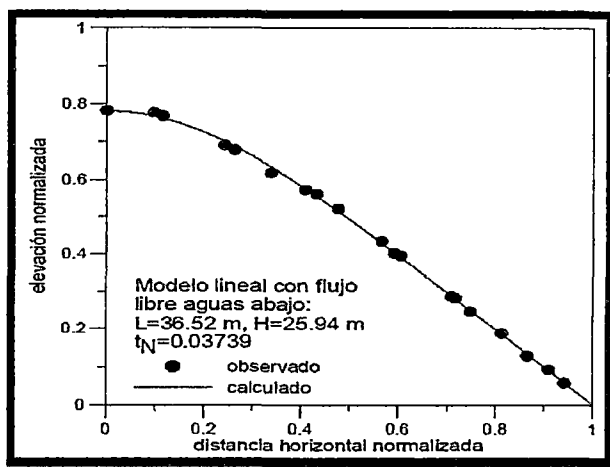
**Figura N° 1.7 Ajuste de la solución lineal**



**Datos de (Roering, Kirchner, & Dietrich, Evidence for nonlinear, diffusive sediment transport on hillslopes and implications for landscape morphology, 1999)**



**Figura N° 1.8: Ajuste de la solución del modelo lineal con flujo libre aguas abajo.**



Datos de (Roering, Kirchner, & Dietrich, Evidence for nonlinear, difusive sediment transport on hillslopes and implications for landscape morphology, 1999)

Entre otras expresiones de la ecuación de la erosión.

Se destaca además que para estudios de evolución de relieve existen soluciones numéricas con métodos computacionales que precisamente están en función al relieve las cuales utilizan el modelo de malla de Boltzmann (LBM) y el BKG o Boltzmann modificado de (Bathnagar, Gross, & Krook, 1954).

### 1.2.15. Método de Cálculo para la Estabilidad De Taludes

#### 1.2.15.1. Métodos De Las Rebanadas

Con objeto de mejorar la precisión de los métodos de equilibrio global se desarrollaron los métodos de las rebanadas. En ellos la masa en deslizamiento se divide, a efectos de cálculo, en una serie de rebanadas verticales, que se consideran como sólidos rígidos o bloques y que por tanto deben satisfacer, cada uno, todas las condiciones de equilibrio.

No menos de 10-15 rebanadas se suelen utilizar en la práctica (ver Figura N° 1.9). Con este procedimiento se consiguen las ventajas siguientes:

a) Se aproxima mejor la distribución de tensiones normales sobre la superficie de deslizamiento, que en principio estará muy condicionada por la altura de tierras existente sobre cada elemento de longitud de la superficie de deslizamiento (ya se comentó, al tratar del método de equilibrio global con superficies circulares, la notable influencia de la distribución de las tensiones normales a lo largo del círculo de rotura).

b) Se facilita el análisis en situaciones de terreno heterogéneo. Para ello basta con elegir adecuadamente el número y la situación de las diferentes rebanadas. En general, los puntos e intersección entre la superficie supuesta de deslizamiento y los contornos de masas o estratos homogéneos de terreno coincidirán con límites de rebanadas.

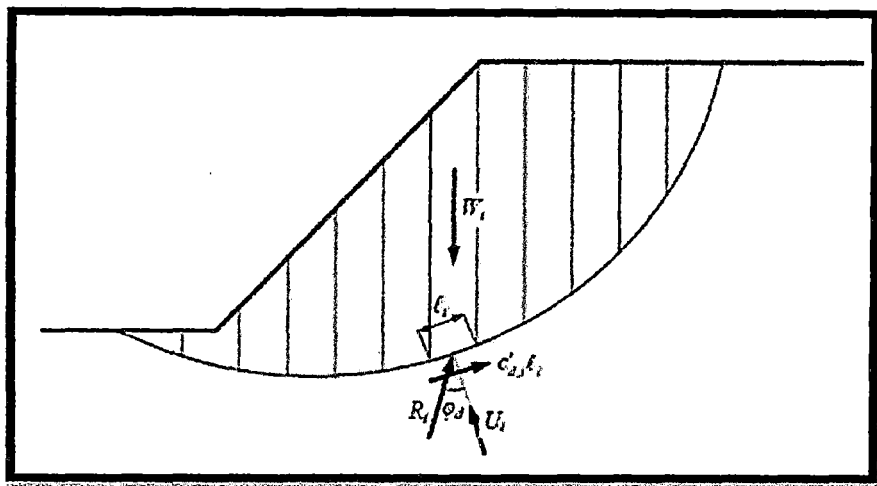
Desgraciadamente el problema es estáticamente indeterminado. En efecto, el recuento de incógnitas está en la tabla 1.4 (ver Figura N° 1.10)

Tabla 1.4

Descripción	Nº de incógnitas
Factor de seguridad (F)	1
Fuerzas efectivas normales en la base (N'), (la presión de agua, U, es conocida)	n
Posición de la fuerza normal efectiva en cada rebanada (a)	n
Fuerza resistente disponible en la base de cada rebanada ( $S = S_r/F$ )	n
Fuerzas normales en los bordes laterales (E)	n-1
Fuerzas tangenciales en los bordes laterales (X)	n-1
Localización de los puntos de aplicación de las fuerzas normales en los bordes laterales (y)	n-1
<b>TOTAL</b>	<b>6n-2</b>

Nota: Recuento de incógnitas, método de las rebanadas.

**Figura N° 1.9.** División de un deslizamiento en rebanadas a fin de aplicar el método de equilibrio límite



Elaboración propia.

Y el de ecuaciones será según tabla 1.5:

Tabla 1.5

Descripción	N° de incógnitas
Ecuaciones de equilibrio de fuerzas según dos direcciones independientes.	2n
Ecuaciones de equilibrio de momentos	n
Relaciones de rotura entre las tensiones normales y tangenciales en la línea de rotura	n
<b>TOTAL</b>	<b>4n</b>

Nota: Ecuaciones, método de las rebanadas.

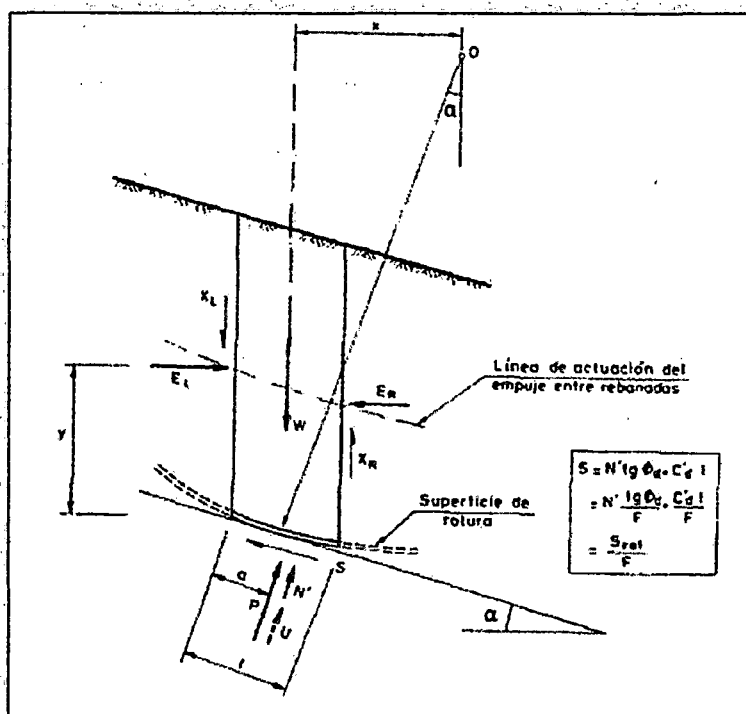
Por lo tanto resultan  $2n-2$  incógnitas en exceso y para poder resolver el problema deberán realizarse algunas hipótesis. Una primera, utilizada por la mayoría de los métodos, es que el punto de aplicación de la fuerza normal

esté situado en el centro de la rebanada (a  $l/2$ ). Esta hipótesis será tanto más exacta cuanto mayor sea el número de rebanadas a emplear.

Esta primera hipótesis reduce el número de incógnitas a  $n-2$ . Para acabar de resolver el problema se necesitará hacer más hipótesis. Estas hipótesis se harán acerca de las fuerzas que actúan en los bordes laterales de las rebanadas y son distintas según los diversos métodos.

Se han propuesto diversos métodos válidos para cualquier forma de la superficie de rotura. Son conocidos los de Janbu (1954a; 1954b) y Morgenstern y Price (1965). En la práctica se utiliza con más frecuencia los métodos que utilizan superficies circulares. Entre ellos el más utilizado es, con diferencia, el de Bishop.

**Figura N° 1.10.** Fuerzas sobre una rebanada (ER, XR son fuerzas en el lado derecho de la rebanada y EL, XL en el lado izquierdo)



Nota: Fuente: Método de las rebanadas.

### 1.2.15.2. Superficies circulares de rotura. Método de Bishop.

El equilibrio global de momentos exige (Bishop, 1955):

$$\sum S \times r = \sum W \times x = \sum S \times r \text{sen} \varphi' \quad \dots(1.22)$$

Pero S, que es el esfuerzo total de corte movilizado en la base, está relacionado con el factor de seguridad mediante:

$$S = \frac{c' + N' \tan \varphi'}{F} \quad \dots(1.23)$$

Sustituyendo (1.22) en (1.23) y despejando F se obtiene:

$$F = \frac{\sum (c' + N' \tan \varphi')}{\sum W \text{sen} \alpha} \quad \dots(1.24)$$

En esta expresión N' es desconocido. Bishop obtuvo N' a través de la condición de equilibrio vertical de fuerzas de cada rebanada:

$$W + \Delta X = S \text{sen} \alpha + N' \text{cos} \alpha + U \text{cos} \alpha \quad \dots(1.25)$$

Sustituyendo S por su valor en (1.23) y despejando N' se obtiene:

$$N' = \frac{W + \Delta X - \left[ \frac{c' \text{sen} \alpha}{F} + U \text{cos} \alpha \right]}{\text{cos} \alpha + \frac{\tan \varphi' \text{sen} \alpha}{F}} \quad \dots(1.26)$$

y el Factor de Seguridad (1.24) se convierte en:

$$F = \frac{\sum \frac{c'x + \tan \varphi (W - U \cos \alpha + \Delta X)}{\cos \alpha (1 + \tan \alpha \tan \varphi / F)}}{\sum W \operatorname{sen} \alpha} \quad \dots(1.27)$$

Para resolver el problema hay que hacer hipótesis acerca de la distribución de  $\Delta X$ . Bishop encontró que  $F$  era poco sensible a estas hipótesis y recomendó usar  $\Delta X = 0$ . Este es el llamado método de Bishop simplificado. Se obtiene la expresión siguiente para el factor de seguridad:

$$F = \frac{\sum [c'x + (W - U \cos \alpha) \tan \varphi] M(\alpha)}{\sum W \operatorname{sen} \alpha} \quad \dots(1.28)$$

$$M(\alpha) = \frac{1}{\cos \alpha \left[ 1 + \frac{\tan \alpha \tan \varphi}{F} \right]} \quad \dots(1.29)$$

A la solución se llega partiendo de un  $F$  hipotético e iterando hasta la convergencia, lo que generalmente se alcanza en muy pocas iteraciones.

Para casos sencillos el método de Bishop puede tabularse. Bishop y Morgenstern (1960) desarrollaron unos ábacos con las siguientes hipótesis:

- Suelo homogéneo (propiedades resistentes y presión de agua constantes).
- No hay agua externa al talud.
- No hay grietas de tracción.
- Presencia de un estrato duro a una profundidad  $D \cdot H$ , siendo  $H$  la altura del talud.

### 1.2.16. Métodos de estudio y soluciones para los problemas erosivos y estabilidad de taludes.

El inicio de los estudios comprende una visita a campo y la identificación visual de los problemas erosivos, esto cuando es posible, también es usual y más utilizada la

---

identificación satelital de los problemas erosivos en lugares poco accesibles e inaccesibles.

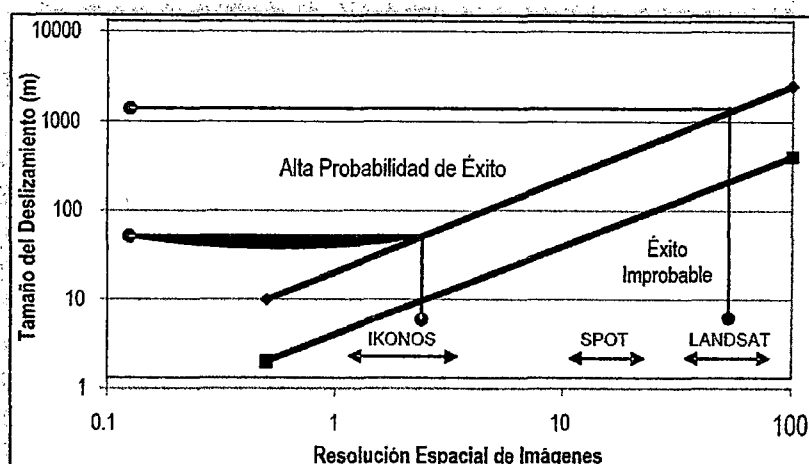
Muchos de los deslizamientos de tierra potencialmente problemáticos se encuentran, por regla general, en el rango de 50 a 500 metros de ancho. Mirando la Figura 1.11, era necesario haber usado imágenes de alta resolución como IKONOS o SPOT para poder tener suficiente resolución e identificar todos los deslizamientos de tierra que podrían afectar el derecho de vía. La resolución de las imágenes LANDSAT no es suficiente para mapear con éxito las características de los deslizamientos de tierra de la magnitud que existen en el área del proyecto (Ver Tabla N°1.6).

**Tabla 1.6.**

Tamaño del deslizamiento (m)	Escala de la fotografía aérea		
	1:20,000	1:10,000	1:5,000
<20	Menos adecuada	Menos adecuada	útil
20 - 72	Menos adecuada a uso limitado	Uso limitado a útil	Muy útil
>72	Uso limitado a útil	útil	Muy útil

Nota: Adecuación relativa de las diferentes escalas fotográficas aérea en la identificación de deslizamientos de tierra (Soeters & Van Westen, 1996)

**Figura 1.11:** Escala de imágenes satelitales y reconocimiento de deslizamientos de tierra (Sweeney, Gasca, Morgan, & Clarke, 2004)



Paralelamente a la inspección satelital y/o fotogramétrica se puede desarrollar la clasificación visual típica de la gravedad de la erosión (Ver Tabla 1.7).

**Tabla 1.7:** Clasificación típica de la gravedad de la erosión  
(Morgan, 2000)

Clase de erosión	Tasa de erosión (t/ha)	Calificación visual
1 Muy ligera	<2	No hay evidencia de compactación o costras en el suelo. No hay marcas de lavado o rasgos de erosión. No hay pedestales de salpicaduras o raíces al descubierto o canales.
2 Ligera	2 - 5	Alguna formación de costras en la superficie. Lavado localizado, pero erosión menor. Riachuelos cada 50-100 m. pequeños pedestales de salpicadura donde piedras o raíces descubiertas protegen al suelo de abajo.



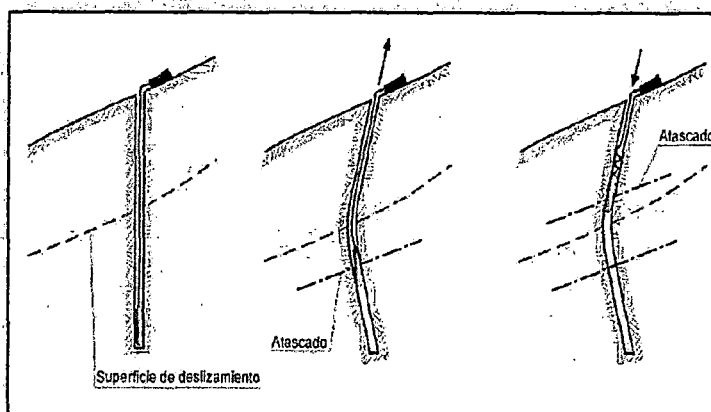
3 Moderado	5 - 10	Marcas de lavado. Riachuelos discontinuos espaciados cada 20 – 50 m. pedestales de salpicadura y raíces descubiertas marcan el nivel de la superficie anterior. Peligro de contaminación cuesta abajo.
4 Alto	10 - 50	Red conectada y continua de riachuelos cada 5 – 10 m. o quebradas cada 50 – 100 m. arrastre de semillas y plantas jóvenes .pueden requerirse nuevo sembrado. Peligro de contaminación y sedimentación aguas abajo.
5 Grave	50 - 100	Red continua de riachuelos cada 2 – 5m. o quebradas cada 20m. el acceso se vuelve difícil. Trabajo de reforestación dañado y se requieren medidas correctivas. Daño a los caminos por erosión y sedimentación de los sólidos de agua.
6 Muy grave	100 – 500	Red continua de canales con quebradas cada 5 – 10 m. Suelo alrededor con fuertes costras. Integridad estructural del ducto amenazada por estar descubierto. Sedimentación grave, problemas de contaminación y eutrofización
7 Catastrófico	>500	Extensa red de riachuelos y quebradas grandes (10 m <sup>2</sup> de área de sección transversal) cada 20 m. la mayor parte de la superficie descubierta por el flujo de agua, exponiendo el ducto. Daño grave por erosión en el sitio y aguas abajo.

Nota: La evaluación de los diferentes temas de peligros geológicos requiere de una considerable inversión en estudios geológicos y geotécnicos antes de comenzar la construcción (Sweeney, Gasca, Morgan, & Clarke, 2004) e incluso se recomienda dos años de estudio como mínimo.

Un paso adelante en la detección de superficies de deslizamiento profundas, que en realidad no supone costo alguno, consiste en aprovechar los sondeos de

investigación para instalar lo que en terminología anglosajona se denominan “poor boys”. Como muestra la figura 1.12, se trata de introducir un elemento hasta el fondo del sondeo, habitualmente un tubo metálico de un metro de longitud, atado a una cuerda que alcanza la superficie del terreno.

**Figura 1.12 :** Sondeo con tubo metálico de superficies de deslizamiento Profundas.



Si transcurrido un cierto tiempo desde la instalación del testigo se producen más movimientos, al intentar extraerlo podrá quedar atascado en las proximidades, por debajo de la superficie o franja de deslizamiento. De la longitud de cuerda extraída se podrá deducir un límite inferior de la profundidad de la superficie buscada. Si a continuación se introduce otro tubo desde la boca del sondeo, éste verá interrumpido su avance a una determinada profundidad, por encima de la superficie de deslizamiento buscada. Interpolando entre ambas lecturas se tendrá una idea de la profundidad real que alcanza la inestabilidad.

Evidentemente, para que este sistema tenga posibilidades de éxito será necesario dejar revestido el sondeo e introducir los tubos en su interior, de manera que se eviten los desmoronamientos de las paredes. Para ello no es necesario efectuar un revestimiento “en toda regla”, bastando con las habituales tuberías de PVC ranurado que se emplean para detectar y seguir la evolución del nivel freático. De esta forma

el sistema servirá también para estudiar dicha evolución. Como detalle de importancia, es necesario proteger el emboquillado del sondeo y la cuerda del testigo colocando una tapa segura.

Sin embargo, los métodos de inspección desde el aire (sistemas de imágenes satelitales), tales como SLAR (Sidelooking Airborne Radar) y LIDAR (Ligth Detection And Radar) son capaces de penetrar la densa vegetación y de descubrir la morfología por debajo de la superficie de la tierra, según lo expone Germanischer Lloyd Industrial Services GmbH, Business Segment Oil and Gas en su reporte:

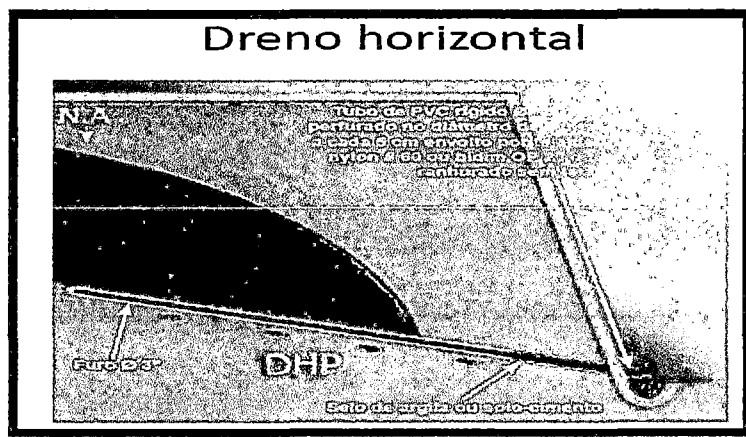
Reporte No.: GLP/GLM/MEMP/726-07 Rev. 0      Fecha: 2007-10-10.

La "Mejor Práctica Internacional" comprende estudios, por parte de especialistas, de los rendimientos de sedimentación (utilizando la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo) durante la construcción según lo manifiesta Germanischer Lloyd Industrial Services GmbH, Business Segment Oil and Gas en su reporte:

Reporte No.: GLP/GLM/MEMP/726-07 Rev. 0      Fecha: 2007-10-10.

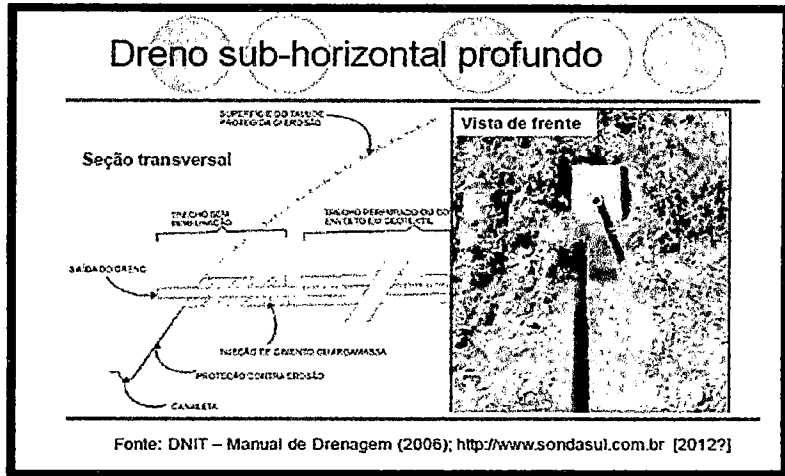
Se muestran algunos tipos de drenajes consistentes y usuales.

**Figura N° 1.13:** Dreno horizontal (Manual de Drenagem 2006)



**Nota: Fuente:** DNIT-Manual de Drenagem(2006);<http://www.sondasul.com.br>(2012?)

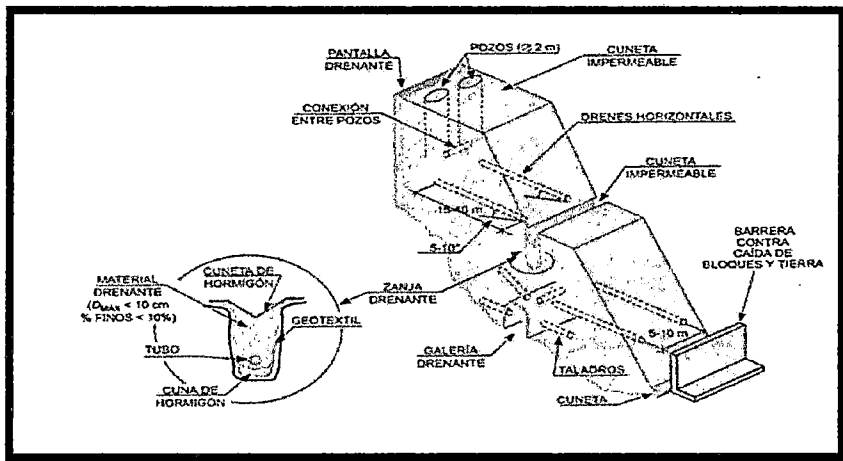
**Figura 1.14:** Dreno sub – horizontal profundo (Manual de Drenagem 2006)



**Nota:** Fuente: DNIT-Manual de

Drenagem(2006);http://www.sondasul.com.br(2012?)

**Figura 1.15:** Esquema del dreno sub – horizontal profundo (Manual de Drenagem 2006)



**Nota:** Fuente: DNIT-Manual de

Drenagem(2006);http://www.sondasul.com.br(2012?)

### **1.2.17. Impactos ambientales de los procesos erosivos**

La recuperación del suelo perdido como consecuencia de los procesos erosivos, mediante formación natural "de suelo nuevo a partir de la roca madre, es lentísimo, calculándose que para formar, en condiciones naturales, una capa de 2 a 3 cm de espesor son necesarios de 300 a 1000 años" (López, 2002), lo cual evidentemente genera pérdida de fertilidad y ni hablar de la pérdida de potencial hídrico por la falta de bancos de agua sub superficial con la consiguiente pérdida de vegetación flora y fauna, los efectos nocivos para las obras de infraestructura, la pérdida de tasas de infiltración que generan enormes caudales de avenidas, en fin mientras más se deje de lado un proceso erosivo potenciamos sus efectos negativos aunque muchas veces no sean evidentes, y si lo llevamos a valores económicos basta observar las enormes infraestructuras de drenaje en el exterior para demostrar su importancia, se llegan a millones de dólares y en nuestro país, para poder rescatar los taludes en el sector las vegas se llegó a gastar decenas de millones de soles al no abordar el problema en el momento adecuado.

## **1.3. PLANTEAMIENTO E HIPÓTESIS**

### **1.3.1. Planteamiento del Problema**

¿Cuál será la caracterización del sistema de control de erosión y estabilidad de taludes, para minimizar el movimiento de masas que se produce en los kilómetros 63+500 y 72+800 de la ruta nacional PE-18A sector Huánuco-Tingo María?

### **1.3.2. Hipótesis: General y Específicas**

- Si elaboro en forma adecuada un sistema de control de erosión y estabilización de taludes entonces minimizare el movimiento de masas en los kilómetros 63+500 y 72+800 de la ruta nacional PE-18A sector Huánuco-Tingo María.
-

## 1.4. VARIABLES

### 1.4.1. Sistema de Variables-Dimensiones e Indicadores

**Variable independiente:**

- Sistema de control de la erosión y estabilización de taludes en los kilómetros 63+500 y 72+800 de la ruta nacional PE-18A sector Huánuco-Tingo María.

**Variable dependiente:**

- movimiento de masas en los kilómetros 63+500 y 72+800 de la ruta nacional PE-18A sector Huánuco-Tingo María.

## 1.5. INDICADORES

### 1.5.1. Definición Operacional de Variables, Dimensiones e Indicadores (Ver tabla 1.8).

**Tabla 1.8**

VARIABLES DEPENDIENTE			
DIMENSIONES	VARIABLES	UNIDADES	INDICADORES
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Movimiento de masas en los kilómetros 63+500 y 72+800 de la ruta nacional PE-18A sector Huánuco-Tingo María.</li> </ul>	Grado de estabilidad.	FS.

VARIABLE INDEPENDIENTE			
DIMENSIONES	VARIABLE	UNIDADES	INDICADORES
DISEÑO	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sistema de control de la erosión y estabilización de taludes en los kilómetros 63+500 y 72+800 de la ruta nacional PE-18A sector Huánuco-Tingo María.</li> </ul>	Materiales y Magnitudes de componentes.	Diseños y Cálculos.

Nota: Fuente: Elaboración propia.

## 1.6. OBJETIVOS

### 1.6.1. Objetivos: General y Específicos

#### General:

Estudiar con fines de controlar los movimientos de masa, los procesos erosivos avanzados en los kilómetros 63+500 y 72+800 de la ruta nacional PE-18A sector Huánuco-Tingo María.

#### Específicos:

- Caracterizar los suelos y rocas de las zonas de erosión avanzada de los kilómetros 63+500 y 72+800 de la ruta nacional PE-18A sector Huánuco-Tingo María.

- Estudiar las características topográficas, hidrológicas, geológicas de vegetación y acciones antrópicas relacionadas con las erosiones avanzadas de los kilómetros 63+500 y 72+800 de la ruta nacional PE-18A sector Huánuco-Tingo María.
- Estudiar los procesos erosivos, en las zonas de erosión avanzada de los kilómetros 63+500 y 72+800 de la ruta nacional PE-18A sector Huánuco-Tingo María.
- Diseñar un sistema para el control de la erosión, estabilización de taludes y manejo de aguas, en las zonas de erosión avanzada de los kilómetros 63+500 y 72+800 de la ruta nacional PE-18A sector Huánuco-Tingo María.

## **1.7. POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **1.7.1. Determinación del Universo/Población.**

El universo lo constituyen los dos procesos erosivos de los kilómetros 63+500 y 72+800 de la ruta nacional PE-18A sector Huánuco-Tingo María.

La población lo constituye los dos procesos erosivos de los kilómetros 63+500 y 72+800 de la ruta nacional PE-18A sector Huánuco-Tingo María.

### **1.7.2. Selección de la Muestra.**

Lo constituyen los dos procesos erosivos de los kilómetros 63+500 y 72+800 de la ruta nacional PE-18A sector Huánuco-Tingo María.

---



---

**2. CAPÍTULO II**

**MARCO METODOLÓGICO**

---

## 2.1. Esquema de la metodología de investigación

Toda literatura encontrada podemos sintetizarla en una metodología modificada por los autores de la metodología presentada en la universidad nacional de ingeniería en la tesis: "Uso de la bioingeniería de suelos en el control de la erosión hídrica en taludes", desarrollada con el apoyo del ingeniero Jorge Alva Hurtado alrededor del año 2006, en diversas tesis.

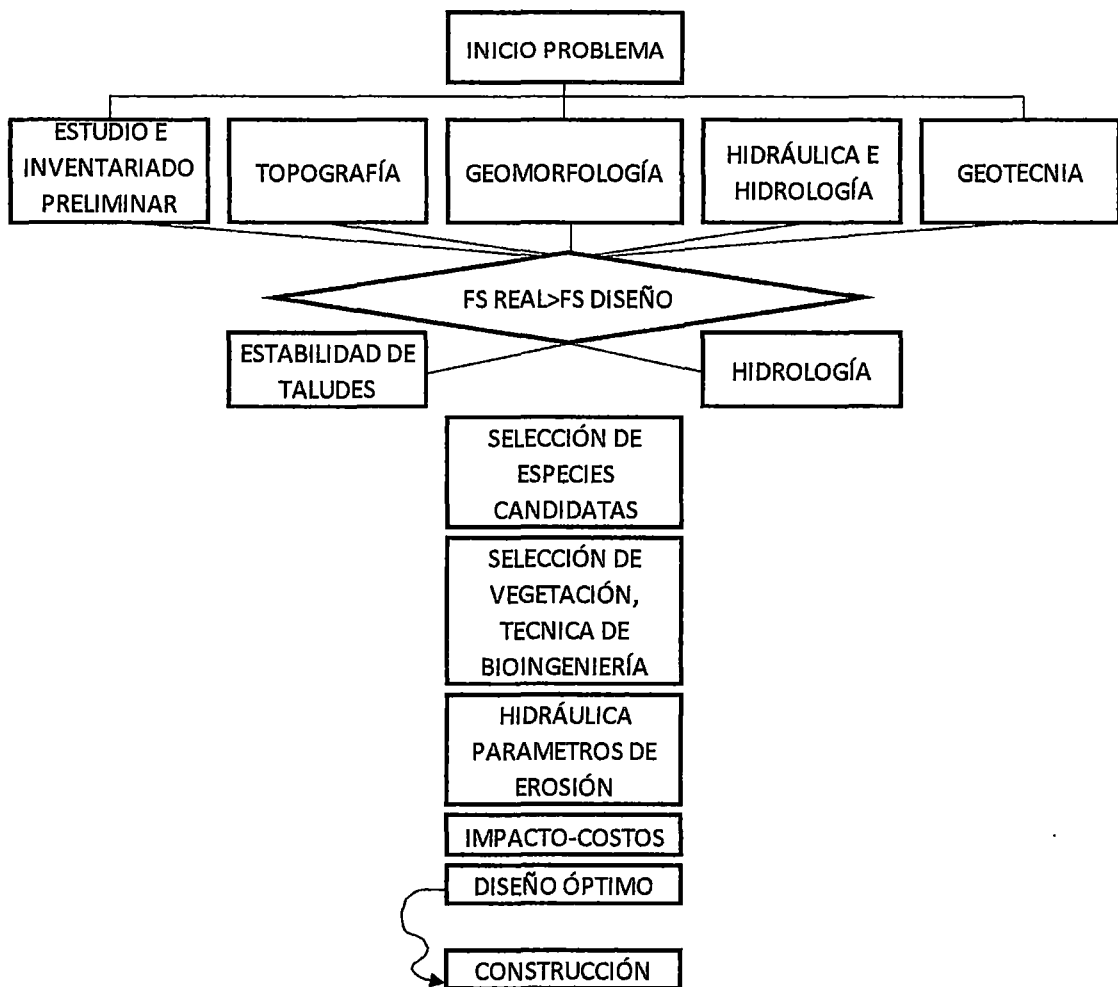


Figura 2.1. Esquema en diagrama de flujo de la metodología de investigación.

Fuente: Adaptado de: Uso de la bioingeniería de suelos en el control de la erosión hídrica en taludes (De la Cruz Fallaque, 2006)

Donde agregamos un factor de análisis preliminar de la situación problemática mediante un informe completo de campo que analiza de forma breve, como precisa y genera un inventario de todas las características observadas en campo que pudieran tener incidencia en el fenómeno erosivo estudiado, esto según la bibliografía referenciada, así que a partir de este esquema se detallan los instrumentos y las técnicas que se realizan en cada uno de estos pasos del marco metodológico, siendo que estos pueden dividirse en tres partes; estudios de diagnóstico y recolección de datos, estudio de estabilidad de talud y erosión y finalmente el planteamiento ingenieril; La construcción propiamente dicha no forma parte del alcance de la presente tesis.

### **2.1.1. Estudio e Inventariado Preliminar de Campo**

Se hace un estudio de campo en función a la información recopilada y hasta el momento conocidas para poder estar más conscientes del fenómeno a estudiar y conocer todos los posibles factores que generan la situación problemática en campo, según los siguientes pasos desarrollados por los autores:

- a) Delimitación del área problemática mostrando toda observación en campo mediante fotografías y recursos adicionales.
  - b) Delimitación de la microcuenca (en campo), para posterior cálculo de características hidrológicas en la que se encuentra el área problemática.
  - c) Elaboración de un plan para el estudio topográfico.
  - d) Elaboración de un plano de usos del suelo y otras prácticas de origen antrópico (preliminar), que incluya los usos y flujos de aguas, con ayuda de la población de la zona.
  - e) Caracterización visual y práctica de campo de los suelos y rocas.
  - f) Descripción preliminar tentativa del tipo de erosión, movimiento o inestabilidad observado en función de las características observadas en los pasos anteriores.
  - g) Los métodos de reconocimiento de rocas serán macroscópicos con el solo uso de la vista y las manos o herramientas manuales (Trozo de vidrio y losa blanca con punta).
-

Todos los otros métodos aquí empleados serán fotográficos, y de observación.

### **2.1.2. Topografía**

El método será el Levantamiento topográfico usando coordenadas UTM-WGS84 Datum, para iniciar se tomó como referencia de inicio las coordenadas de un GPS Garmin serie etrex, la cual se usó para cubrir distancias grandes y poco accesibles, con descripción completa de estructuras encontradas, cobertura vegetal, tipos de uso de suelo entre otros relevantes.

El equipo topográfico fue una estación total Leica-06 PLUS 5" con certificado de calibración y precisión incluidas en el anexo estudio topográfico.

Aquí se puede resaltar la gran utilidad que pudieron tener las imágenes IKONOS las cuales finalmente no se pudieron adquirir y solo se contó con imágenes Landsat(a partir del Google Earth) y más difícil aun acceder a los métodos de inspección desde el aire (sistemas de imágenes satelitales), tales como SLAR (Sidelooking Airborne Radar) y LIDAR (Ligth Detection And Radar) que son capaces de penetrar la densa vegetación y de descubrir la morfología por debajo de la superficie de la tierra, que suelen ser utilizados en obras de gran envergadura.

### **2.1.3. Geomorfología**

Aquí se realizó con la metodología de la documentación ya que existen diversos estudios realizados en principio por el INGENMET, los cuales nos brindan datos muy ricos de la geomorfología de esta área y de su columna estratigráfica como descripciones diversas con fotografías, en base a estas y a las fotografías y observaciones levantadas en campo se describirá la geomorfología de la zona.

---

#### 2.1.4. Hidrología e Hidráulica

Aquí también se realizara un estudio hidrológico en función a las microcuencas involucradas, todo ello en función a recopilación de datos existentes, en este caso se utilizaran datos de precipitación y evapotranspiración para hacer un balance hídrico de los estudios realizados para la construcción de la central hidroeléctrica de chaglla, para después aplicar el método de evapotranspiración potencial de (Hargreaves & Samani, 1985), y para el cálculo de caudales de salida en microcuencas utilizaremos los métodos racional y comparativamente el método del hidrograma unitario o método del número de curva SCS del Soil Conservation Service, siendo las precipitaciones utilizadas en este cálculo ajustadas a la distribución GUMBEL y LOG-GUMBEL las que más se asemejan al comportamiento de las precipitaciones según diversos periodos de retorno.

#### 2.1.5. Geotecnia

Análisis granulométrico por tamizado:	ASTM D422
Límites de consistencia:	ASTM D4318
Ensayo de corte directo:	ASTM D3080
Densidad Natural (Humedad y Densidad):	ASTMD1556
Ensayo de penetración dinámica ligera (DPL)	DIN 4094
Clasificación SUCS	
Densidad Natural, C, $\phi$ .	

Todo esto por capas, se realizaran las calicatas según el plan de muestreos determinado en campo el cual debe ser representativo por lo tanto hacer ensayos según las observaciones de campo, dados que el DPL es más adecuada para suelos blandos y nos permiten realizar mayor cantidad de puntos sin necesidad de excavación, se validarán más resultados con estos cubriendo mayores áreas. También pudo realizarse una prospección geofísica para complementar los resultados y tener más claridad sobre las capas encontradas en niveles inferiores a mayores profundidades.

---

### 2.1.6. Sedimentología

En este caso se utilizara el modelo lineal de cálculo de erosión como base, y dada la carencia de estudios específicos para nuestro país se utilizara la ecuación universal de pérdida de suelos modificada RUSLE, la misma que ha sido ampliamente utilizada en estudios anteriores en nuestro país y el extranjero, a continuación describimos los análisis necesarios para el estudio de erosión y estabilidad de taludes según se describe:

Se utilizara el método (USLE) Ecuación Universal de Perdida de suelos

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

A=Perdida de suelos (Toneladas/(Acre x Año))

R=Erosividad-Capacidad erosiva de las lluvias  
((PiesxToneladas x Pulg)/(Acre x Hora x Año))

K=Erodabilidad: Propensión del suelo a ser erosionado (Hora/(PiesxPulg))

L=Longitud de la pendiente respecto a una longitud estándar.

S=Inclinación de la pendiente respecto a una longitud estándar.

P=Practicas de conservación de suelo respecto a un suelo con labranza común.

Detalle:

FAO Radiación extraterrestre

Tabla/2.45 para transformar a mm/dia

Temperaturas promedio

Kc eficiencia de riego.

Precipitación media anual Correlación con similares de EE.UU. 2006 M.A. ubicar en los iso erodentes R=50, etc. fotos x ton x pulg/(acre x hora) x año

Índice de Erosionabilidad

% limo + arena muy fina (<0.1 mm)=41.1%

% Arena (0.1-0.2 mm)=6.6%

Estructura del suelo=2

Permeabilidad=4.

Estudio de fertilidad.

Contenido de materia orgánica.1.6%

Y nomograma de wischmeier y Smith 1978 para el cálculo de erodabilidad K

Factores topográficos L y S USLE W.H wischmeier, sea 1976

$$Ls = \left(\frac{\lambda}{72.6}\right)^m \times (65.41 \times \text{sen}^2(\theta) + 4.56\text{sen}(\theta) + 0.065) \quad \dots (2.2)$$

Longitud Horizontal de la Pendiente ( $\lambda = 8 \text{ m}$ )

Angulo de la pendiente ( $\theta = 34^\circ$ )

Factor dependiente de la gradiente  $m=0.72$

$$\beta = (\text{sen}(\theta)/0.0896)/(3 \times \text{sen}^{0.8}(\theta) + 0.56)$$

$$m = \frac{\beta}{\beta + 1} \quad \dots (2.3)$$

$Ls=12.07$

C=Factor de cobertura Vegetal: Suelo sin tratamiento  $C=0.027$

P=Factor de prácticas conservativas en suelo natural  $P=1$

Materiales Para el control de la erosión.

Fauna y flora de la formación

Leyenda de la carta geográfica boletín 43 geología de los cuadrángulos

### 2.1.7. Bioingeniería e Ingeniería Geotécnica

<p>Erosión superficial</p> <p>Separación y transporte de partículas individuales</p> <p>Erodabilidad</p> <p><math>K=F(D_{50}, C_u, \%ORG, \%W, e)</math></p> <p>Modelo Físico O De Predicción</p> <p><math>(A = R \times K \times L \times S \times C \times P)</math></p> <p>Universal Soil Loss Equation</p> <p>Rol de protección de la vegetación</p> <p>Intercepción.</p> <p>Represamiento.</p> <p>Infiltración.</p> <p>Vegetación más efectiva</p> <p>Herbáceas</p> <p>Grass y plantas densas con raíces densas y próximas a la superficie.</p>	<p>Movimiento en masa</p> <p>Movimientos de las masas de suelo</p> <p>resistencia al corte</p> <p><math>S = C + \sigma \times \tan(\varphi)</math>;</p> <p>Talud Infinito o Falla Circular</p> <p><math>FS = A \times \tan(\varphi') / \tan(\beta) + Bc' / Y \times H</math></p> <p>Rol de protección de la vegetación</p> <p>Refuerzo</p> <p>Extracción de la humedad.</p> <p>Curvatura</p> <p>Vegetación más efectiva</p> <p>Leñosos</p> <p>Arbustos y árboles fuertes de raíces profundas y de alto radio de alcance.</p>
--	--

➤  $K=F(D_{50}, C_u, \%ORG, \%W, e)$

INDICA QUE LA ERODIBILIDAD K DEPENDE O ES FUNCION DE:

D50 diámetro medio de sus partículas, Cu coeficiente de uniformidad, % materia orgánica, peso por unidad de volumen y e que es la relación de vacíos.



### **2.1.8. Análisis de Estabilidad de Taludes**

Se realizó el análisis necesario para verificar si se está dentro de los Factores de Seguridad recomendados para una situación sin y con intervención y se plantearon algunas premisas para el diseño final del proyecto; En esta parte del trabajo se tomó la decisión de utilizar como método de estabilización con “un muro de contención del tipo pantalla”, dado que la simple observación evidenciaba inestabilidad y la remoción del material que fallaría en caso de permanecer en condición de inestabilidad.

Se realizó el análisis de estabilidad de taludes para las secciones planteadas en el capítulo anterior por ser éstas representativas del tramo y tenerlas modeladas en el programa CYPE. Para ello se tomaron en cuenta las siguientes premisas:

1. El análisis pseudos-estático se realizó con las recomendaciones dadas por el Reglamento Nacional de Estructuras en la Norma E.050 en la que el Factor de Seguridad mínimo para taludes en condiciones sísmicas es de 1.25. Recomendaciones de códigos extranjeros para este caso sísmico dan valores de Factor de Seguridad que oscilan entre 1.2 y 1.5 (Yang H. Huang, ‘Stability Análisis of Earth Slopes’).
2. Así mismo usamos valores típicos de parámetros geotécnicos en suelos in situ (J. Suarez Diaz, ‘Deslizamientos y Estabilidad de Taludes En Zonas Tropicales’) y valores típicos de parámetros de resistencia para rocas (Hoek y Bray, 1981).

#### **2.1.8.1. Análisis mediante CYPE(software de construcción)**

Utilizaremos el programa CYPE, versión 2012. A continuación se detallan algunos de los aspectos de este software que son de especial interés para el presente estudio.

---

### 2.1.8.2. Introducción. Algunos aspectos de CYPE

Cuando se utilizan programas de ordenador para el cálculo de estructuras y aplicaciones geotécnicas es conveniente saber en qué procedimientos se basan para poder hacer un buen análisis de resultados.

Si recurrimos a la ayuda del programa correspondiente al módulo de muros pantalla de hormigón armado, obtenemos algunos detalles acerca del sistema de cálculo empleado.

El método usado es el de "Bishop Simplificado" que es muy utilizado en la práctica de la ingeniería porque proporciona valores del factor de seguridad por el método de equilibrio límite muy cercanos a aquellos que proporcionan los métodos más rigurosos que satisfacen completamente las condiciones de equilibrio de fuerzas y momentos. El método de Bishop considera un problema de deformación plana en donde la superficie de falla es circular, dividiendo la masa del suelo comprendida en la superficie de falla en una cantidad limitada de dóvelas verticales en las que los valores de cohesión, fricción y presión de poros permanecen constantes. En este método el factor de seguridad está definido como:

$$FS = \frac{\sum [c \cdot b + W_i - u_i \cdot b] \tan \Phi}{\sum W_i \text{Sen } \alpha} \cdot \frac{1}{m_\alpha} \quad \dots (2.4)$$

Donde :

FS = factor de seguridad

c = cohesión del suelo

$\phi$  = ángulo de fricción interna

b = ancho de la dovela

W<sub>i</sub> = peso total de la dovela

U<sub>i</sub> = presión de poros

$\alpha$  = ángulo de la base de la dovela con la horizontal

Esta ecuación no lineal se resuelve por iteraciones hasta alcanzar la convergencia en el cálculo del factor de seguridad estático.”

Según el manual de ayuda de CYPE Elementos de contención-Cálculo de empujes, la expresión que utiliza para el cálculo del coeficiente activo es;

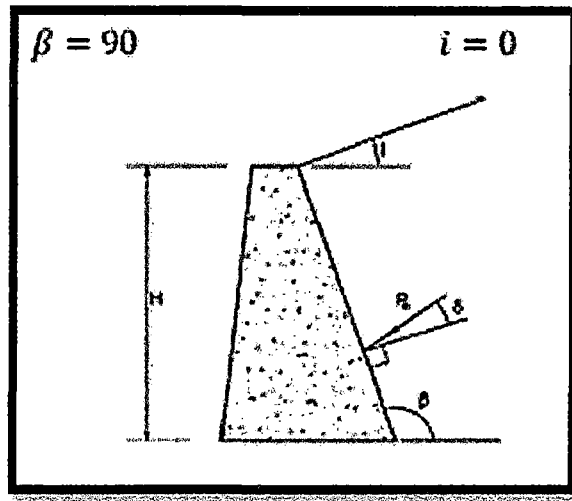
$$k_a = \frac{\text{sen}^2(\alpha + \varphi)}{\text{sen}^2\alpha \cdot \left[ 1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\delta + \varphi) \cdot \text{sen}(\varphi - \beta)}{\text{sen}(\alpha - \delta) \cdot \text{sen}(\alpha - \beta)}} \right]} \quad \dots(2.5)$$

Siendo  $\alpha$  la inclinación del trasdós del muro respecto a la horizontal ( $\alpha = 90$ ) y  $\beta$  la inclinación de la superficie del terreno en el lado activo ( $\beta = 0$ ) Además indica que esta expresión proviene de la teoría de Coulomb.

$$k_p = \left[ \frac{\text{cosec}\beta \cdot \text{sen}(\beta + \varphi')}{\sqrt{\text{sen}(\beta - \delta)} - \sqrt{\frac{\text{sen}(\varphi' + \delta) \cdot \text{sen}(\varphi' + i)}{\cos(\beta - i)}}} \right]^2 \quad \dots(2.6)$$

$$k_a = \left[ \frac{\text{cosec}\beta \cdot \text{sen}(\beta - \varphi')}{\sqrt{\text{sen}(\beta + \delta)} + \sqrt{\frac{\text{sen}(\varphi' + \delta) \cdot \text{sen}(\varphi' - i)}{\cos(\beta - i)}}} \right]^2 \quad \dots(2.7)$$

Siendo  $\beta$  la inclinación del trasdós del muro e  $i$  la inclinación de la superficie del terreno, que tienen los siguientes valores;



*Figura 3.40 Parámetros de inclinación en las expresiones de Coulomb*  
Fuente: Elaboración propia.

Hay que tener en cuenta que la ventana de CYPE proporciona el valor del coeficiente de empuje ya proyectado, es decir, multiplicado por  $\cos(\delta)$ .

---

### **3. CAPÍTULO III**

#### **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

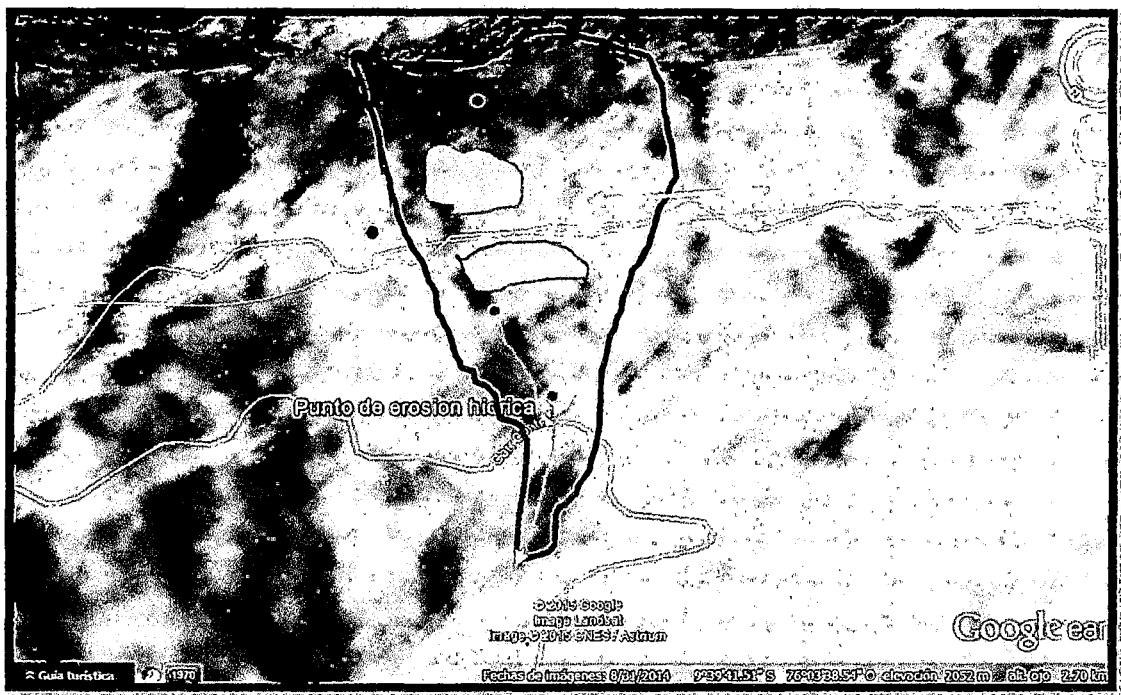
---

### 3.1. EVALUACIÓN PRELIMINAR DE CAMPO PARA CARACTERIZACIÓN DEL MOVIMIENTO.

Se hizo mediante la metodología propia elaborada, la cual toma en cuenta la bibliografía muy diversa acerca de la caracterización, cuyos componentes, resultados y conclusiones se presentan de manera resumida aquí.

PARA EL KILOMETRO 63+500:

#### 3.1.1. Delimitación del área problemática mostrando toda observación en campo mediante fotografías y recursos adicionales.



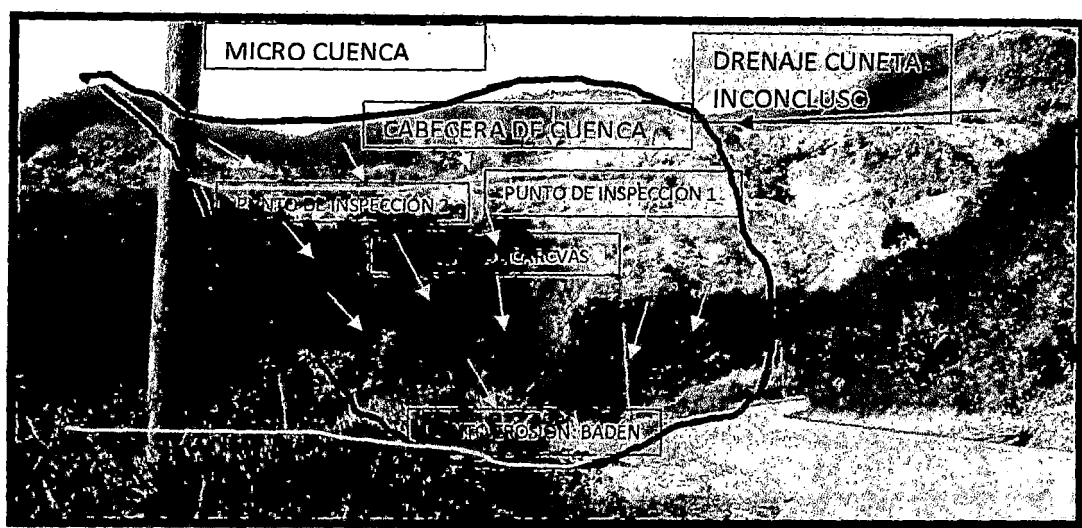
**Figura 3.1. Área problemática indicando usos de suelos y presencia del agua en la microcuenca.**

Fuente: Elaboración propia con el soporte de imágenes Landsat de Google Earth.

En estas zonas verdes de aprovechamiento agrícola se siembra zapallo, granadilla y aguaymanto principalmente, además de productos como el maíz.

Los puntos rellenos indican afloramientos superficiales de agua permanentes.

Los puntos sin relleno indican afloramientos superficiales de intermitentes.  
 Las líneas continuas representan flujos superficiales de agua permanentes.  
 Las líneas punteadas representan flujos superficiales de agua intermitentes.

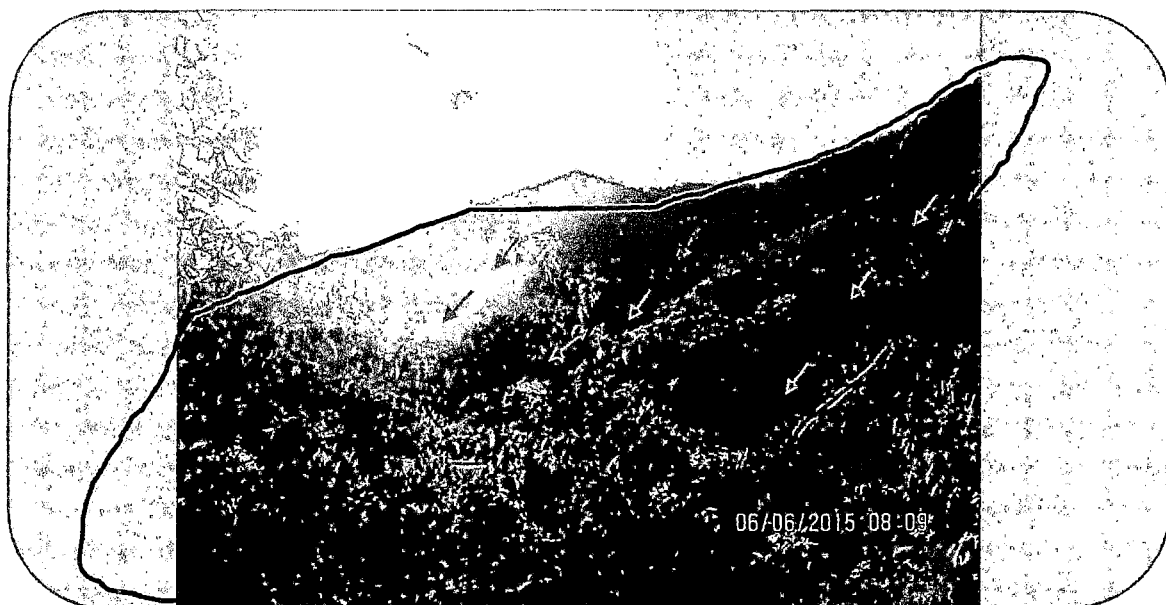


**Figura 3.2. Área problemática indicando aspectos relevantes y el flujo de agua y suelos.**  
 Fuente: Elaboración propia.



**Figura 3.3. Área de hundimientos (Nótese que se muestra justo por donde la microcuenca debiera tener un drenaje natural, el cual no existe).**

Fuente: Elaboración propia.

**VISTAS DE LA MICROCUENCA ARRIBA DEL KM. 60 + 500****Figura 3.4a.****Figura 3.4b.**

**Figura 3.4. Área superior de la microcuenca que se observa casi circular, y un material pedregoso a la derecha sobre el cual no existe densa vegetación arbórea como en el ala izquierda de la microcuenca.**

Fuente: Elaboración propia.





**Figura 3.5. Vista cercana del material pedregoso donde solo se aprecia vegetación herbácea, el cual se desliza claramente sobre otra también pedregosa pero con base esquistosa estable.**

Fuente: Elaboración propia.

No hay mayores rasgos de hundimientos mayores resientes sobre la carretera km 60 +500, se aprecia que la microcuenca tiene bordes rocosos y en la parte central encontramos material sedimentario y es justamente la superficie de falla la que parece evidenciar una separación y/o desplazamiento lento de la capa sedimentaria sobre la rocosa.

Esta vista corresponde al coluvión que es alargado en la parte superior del Km 60+500, en cuyo tramo contiene mayor cantidad de finos pero que aun así sigue teniendo gran cantidad de gravas angulosas de tamaño variado.



**Figura 3.6a**



**Figura 3.6b**



**Figura 3.6c**

**Figura 3.6. Cabecera de cuenca para verificar potencial hídrico, no se encontraron infraestructuras ni actividades generadoras de caudal más que las lluvias y pequeñas áreas regadas (de todas maneras cuando se hizo una evaluación exhaustiva de nivel freático se encontró presencia de un afloramiento el cual se pierde rápidamente en el mismo lugar)**

Fuente: Elaboración propia.

---

**EN PUNTO DE INSPECCIÓN 1 (CHACRAS BAJO EL KILÓMETRO 60+500)****Figura 3.7a****Figura 3.7b**

**Figura 3.7. Vistas en el punto de inspección 1. En el mismo lugar existen chacras (3.7a), En la vista hacia abajo se aprecia el incremento de pendiente muy peligroso (3.7b)**

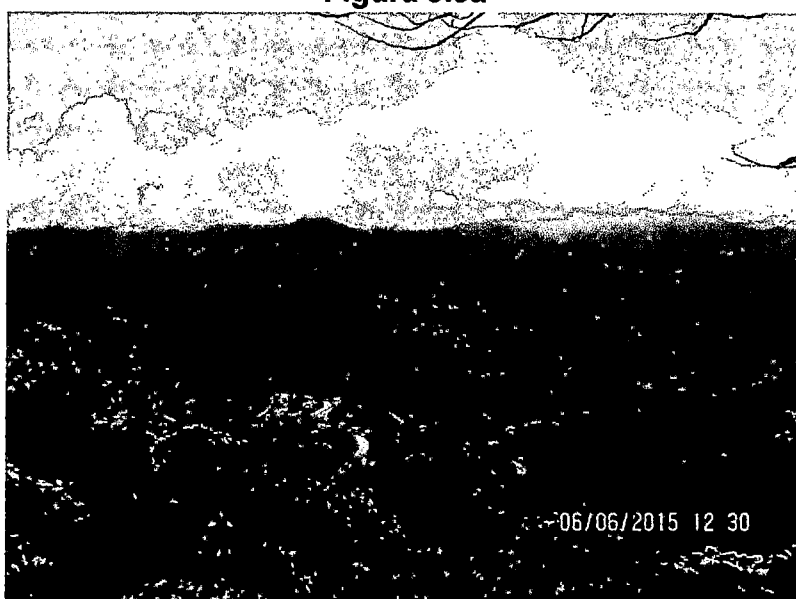
Fuente: Elaboración propia.

---

PUNTO DE INSPECCIÓN 2, Desde el kilómetro 60+500 bajamos a parte superior del talud, encontramos sembríos frutales pequeños aun.



**Figura 3.8a**



**Figura 3.8b**

**Figura 3.8. Vistas en el punto de inspección 1. En el mismo lugar existen sembríos frutales (3.8a), En la vista hacia abajo se aprecia el incremento de pendiente muy peligroso (3.8b)**

Fuente: Elaboración propia.

---



**Figura 3.9a**



**Figura 3.9b**

**Figura 3.9. Vistas en el punto de flujo concentrado (Badén km. 63+500).**

**Parte superior del badén (3.9a), Parte inferior del Badén (3.9b)**

Fuente: Elaboración propia.

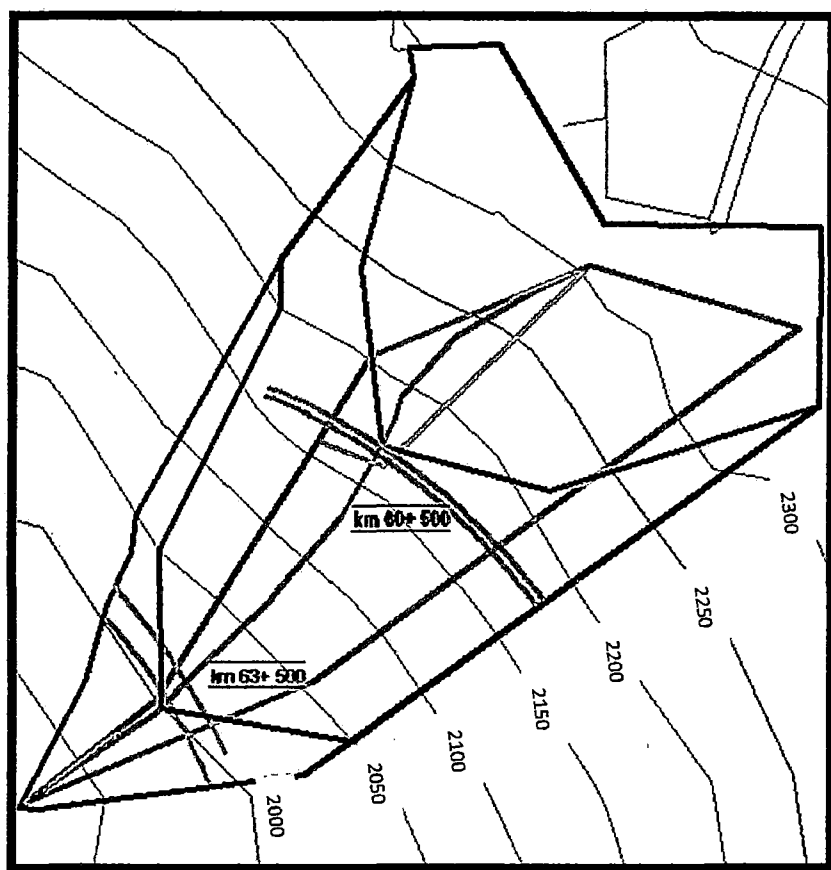
Se observa a simple vista que la parte inferior (arriba y abajo del señalado punto de erosión hídrica km. 63+500, claramente identificado hasta antes de la tierra de cultivo) es un depósito o coluvión de matriz grava limosa con rocas pequeñas a medianas, angulosas y semi angulosas principalmente de esquistos, también presenta algunas rocas grandes y muy grandes.

---

### 3.1.2. Delimitación de la microcuenca y cálculo de características hidrológicas en la que se encuentra el área problemática.

La delimitación de la microcuenca ante las inexactitudes que mostraba la carta nacional dada la extensión muy pequeña de nuestra área de trabajo fue realizado por medio de un levantamiento topográfico corrigiendo las curvas del programa google earth mediante puntos tomados en campo.

La cual se muestra a continuación con los parámetros hidrológicos básicos calculados y la posterior identificación de áreas también se incluye en este dibujo.



**Figura 3.10. Esquema de las microcuencas de influencia, indicando las posiciones de la carretera flujo de agua, área en desplazamiento en rojo y un área pequeña dentro de la misma en naranja con características de mayor contenido de finos y de naturaleza menos heterogénea.**

Fuente: Elaboración propia.

Aquí se muestran los parámetros geomorfológicos de la cuenca

### PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS DE LA CUENCA MÁS GRANDE #01

PARAMETROS GEOMORFOLÓGICOS									
MICROC.	ÁREA	PERÍMETRO	LONGITUD CAUCE	COTA MÍNIMA	COTA MÁXIMA	PENDIENTE	COTA MEDIA	ÍNDICE DE COMPACTIDAD	FACTOR DE FORMA
	A(km <sup>2</sup> )	P(km)	L(km)	L(msnm.)	L(msnm.)	S(m/m)	L(msnm.)		
1	0.39	2.79	0.892	1915	2302	0.434	2109	1.26	0.49

### PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS DE LA CUENCA MEDIANA #02

PARAMETROS GEOMORFOLÓGICOS									
MICROC.	ÁREA	PERÍMETRO	LONGITUD CAUCE	COTA MÍNIMA	COTA MÁXIMA	PENDIENTE	COTA MEDIA	ÍNDICE DE COMPACTIDAD	FACTOR DE FORMA
	A(km <sup>2</sup> )	P(km)	L(km)	L(msnm.)	L(msnm.)	S(m/m)	L(msnm.)		
2	0.34	2.471	0.696	2000	2302	0.434	2151	1.2	0.7

### PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS DE LA CUENCA CHICA #03

PARAMETROS GEOMORFOLÓGICOS									
MICROC.	ÁREA	PERÍMETRO	LONGITUD CAUCE	COTA MÍNIMA	COTA MÁXIMA	PENDIENTE	COTA MEDIA	ÍNDICE DE COMPACTIDAD	FACTOR DE FORMA
	A(km <sup>2</sup> )	P(km)	L(km)	L(msnm.)	L(msnm.)	S(m/m)	L(msnm.)		
3	0.167	1.724	0.315	2170	2302	0.419	2236	1.21	1.68

**Figura 3.11. Parámetros Geomorfológicos de las cuencas involucradas. Grande (3.11a), Mediana (3.11b), Chica (3.11c); éstas tendrán influencia en la cuantificación de caudales de drenaje.**

Fuente: Elaboración propia.

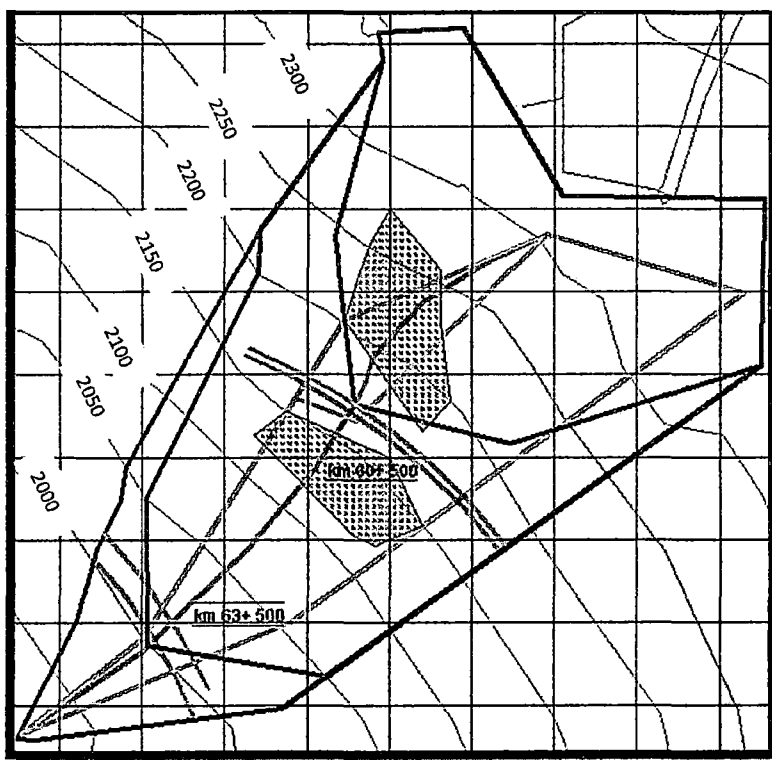
### 3.1.3. Elaboración de un plan para estudio topográfico.

El estudio topográfico del área nos llevó a determinar los niveles superficiales en coordenadas UTM-WGS84, de la principal área comprometida e inestable, donde se registran fenómenos de flujo de material sedimentario.

Además mediante GPS se logró levantar una gran área para corregir la superficie generada por el programa Google Earth, la cual aun así mostró ser más precisa que las curvas encontradas en la carta nacional, la cual no registraba detalles suficientes para la escala en la cual se trabajó, cuencas de menos de 1 km<sup>2</sup>.

### 3.1.4. Elaboración de un plano de usos del suelo y otras prácticas de origen antrópico, que incluya los usos y flujos de aguas, con ayuda de la población de la zona.

El plano al cual se llegó a través de levantamiento de información y es el siguiente:

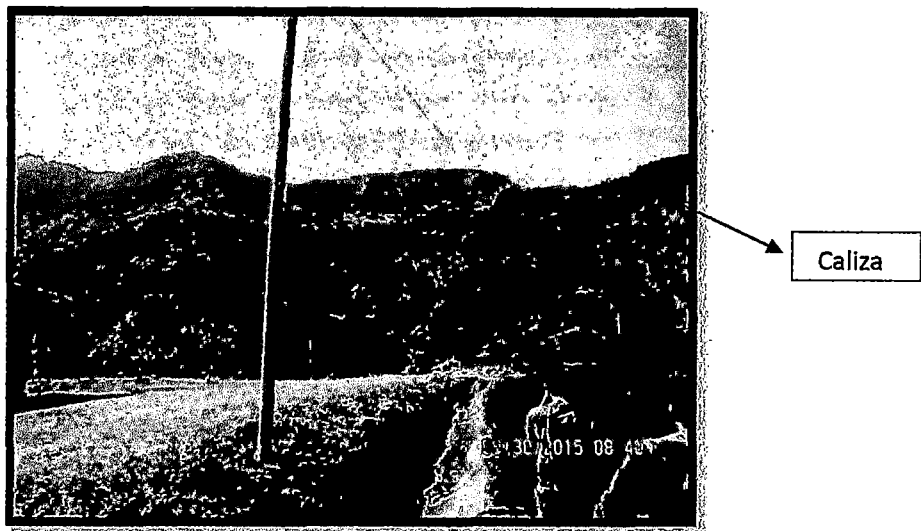


**Figura 3.12. Plano de usos de suelo e influencia antrópica.**  
Fuente: Elaboración propia.



### 3.1.5. Caracterización visual y práctica de campo de los suelos y rocas.

Los suelos y rocas encontradas en campo para esta parte de la carretera a simple vista evidenciaban una formación cuya roca madre estaba compuesta por esquistos además de mostrar evidencias de contenido calcáreo tanto por el contenido de cuarzo del material residual (debido a la meteorización del esquisto y liberación del cuarzo atrapado), como por la caliza sobresaliendo sobre algunas rocas en muy pequeña cantidad.



**Figura 3.13. Vista amplia del área comprometida.**  
Fuente: Elaboración propia.

A simple vista parece evidente el origen coluvial del material en continuo proceso de erosión y deslizamiento, dada la típica conformación de las pendientes y la forma de olla originado por el desplazamiento del material de las partes superiores.

Al hacer un acercamiento al mismo lugar podemos observar a más detalle.



**Figura 3.14. Vista material coluvial, zona de escorrentía intermitente.**

Fuente: Elaboración propia.

Vemos la naturaleza heterogénea del depósito con clastos de tamaños muy variados fruto del arrastre donde las mismas, las cuales presentan buena angulosidad y la gran mayoría de ellos son esquistos moderadamente micáceos, y varían de fácil a moderada facilidad de fragmentación.



**Figura 3.15a.**



**Figura 3.15b.**

**Figura 3.15. Vista material coluvial, Parte superior al badén.**  
Fuente: Elaboración propia.

Evidencia ser un material coluvial clasto soportado desde la vista que nos ofrece el badén del km. 63+500, tanto hacia arriba como hacia abajo del mismo, según los deslizamientos se vivieron suscitando estos arrastraron segmentos de roca esquisto meteorizadas y generando a la vez gran cantidad de segmentos más pequeños; La angulosidad nos indica que el material no vino de largas distancias, sino de partes superiores próximas.

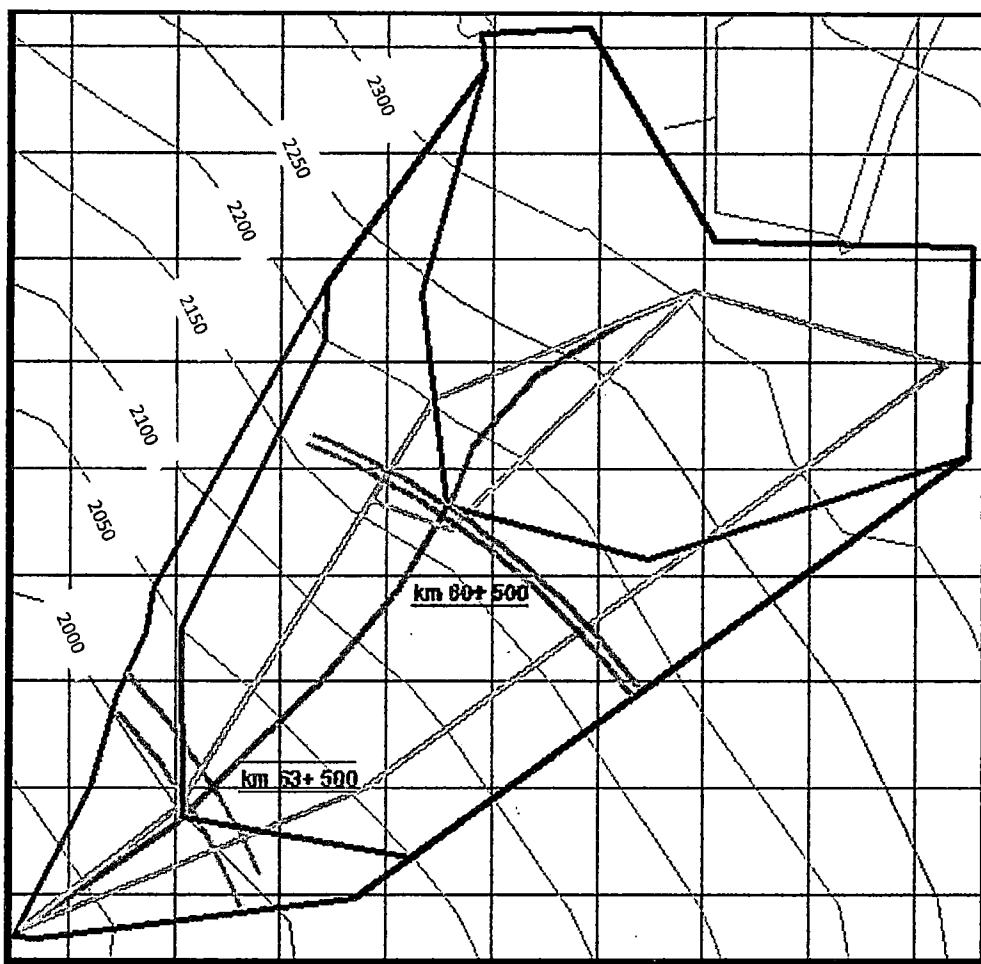
---



**Figura 3.16. Vista Km. 60+500 en la zona de hundimientos.**  
Fuente: Elaboración propia.

En el km. 60 +500 se sigue observando el patrón de depósito coluvial, con la diferencia de no encontrarse gran cantidad de clastos de tamaños grandes (solo pequeños) y un incremento en la cantidad de finos, el ala izquierda de esta foto con mayor incidencia de finos que el ala derecha.

### 3.1.6. Descripción preliminar tentativa del tipo de movimiento observado en función de las características observadas en los pasos anteriores.



**Figura 3.17. Caracterización del movimiento.**

Fuente: Elaboración propia.

Entonces tal y como se analizó inicialmente al verificar las características de los suelos y rocas en campo, se trata de un depósito coluvial el cual en la parte inferior es clastosoportado y en la parte superior debe ser analizado mediante estudios de suelo debidos, ya que el material clástico sobre yace a un depósito de limos y areniscas con gravas, hacemos referencia a los estudios como el mapa geológico de la zona 20K correspondiente a el área estudiada.

### 3.2. TOPOGRAFÍA.

Se digitaliza el terreno tanto el área de las cuencas, como las curvas de nivel en las zonas inestables y de deslizamiento, las curvas de nivel a detalle no pueden apreciarse en una hoja A4, así es que estos se anexan al final de la tesis.

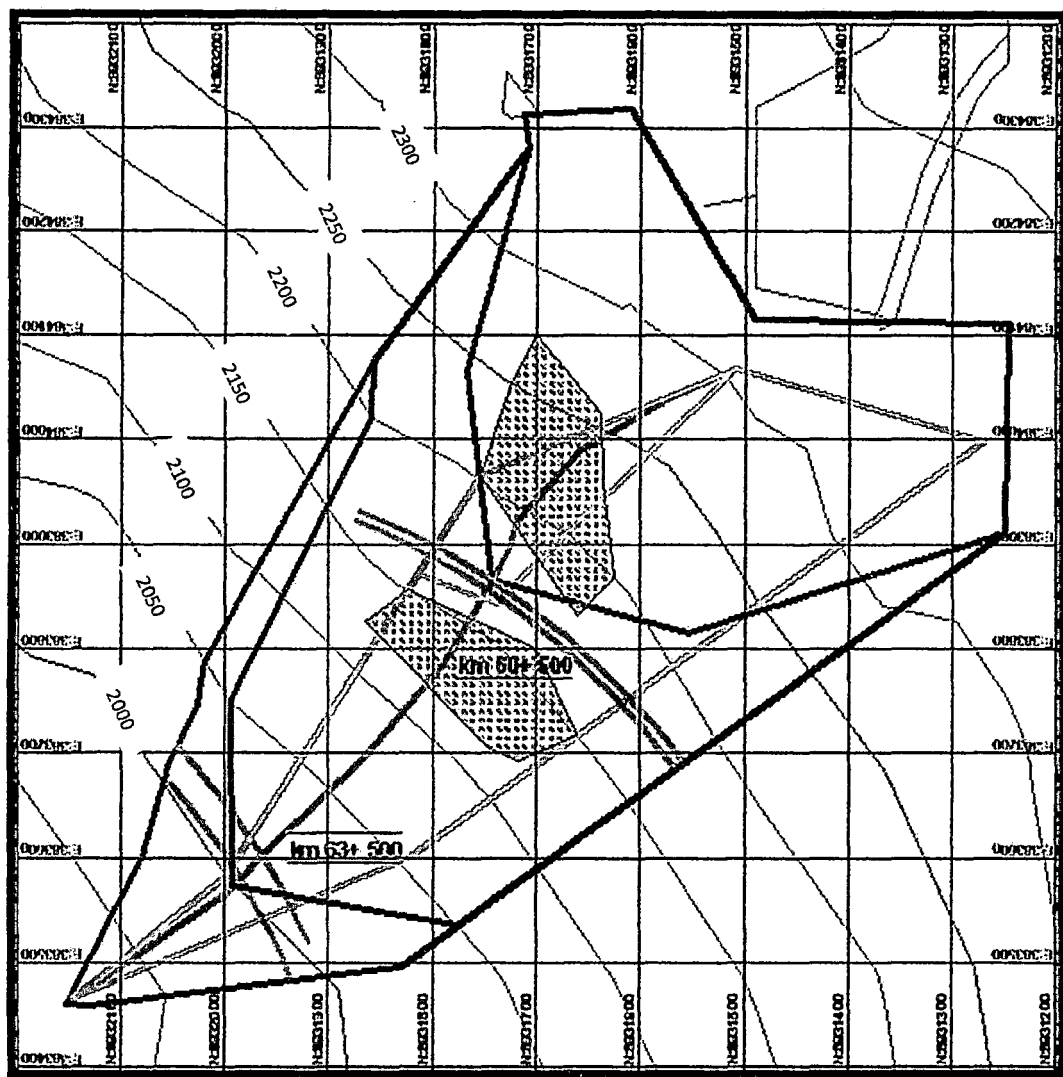


Figura 3.18. Topografía.  
Fuente: Elaboración propia.

### **3.3. GEOMORFOLOGÍA**

#### **3.3.1. Estudio Geomorfológico General De La Zona (De Referencia)**

##### **Región Natural.-**

La región natural sobre la que se encuentra nuestra área de trabajo es la Yunga (1000-2300 msnm)

##### **Clima.-**

Presenta clima de selva tropical dado que presenta permanentemente humedad; La cantidad de precipitación media anual es de 2348 mm, muy por encima de los 720 mm mínimos para ser considerados clima de selva tropical; además de temperaturas medias mensuales superiores a los 18°, pero en general puede decirse que el clima es templado pues su altitud oscila entre los 2000 a 2300 msnm y su temperatura media tiende a no ser muy alta.

##### **Precipitación Pluvial.-**

Las precipitaciones pluviales que se dan en esta área se dan de la siguiente manera:

De mayo a agosto se presenta una reducción de las precipitaciones pluviales.

De diciembre a marzo las lluvias son abundantes, originando el crecimiento de los cauces y una permanente humedad.

##### **Hidrografía.-**

Esta zona pertenece a la cuenca del río Huallaga y a la sub cuenca del río Chinchao.

---

## **Unidades geomorfológicas**

### **Estribaciones de la Cordillera Oriental**

Las estribaciones se localizan en el extremo NE del área del cuadrángulo de Huanuco 20K, comprendiendo una parte del curso del río chinchao. La altura en esta unidad gradada aproximadamente de los 2,200 a 1,200 msnm.

Esta unidad geográficamente correspondería a la Selva alta, donde existe una gran cobertura vegetal, a excepción del curso de los ríos donde en cierta forma ha sido modificado eventualmente por la acción del hombre.

El drenaje principal en esta unidad está controlado por el río chinchao, mostrando una fuerte pendiente por encontrarse cerca de sus nacientes, originando un valle en una etapa de desarrollo juvenil. Su red hidrográfica es detrítica y sus tributarios son de recorrido corto, con una pendiente fuerte.

Litológicamente, esta unidad geomorfológica está comprendida de rocas neoproterozoicas, así como en las unidades de los grupos Mitu y Pucara los que se encuentran formando cornisas elevadas.

La erosión en esta zona es intensa, siendo el agente activo la acción de los ríos acompañado de un socavamiento fluvial.



**Figura 3.19. Valle encañonado en V, en ambos lados se puede apreciar rocas del Grupo Pucara como además en vistas amplias rocas metamórficas del Complejo Marañón.**

Fuente: Elaboración propia.



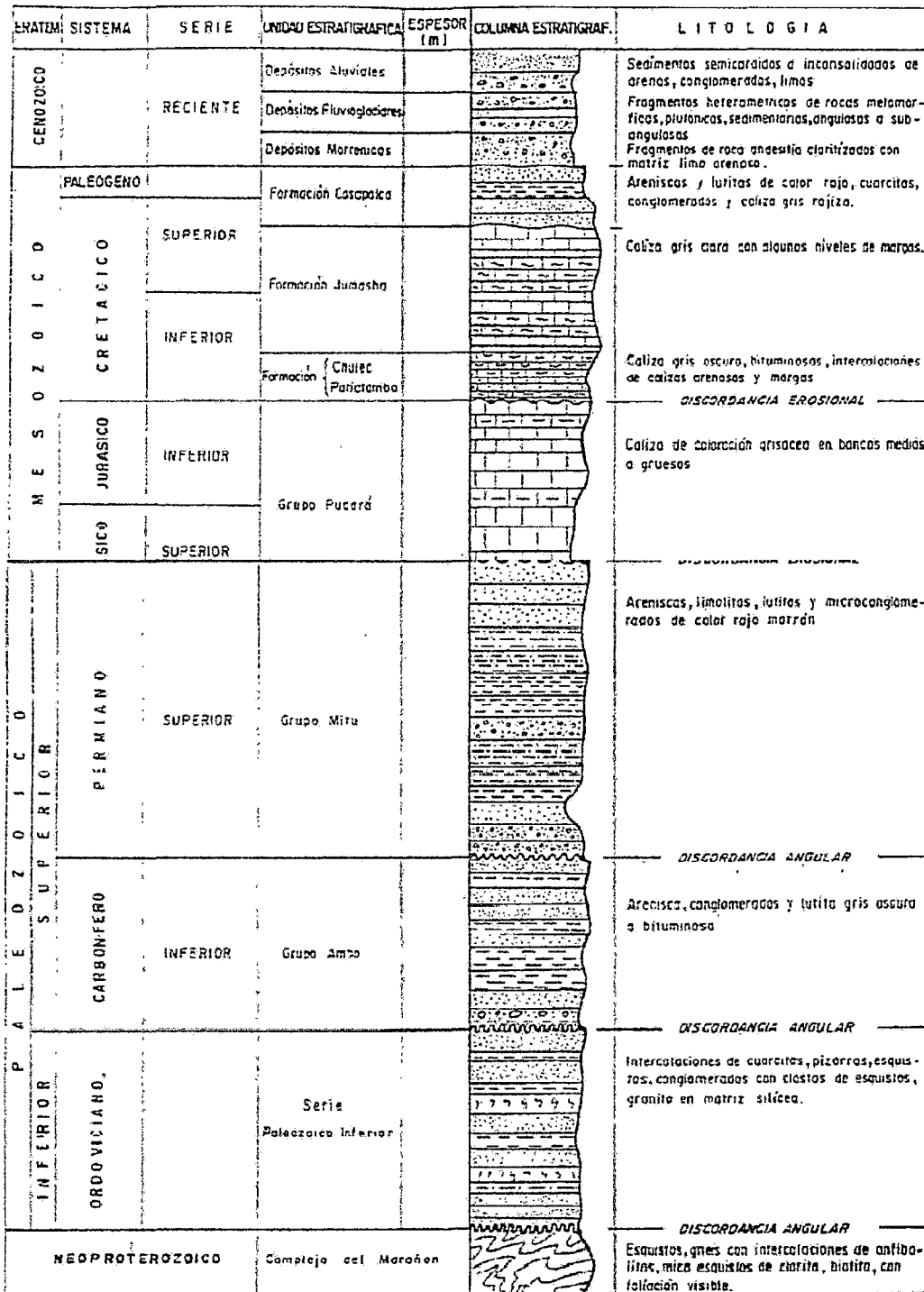


Figura 3.20. Columna estratigráfica del cuadrángulo de Huánuco 20K.

Fuente: INGENMET.

Entonces se concluye de acuerdo a los estudios geológicos anteriores que los afloramientos relacionados a la zona de estudio pertenecen a los grupos Mitu y Pucara y formaciones sedimentarias recientes todos ellos sobre la base del Neoproterozoico del complejo metamórfico del Marañón el cual nos muestra esquistos en la zona estudiada.

Tanto los esquistos como los afloramientos de los Grupos Mitu y Pucara son muy susceptibles a la erosión hídrica siendo considerada esta zona en etapa de desarrollo juvenil, a lo largo de los años esto ha podido comprobarse por los constantes derrumbes, arrastre de sedimentos y flujo de detritos, así como los continuas interrupciones de tránsito debido a las mismas, todos los años sobre todo en la carretera Huánuco-Tingo María.



**Figura 3.21. Esquistos pizarrosos, filíticos y esquistos propiamente dichos.**

Fuente: Elaboración propia.

En la zona podemos encontrar fácilmente gran cantidad de esquistos, del tipo pizarrosos, filíticos o los esquistos propiamente dichos de superficie rugosa y de dimensiones irregulares, la matriz encontrada en esta zona es residual de

---

color rojizo, posiblemente de la intemperización y/o arrastre de limolitas, y areniscas encontradas también en la zona.



**Figura 3.22. Limolitas (Del Grupo Mitu) con esquistos con alto contenido de cuarzo, embebidos de manera irregular (Km 60+500).**

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 3.23. Continuidad del coluvión clasto soportado inclusive haciéndose más rocosa cada vez (parte superior del Badén).**

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 3.24. Continuidad del coluvión clasto soportado (parte inferior del Badén).**

Fuente: Elaboración propia.

---

### **3.4. HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA**

#### **3.4.1. Análisis de Tormentas**

Este procedimiento consiste en adoptar un modelo probabilístico, que represente en forma satisfactoria el comportamiento de la variable. Las distribuciones teóricas comúnmente utilizadas en Hidrología, para el caso de eventos extremos es la Distribución Gumbel.

Para emplear ese modelo probabilístico, se deben calcular sus parámetros y realizar la prueba de bondad de ajuste, tal como el método gráfico. Si el ajuste es bueno, se puede concluir que la distribución rige a las variables aleatorias. En la zona de estudio no existe información hidrométrica, evaluándose la información de la precipitación máxima en 24 horas (P24).

Los registros disponibles son de la estación Carpish (1995-2009) que fueron tomados del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Central Hidroeléctrica Chaglla, datos que a su vez fueron registrados por el SENAMHI.

---

<b>ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA DE CARPISH</b>	
<b>AÑO</b>	<b>PM24</b>
1995	81
1996	52.7
1997	64
1998	57.2
1999	55.9
2000	56.2
2001	60.6
2002	81
2003	60.1
2004	48.9
2005	55
2006	54.2
2007	54.2
2008	77.3
2009	88.4

**Figura 3.25. Precipitación máxima en 24 horas, estación de Carpish.**  
Fuente: Elaboración propia.

Este tipo de análisis es el más influyente e importante en los desplazamientos de coluviones dado que estos reaccionan más sensiblemente a las lluvias intensas; aunque también se ven potenciadas por las precipitaciones continuas de baja intensidad, pero los desplazamientos más considerables de detritos ocurren durante las lluvias de gran intensidad.

Ordenamos los datos de mayor a menor registro:

ESTACION CLIMATOLOGICA DE CARPISH		
ORDEN	AÑO	PM24
1	2004	88.4
2	1996	81
3	2007	81
4	2006	77.3
5	2005	64
6	1999	60.6
7	2000	60.1
8	1998	57.2
9	2003	56.2
10	2001	55.9
11	1997	55
12	2008	54.2
13	1995	54.2
14	2002	52.7
15	2009	48.9

**Figura 3.26. Datos ordenados estación de Carpish.**  
Fuente: Elaboración propia.

Luego aplicamos seis diferentes distribuciones para conocer el comportamiento de las precipitaciones estimadas para diversos periodos de retorno.

RESUMEN DEL AJUSTE DE DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD A LAS PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 HRS. REGISTRADAS EN LA ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA DE CARPISH.											
AÑO	m.	P(obs)	Tr=(N+1)/m	PM24MAX (mm)	DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD						
					DP (GUM)	DP (NOR)	DP (LNOR)	DP (LGUM)	DP (PEAR)	DP (LPEAR)	
2004	1.	0.938	16	88.4	90.3	88.4	90.4	93.0	84.9	83.2	
1996	2.	0.875	8	81.0	81.4	81.0	81.0	81.5	76.8	76.4	
2007	3.	0.813	5	81.0	76.0	81.0	81.0	75.2	72.1	72.5	
2006	4.	0.750	4	77.3	72.0	77.3	76.7	70.9	68.7	69.7	
2005	5.	0.688	3	64.0	68.8	64.0	62.9	67.6	66.2	67.5	
1999	6.	0.625	3	60.6	66.1	60.6	59.8	64.9	64.0	65.7	
2000	7.	0.563	2	60.1	63.6	60.1	59.3	62.5	62.2	64.3	
1998	8.	0.500	2	57.2	61.3	57.2	56.8	60.4	60.7	63.0	
2003	9.	0.438	2	56.2	59.2	56.2	56.0	58.5	59.3	61.8	
2001	10.	0.375	2	55.9	57.1	55.9	55.8	56.8	58.1	60.8	
1997	11.	0.313	1	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	57.0	59.9	
2008	12.	0.250	1	54.2	52.9	54.2	54.4	53.3	56.0	59.0	
1995	13.	0.188	1	54.2	50.6	54.2	54.4	51.5	55.0	58.2	
2002	14.	0.125	1	52.7	47.9	52.7	53.2	49.5	54.2	57.5	
2009	15.	0.063	1	48.9	44.4	48.9	50.2	47.0	53.4	56.8	

Figura 3.27. Ajustes a diferentes distribuciones de probabilidad.

Fuente: Elaboración propia.

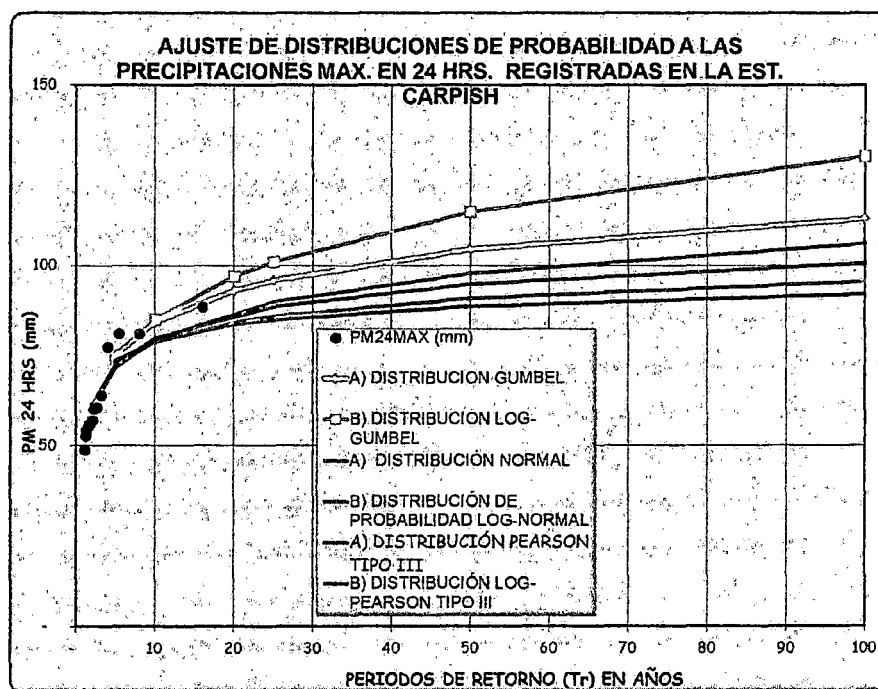


Figura 3.28. Gráficos de los ajustes a diferentes distribuciones de probabilidad.

Fuente: Elaboración propia.



Los ajustes de precipitaciones nos muestran que la distribución GUMBEL es una de las más conservadoras, se tiene establecido además que es una de las que más se asemejan al comportamiento de las precipitaciones.

Resultando las más conservadoras las distribuciones GUMBEL y LOG-GUMBEL

A) DISTRIBUCION GUMBEL			
FUNCION MATEMATICA			
$X = X_m + ((Y - Y_n) / T_n) S$			
DONDE:			
X VALOR BUSCADO			
X <sub>m</sub> , S MEDIA Y DESVIACION DE LA SERIE			
Y <sub>n</sub> , T <sub>n</sub> CONSTANTES TEORICAS, SEGÚN n (CUADRO 3.6)			
n NUMERO TOTAL DE DATOS CONSIDERADOS:			
	Y:15	T:15	
	0.5128	1.0206	
Y VARIABLE REDUCIDA, FUNCION DE LA PROBABILIDAD			
$X = X_m + ((Y - Y_n) / T_n) S$			
Tr	$p(X \leq x) = 1 - (1/Tr)$	Y	X
1000	0.9990	6.907	141.1
500	0.9980	6.214	132.6
200	0.9950	5.296	121.4
100	0.9900	4.600	112.9
50	0.9800	3.902	104.4
25	0.9599	3.196	95.8
20	0.9500	2.970	93.1
10	0.9000	2.250	84.3
5	0.8000	1.500	75.1
2	0.5000	0.367	61.3

Figura 3.29. Vista de resultados de distribución GUMBEL diferentes periodos de retorno.

Fuente: Elaboración propia.

B) DISTRIBUCION LOG-GUMBEL:					
FUNCION MATEMATICA					
$W = W_m + ((Y - Y_n) / T_n) S_w$					
EL PROCEDIMIENTO ES SIMILAR A LA DE GUMBEL, CONSIDERANDO COMO SERIE A LOS LOGARITMOS DE LOS DATOS ORIGINALES. ESTO ES $W_i = \text{LOG } X$					
$T_r$	$p(X \leq x) = 1 - (1/T_r)$	$Y$	$W$	$X = \text{ANTILOG}(W)$	
1000	0.9990	6.907	2.30	198.0	
500	0.9980	6.214	2.24	174.6	
200	0.9950	5.296	2.17	147.8	
100	0.9900	4.600	2.11	130.3	
50	0.9800	3.902	2.06	114.8	
25	0.9600	3.199	2.0	100.9934108	
20	0.9500	2.970	1.99	96.9	
10	0.9000	2.250	1.93	85.1	
5	0.8000	1.500	1.87	74.2	

**Figura 3.29. Vista de resultados de distribución LOG-GUMBEL diferentes periodos de retorno.**

Fuente: Elaboración propia.

Arrojando un máximo de 130.3 mm para un periodo de retorno de 100 años y 101, para un periodo de retorno de 25 años.

Entonces según los datos obtenidos procedemos verificar que la estación de Carpish se encuentra a escasa distancia unos 2, 300 metros aproximadamente, se tomará como base directamente.

<b>P<sub>MAX24H</sub> (mm) y ALTITUD (msnm)</b>						
<b>ESTACIÓN</b>	<b>ALTITUD msnm</b>	<b>PERIODO DE RETORNO (AÑOS)</b>				
		<b>10</b>	<b>25</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>500</b>
<b>CARPISH</b>	<b>1950</b>	<b>85.10</b>	<b>101.00</b>	<b>114.80</b>	<b>130.30</b>	<b>174.60</b>

**NOTA:** Se elige a la estación CARPISH como estación de influencia para el proyecto en el parametro de Precipitación Máxima en 24 Horas. Se hace constar que la estación meteorológica de Carpish se encuentra a escasa distancia de la zona estudiada.

<b>P<sub>MAX24H</sub> (mm) en el Área del Proyecto para diferentes periodos de retorno</b>						
<b>ESTACIÓN</b>	<b>ALTITUD</b>	<b>PERIODO DE RETORNO (AÑOS)</b>				
		<b>10</b>	<b>25</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>500</b>
<b>PROYECTO</b>	<b>1983.00</b>	<b>85.10</b>	<b>101.00</b>	<b>114.80</b>	<b>130.30</b>	<b>174.60</b>

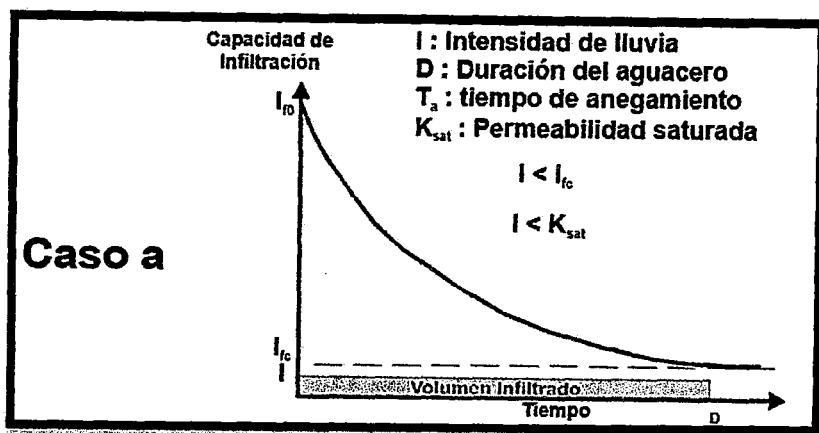
**Figura 3.30. Datos a utilizar para el proyecto.**

Fuente: Elaboración propia.

Para el análisis de escorrentía, anegamiento y escorrentía superficial utilizaremos el método de abstracción de precipitaciones del Soil Conservation Service (1972) sus siglas son (SCS)

Previamente haremos una descripción del comportamiento de las tormentas en los suelos para lo cual presentamos tres casos.

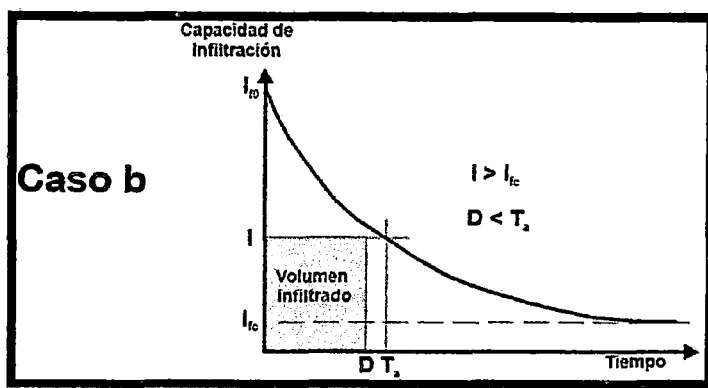
En el caso a) se ha supuesto que la intensidad de precipitación es constante e inferior al valor de la permeabilidad del terreno saturado ( $I < K_{sat}$ ), o lo que es idéntico, se ha supuesto que dicha intensidad de lluvia es inferior a la capacidad mínima de infiltración ( $I < I_{fc}$ ). En este caso, e independientemente de la duración del aguacero, toda el agua caída se infiltra y no se produce Escorrentía Directa o Superficial.



**Figura 3.31. Caso a.**  
Fuente: Elaboración propia.

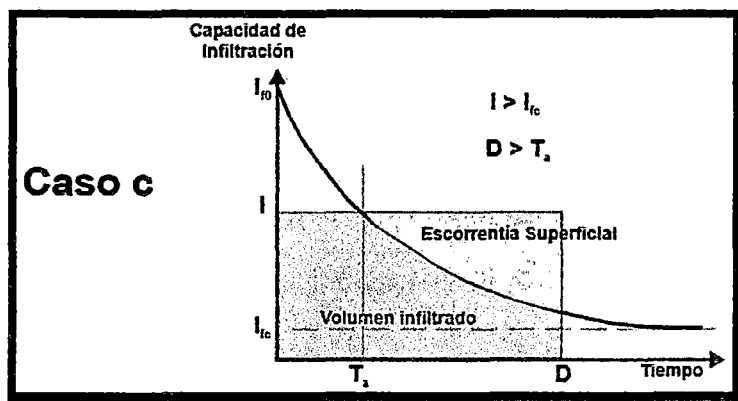
En el caso b) se ha supuesto que la intensidad de lluvia es constante y superior a la permeabilidad del suelo en condiciones saturadas ( $I > K_{sat}$ ) o lo que es igual que la intensidad de lluvia es superior a la capacidad mínima de infiltración ( $I > I_{fc}$ ). En este caso también se ha supuesto que la duración del aguacero es inferior al tiempo de anegamiento ( $t_{aneg}$ ) o tiempo mínimo de duración del aguacero para que se produzca escorrentía ( $D < t_{aneg}$ ). El tiempo de anegamiento será aquel para el cual se cumple que la intensidad de lluvia es igual a la capacidad de infiltración ( $I = I_{fc}$ ); es decir el punto de corte de la recta de intensidad constante con la curva de capacidad de infiltración. Para tiempos superiores a ese valor la intensidad de lluvia es mayor que la capacidad de infiltración del terreno.

En este caso tampoco se produce Escorrentía Directa ya que aunque la intensidad de lluvia es superior a la tasa de infiltración, la precipitación no se ha producido durante el suficiente tiempo para que se llegue a anegar el terreno. Se producen almacenamientos superficiales de agua que no rebosan y que alimentan al subsuelo filtrándose. Todo el agua caída se infiltra (superficie de color).



**Figura 3.32. Caso b.**  
Fuente: Elaboración propia.

En el caso c) se ha supuesto que la intensidad de lluvia es constante y superior a la capacidad mínima de infiltración ( $I > I_{fc}$ ) y que la duración del aguacero es superior al tiempo de encharcamiento o anegamiento del terreno ( $D > T_s$ ). En este caso el terreno se encharca ya que no es capaz de filtrar toda el agua que le llega e incluso rebosan las oquedades del terreno generando la Escorrentía Superficial. En este caso el volumen de escorrentía se calcula a partir de la superficie comprendida entre la curva de capacidad de infiltración y la recta horizontal que representa a la intensidad de lluvia entre el tiempo de anegamiento y el tiempo de duración del aguacero. El volumen infiltrado será la superficie existente por debajo de la curva de capacidad de infiltración y el eje de abscisas entre dichos tiempos



**Figura 3.33. Caso c.**  
Fuente: Elaboración propia.

Ahora calculamos los parámetros hidrológicos y geomorfológicos de nuestra microcuenca más grande.

MICROCUECA	PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS								
	ÁREA A km <sup>2</sup>	PERÍMETRO P km	LONGITUD CAUCE L km	COTA MÍNIMA msnm	COTA MÁXIMA msnm	PENDIENTE s m/m	COTA MEDIA msnm	ÍNDICE DE COMPACIDAD AD	FACTO R DE FORMA
1	0.388	2.790	0.892	1915.0	2302.0	0.434	2108.5	1.26	0.49

MICROCUECA	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (hr)					T.LAG min	PRECIPITACIÓN MÁXIMA (mm)				
	KIRPICH	HATHAWAY	BRANSBY WILLIAMS	US. CORP. ING.	MEDIA GEOME TRICA		PERIODO DE RETORNO				
							10	25	50	100	500
1	0.08	0.33	0.28	0.32	0.22	7.80	85.10	101.00	114.80	130.30	174.60

TLAG = TIEMPO DE RETARDO.

- Fórmula de Kirpich:

$$T_c = 0.06628 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

- Fórmula del US Corps of Engineers (Temez):

$$T_c = 0.3 \frac{L^{0.76}}{S^{0.19}}$$

- Fórmula de Bransby - Williams:

$$T_c = 0.2433 \frac{L}{A^{0.1} S^{0.2}}$$

- Fórmula de Hathaway

$$T_c = 36.60 \frac{(L.n)^{0.467}}{S^{0.234}}$$

Donde:

T<sub>c</sub> = Tiempo de concentración en horas.

L = Longitud del cauce en Km.

S = Pendiente en m/m.

A = Área Km<sup>2</sup>.

Figura 3.34. Presentación de los resultados de los cálculos hidrológicos y geomorfológicos de la microcuenca grande.

Fuente: Elaboración propia.

Ahora aplicamos el método SCS:

MÉTODO DEL HIDROGRAMA UNITARIO																
MICROCUCIENCIA	ÁREA A KM <sup>2</sup>	TIEMPO DE RETRAS O T <sub>r</sub>	TIEMPO PICO T <sub>p</sub> (hr)	TIEMPO BASE T <sub>b</sub> (hr)	CAUDAL UNITARIO O q <sub>p</sub> (m <sup>3</sup> /s/m)	NÚMERO DE CURVA N (°)	ALTURA DE LLUVIA (mm) TR					CAUDAL MÁXIMO (m <sup>3</sup> /s) TR				
							10	25	50	100	500	10	25	50	100	500
1	0.388	0.12	0.34	0.91	0.24	55.0	85.10	101.00	114.80	130.30	174.60	1.810	3.170	4.580	6.370	12.460

Con lo cual podemos establecer un diseño de rápidas drenantes, disipadoras de energía que liberen el área de caudales excesivos y a la vez podemos revestir la parte inferior del badén mediante un empedrado.

Ahora calculamos los parámetros hidrológicos y geomorfológicos de nuestra microcuenca mediana.

PARÁMETROS GEOMORFOLOGICOS									
MICROCUCIENCIA	ÁREA A	PERÍMETRO P	LONGITUD CAUCE L	COTA MÍNIMA	COTA MÁXIMA	PENDIENTE	COTA MEDIA	INDICE DE COMPACI DAD	FACTOR DE FORMA
	km <sup>2</sup>	km	km	msnm	msnm	s m/m	msnm		
2	0.339	2.471	0.696	2000.0	2302.0	0.434	2151.0	1.20	0.70

MICROCUCNCA	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (hr)					T LAG min	PRECIPITACIÓN MÁXIMA (mm) PERIODO DE RETORNO				
	KIRPICH	HATHAWAY	BRANSBY WILLIAMS	US CORP ING.	MEDIA GEOME TRICA		10	25	50	100	500
	2	0.07	0.29	0.22	0.27		0.19	6.60	85.10	101.00	114.80

TLAG = TIEMPO DE RETARDO:

- Fórmula de Kirpich:**

$$T_c = 0.06628 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$
- Fórmula del US Corps of Engineers (Temez):**

$$T_c = 0.3 \frac{L^{0.76}}{S^{0.19}}$$
- Fórmula de Bransby - Williams:**

$$T_c = 0.2433 \frac{L}{A^{0.1} S^{0.2}}$$
- Fórmula de Hathaway:**

$$T_c = 36.60 \frac{(L.n)^{0.467}}{S^{0.234}}$$

Donde:  
 Tc = Tiempo de concentración en horas.  
 L = Longitud del cauce en Km.  
 S = Pendiente en m/m.  
 A = Área Km<sup>2</sup>.

Figura 3.35. Presentación de los resultados de los cálculos hidrológicos y geomorfológicos de la microcuenca mediana.

Fuente: Elaboración propia.

MICROCUCNCA	ÁREA A KM2	TIEMPO DE RETRAS O Tr	TIEMPO PICO Tp (hr)	TIEMPO BASE Tb (hr)	CAUDAL UNITARI O qp (m3/s/m)	NÚMERO DE CURVA N (*)	ALTURA DE LLUVIA (mm) TR					CAUDAL MÁXIMO (m3/s) TR				
							10	25	50	100	500	10	25	50	100	500
							2	0.339	0.10	0.29	0.77	0.24	55.0	85.10	101.00	114.80

Con lo cual podemos establecer un diseño de rápidas drenantes, disipadoras de energía que liberen el área de caudales excesivos en la parte superior del badén.

Ahora calculamos los parámetros hidrológicos y geomorfológicos de nuestra microcuenca chica.



MICROCUCIENCA	PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS								
	ÁREA A	PERÍMETRO P	LONGITU D CAUCE L	COTA MÍNIMA	COTA MÁXIMA	PENDIENTE S	COTA MEDIA	INDICE DE COMPAC IDAD	FACTOR DE FORMA
	km <sup>2</sup>	km	km	msnm	msnm	m/m	msnm		
3	0.167	1.754	0.315	2170.0	2302.0	0.419	2236.0	1.21	1.68

MICROCUCIENCA	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (hr)					T LAG min	PRECIPITACIÓN MÁXIMA (mm)				
	KIRPICH	HATHAWAY	BRANSBY WILLIAMS	US CORP ING	MEDIA GEOM ETRIC A		PERIODO DE RETORNO				
							10	25	50	100	500
3	0.04	0.20	0.11	0.15	0.11	3.60	85.10	101.00	114.80	130.30	174.60

TLAG = TIEMPO DE RETARDO

• **Fórmula de Kirpich:**

$$T_c = 0.06628 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

• **Fórmula del US Corps of Engineers (Temez):**

$$T_c = 0.3 \frac{L^{0.76}}{S^{0.19}}$$

• **Fórmula de Bransby - Williams:**

$$T_c = 0.2433 \frac{L}{A^{0.1} S^{0.2}}$$

• **Fórmula de Hathaway:**

$$T_c = 36.60 \frac{(L.n)^{0.467}}{S^{0.234}}$$

Donde:

T<sub>c</sub> = Tiempo de concentración en horas

L = Longitud del cauce en Km

S = Pendiente en m/m

A = Área Km<sup>2</sup>

Figura 3.36. Presentación de los resultados de los cálculos hidrológicos y geomorfológicos de la microcuenca chica.

Fuente: Elaboración propia.

MÉTODO DEL HIDROGRAMA UNITARIO																
MICROCUENCA	ÁREA A KM <sup>2</sup>	TIEMP O DE RETRA SO Tr	TIEMP O PICO Tp (hr)	TIEMP O BASE Tb (hr)	CAUDA L UNITA RIO qp	NÚME RO DE CURVA N(°)	ALTURA DE LLUVIA (mm)					CAUDAL MÁXIMO (m <sup>3</sup> /s)				
							TR					TR				
							10	25	50	100	500	10	25	50	100	500
3	0.167	0.06	0.17	0.45	0.21	55.0	85.10	101.00	114.80	130.30	174.60	1.580	2.780	4.010	5.580	10.900

Con lo cual podemos establecer un diseño de una alcantarilla y zanjas de infiltración que eviten la infiltración excesiva en una zona inestable y sean conducidos adecuadamente mediante un diseño de drenaje y disipación de energía adecuados.

### 3.5. GEOTECNIA

Se presentan los resultados para cada una de las calicatas en el informe anexo de geotecnia.

Aquí se presentan solo los resultados de los ensayos que serán utilizados directamente en los cálculos y la explicación del porque se asumirán estos en los cálculos de la estabilidad de taludes y erosión.

Para el cálculo de la estabilidad de taludes la cohesión se hace poco significativa dado que se determinó que es un suelo coluvial clastosoportado con un ángulo de fricción de 37° para el km 63+500 y 30° para el km 72+800, mientras que la cohesión en ambos casos se desprecia dados sus valores mínimos, por la predominancia de los clastos en la parte de taludes inestable.

#### 3.5.1. Introducción de datos al CYPE

Este programa tiene la peculiaridad de contar con una opción específica para introducir muros pantallas sujetas mediante zapata o solo trabados. En efecto, como se muestra en la *figura 3.37*, si en la descripción de la fase de construcción activamos la casilla de *terreno*, nos aparece una nueva ventana en la que podemos definir la geometría del talud. En concreto el programa requiere la introducción de características del muro y propiedades del terreno.

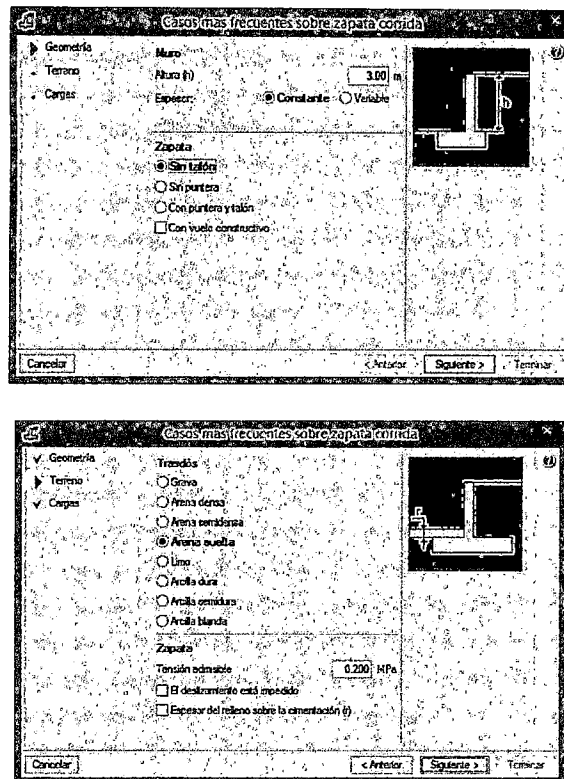


Figura 3.37 Ventana de CYPE para definición de berma

Como es bien sabido, CYPE es un programa muy orientado al cálculo de estructuras basándose en normativa, de hecho tiene implementadas todas las comprobaciones pertinentes. En apartados anteriores comentábamos que el RNE emplea distintos rozamientos muro-terreno para el trasdós y el intradós (ver figura 3.38)



Figura 3.38 Ventana de CYPE para datos generales del muro y el terreno

Según la ayuda del programa el porcentaje de rozamiento terreno-trasdós o intradós representa:

“Ángulo de inclinación del empuje efectivo del terreno sobre el trasdós del muro, medido respecto a la normal del paramento. Está expresado como una porcentaje del ángulo de rozamiento interno del relleno (...) El programa admite un valor de este porcentaje para el trasdós y otro para el intradós, de forma que para un mismo estrato puede tener diferentes ángulos de rozamiento terreno-muro en cada lado del muro.”

Finalmente, antes de pasar al siguiente apartado, expondremos el caso que se van a introducir en CYPE. En primer lugar, sólo se analizaran una configuración geométrica, lo cual es suficiente ya que en todo el tramo las propiedades del suelos se asemejan. Por otra parte, se ha decidido incluir la siguiente geometrías para cada casos:

Altura: 4.30 m
Espesor superior: 30.0 cm
Espesor inferior: 60.0 cm

**Tabla 3.1 . Situaciones del muro a introducir en CYPE para la Carcava N°01**

Altura: 3.30 m
Espesor superior: 25.0 cm
Espesor inferior: 50.0 cm

**Tabla 3.2 . Situaciones del muro a introducir en CYPE para la Carcava N°02**

Con puntera y talón
Canto: 60 cm
Vuelos intradós / trasdós: 150.0 / 100.0 cm
Canto del tacón: 50 cm
Ancho del tacón: 50 cm
Distancia al eje del muro: -100 cm
Hormigón de limpieza: 10 cm

**Tabla 3.3 . Situaciones de la zapata corrida a introducir en CYPE  
Carcava N°01**

Con puntera y talón
Canto: 50 cm
Vuelos intradós / trasdós: 120.0 / 100.0 cm
Canto del tacón: 50 cm
Ancho del tacón: 50 cm
Distancia al eje del muro: -100 cm
Hormigón de limpieza: 10 cm

**Tabla 3.4 . Situaciones de la zapata corrida a introducir en CYPE  
Carcava N°02**

De esta manera pasamos al apartado 3.5 para hacer una revisión de valores de parámetros resistentes del terreno a introducir en el programa y justificación de su obtención.

---

### 3.5.2. Modelización

Las propiedades que hay que especificar para caracterizar al terreno se resumen en la siguiente tabla.

Propiedad	Unidades
Densidad aparente (d)	kN/m <sup>3</sup>
Densidad sumergida (ds)	kN/m <sup>3</sup>
Angulo de Rozamiento Interno (f)	[°]
Cohesión (c)	kN/m <sup>2</sup>

Tabla 3.5 Listado de propiedades del terreno en CYPE

Por otra parte, siguiendo las propiedades de los suelos ya definidos, se introducirá un valor de rozamiento de 37° para la cárcava N°01 y 30° para la cárcava N°02 según tabla 3.6 y tabla 3.7.

Suelo	Peso unitario (kN/m <sup>3</sup> )	Peso unitario seco (kN/m <sup>3</sup> )	Ángulo de fricción $\phi^\circ$	Cohesión c' (kPa)	Permeabilidad K(m/s)
Granito descompuesto	16 - 21	14 - 19	35° - 44°	5 - 15	$10^{-5} - 10^{-7}$
Materiales volcánicos descompuestos	16 - 21	14 - 19	32° - 38°	5 - 10	$10^{-5} - 10^{-7}$
Coluviones (matríz)	15 - 21	13 - 19	26° - 40°	0 - 10	$10^{-4} - 10^{-7}$

Suelos arenoarcillosos	16 - 21	14 - 19	30° - 40°	5 - 15	$10^{-4} - 10^{-7}$
Suelos arcillosos	15 - 18	13 - 16	20° - 28°	5 - 10	$10^{-6} - 10^{-9}$

Tabla 3.6 Valores típicos de parámetros geotécnicos en suelos in situ (J. Suarez Díaz, Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales)

Tipos de Roca	Peso unitario seco (kN/m <sup>3</sup> )	Cohesión (MPa)	Angulo de fricción $\phi^\circ$
Rocas ígneas duras: granito basalto	25-30	35-55	35-45
Rocas metamórfica: cuarcita, neiss, pizarras	25-28	20-40	30-40
Rocas sedimentarias duras: caliza, dolomita, arenisca	23-28	10-30	34-45
Rocas sedimentarias blanda: arenisca, lutitas, limonitas	17-23	1-20	25-35

Tabla 3.7. Valores típicos de parámetros de resistencia para rocas (Hoek y Bray, 1981)

En efecto, en la siguiente captura se muestra la ventana de CYPE con las propiedades del estrato. (Ver figura 3.39). Este procedimiento se realiza para cada muestra de suelo.

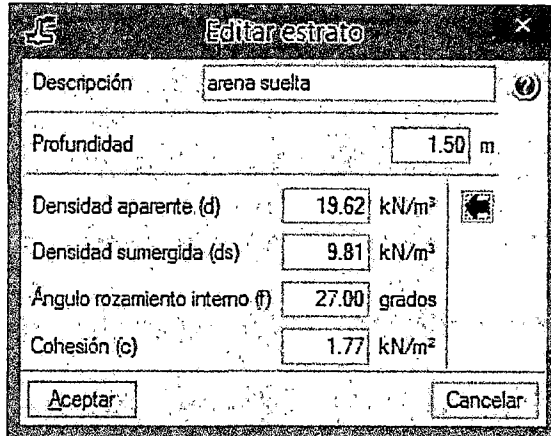


Figura 3.39 Ventana de CYPE Coeficientes del suelo

### 3.5.3. Análisis de resultados

Se han procesado datos, para las situaciones de la *tabla 3.1* y la *tabla 3.2*, la ley de empujes resultantes y los desplazamientos y momentos flectores máximos. Sin embargo, CYPE no proporciona las leyes de empujes activos y pasivos a continuación se muestran los casos para los suelo de  $\phi = 37^\circ$  y  $\phi = 30^\circ$ . Puede apreciarse los resultados de CYPE.



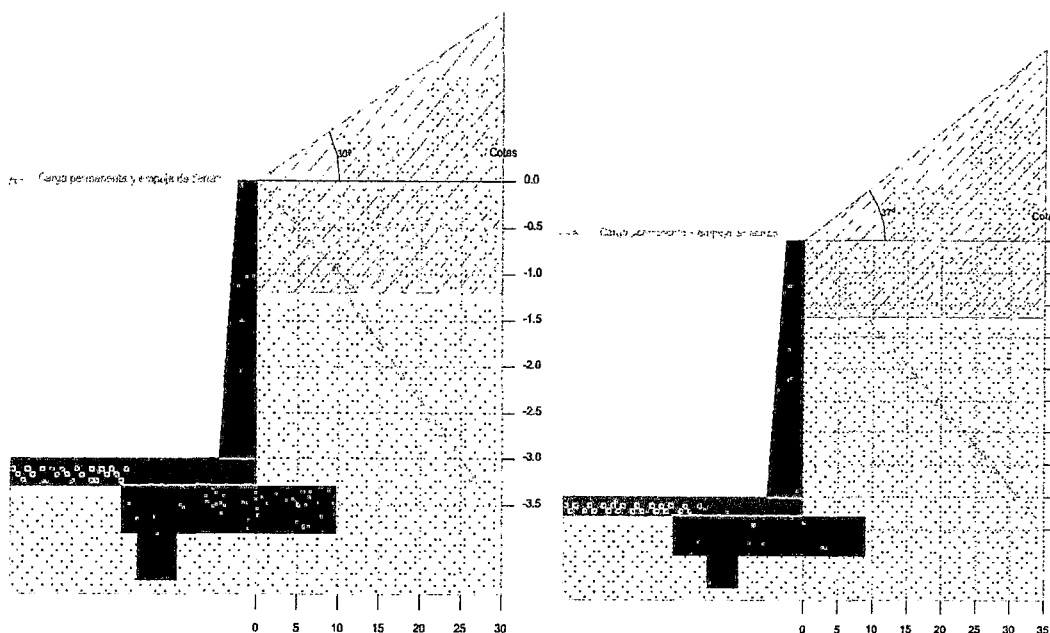


Figura 3.41 Ley de empujes

Fuente: Elaboración propia.

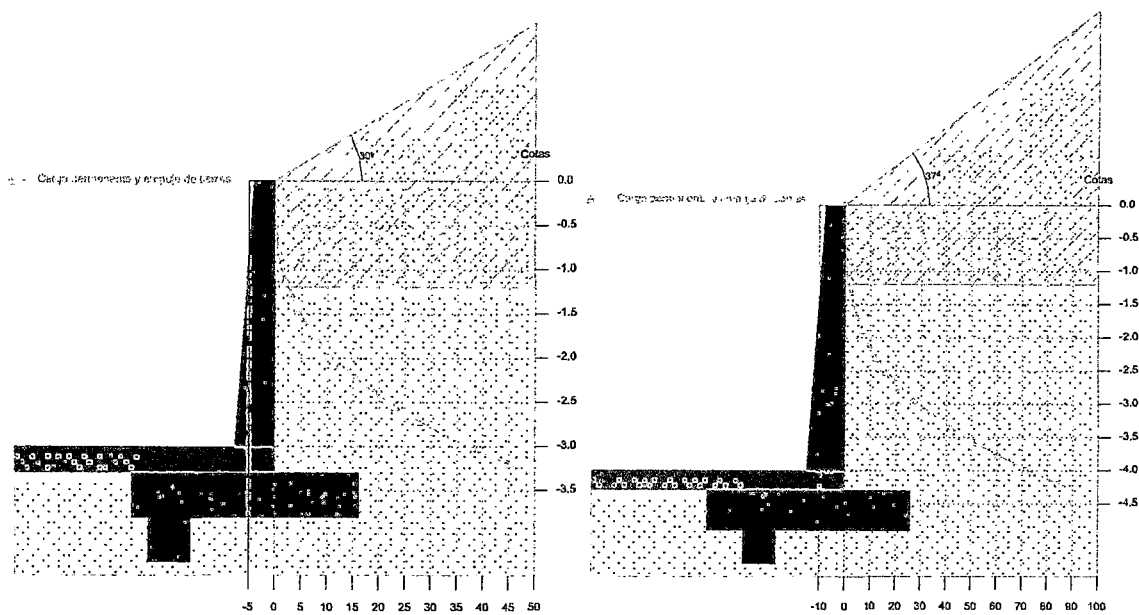


Figura 3.42 Ley de Momento flector

Fuente: Elaboración propia.

Las cortantes, fuerzas axiales y momentos flectores máximos se encuentra recogida en la *tabla 3.8.* Y 3.9.

Cota (m)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-0.42	3.41	0.59	0.03	2.85	0.00
-0.85	7.57	2.45	0.46	5.82	0.00
-1.28	12.42	5.66	1.83	9.66	0.00
-1.71	18.01	10.55	4.77	13.09	0.00
-2.14	24.31	16.92	9.93	16.52	0.00
-2.57	31.34	24.76	17.92	19.95	0.00
-3.00	39.08	34.07	29.36	23.38	0.00
-3.43	47.53	44.86	44.86	26.81	0.00
-3.86	56.71	57.12	65.03	30.23	0.00
-4.29	66.60	70.86	90.48	33.66	0.00
Máximo	66.84	71.20	91.14	33.78	0.00
s	Cota: -4.30 m	Cota: -4.30 m	Cota: -4.30 m	Cota: -4.30 m	Cota: 0.00 m
Mínimos	0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00
	Cota: 0.00 m	Cota: 0.00 m	Cota: -0.18 m	Cota: 0.00 m	Cota: 0.00 m

*tabla 3.8.. Resultados de cortantes, fuerzas axiales y momentos flectores a diferentes alturas de la Cárcava N°01.*

Cota (m)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-0.32	2.18	0.51	0.02	3.23	0.00
-0.65	4.90	2.13	0.33	6.61	0.00
-0.98	8.11	4.87	1.26	9.99	0.00
-1.31	11.77	8.54	3.18	11.59	0.00
-1.64	15.85	12.80	6.30	14.20	0.00
-1.97	20.37	17.91	10.84	16.81	0.00
-2.30	25.32	23.89	17.10	19.43	0.00
-2.63	30.71	30.74	25.33	22.04	0.00
-2.96	36.54	38.44	35.82	24.65	0.00
-3.29	42.80	47.00	48.83	27.26	0.00
Máxim os	43.00 Cota: - 3.30 m	47.28 Cota: -3.30 m	49.26 Cota: -3.30 m	27.38 Cota: -3.30 m	0.00 Cota: 0.00 m
Mínim os	0.00 Cota: 0.00 m	0.00 Cota: 0.00 m	-0.00 Cota: -0.12 m	0.00 Cota: 0.00 m	0.00 Cota: 0.00 m

tabla 3.9. Resultados de cortantes, fuerzas axiales y momentos flectores a diferentes alturas de la Cárcava N°02.

En el análisis se decidió utilizar como sección de control la sección crítica debido a que presenta el menor Factor de Seguridad. Se realizó el análisis para la pendiente propuesta y según las tablas 3.1.y 3.2 que muestran de aproximadamente  $1H : 1.33V (\approx 37^\circ)$  para la cárcava N°01 y  $1H : \sqrt{3}V$  para la cárcava N°02 ambos de corte del talud. Los resultados graficados se muestran en la figura 3.43. y 3.44.

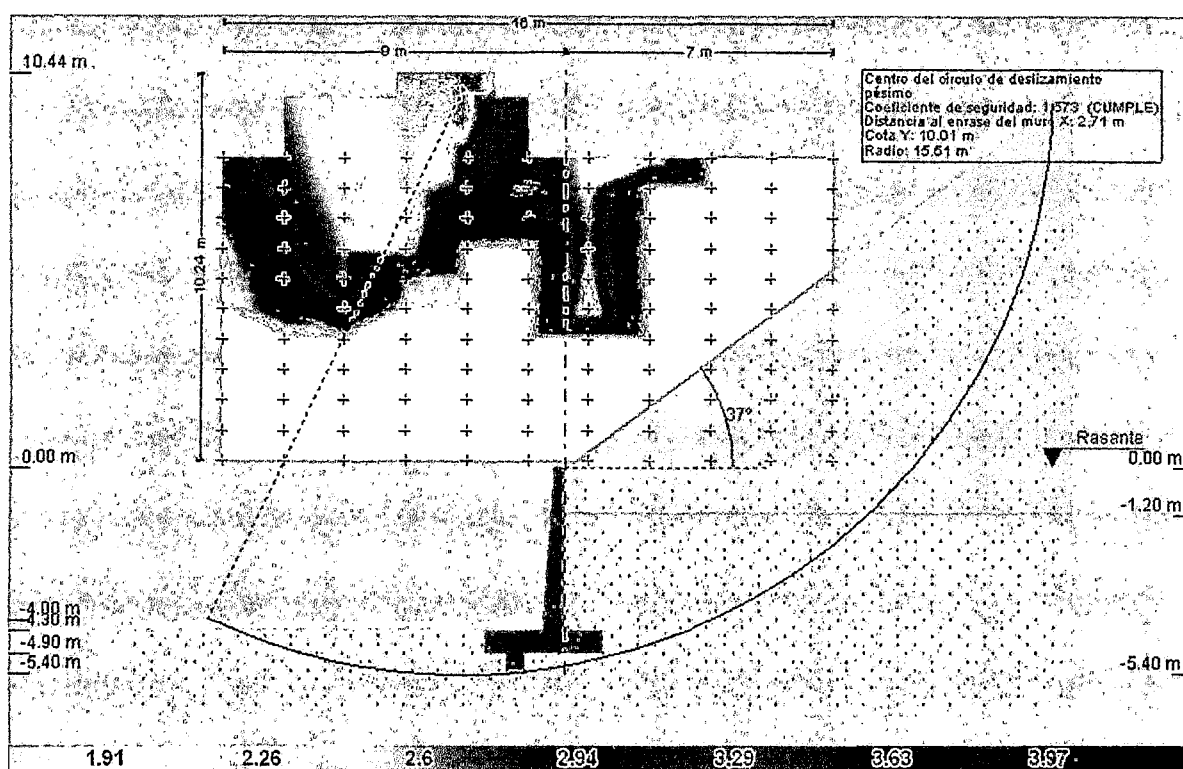


Figura 3.43. Círculo de Deslizamiento Pésimo de la Cárcava N°01

Fuente: Elaboración propia.

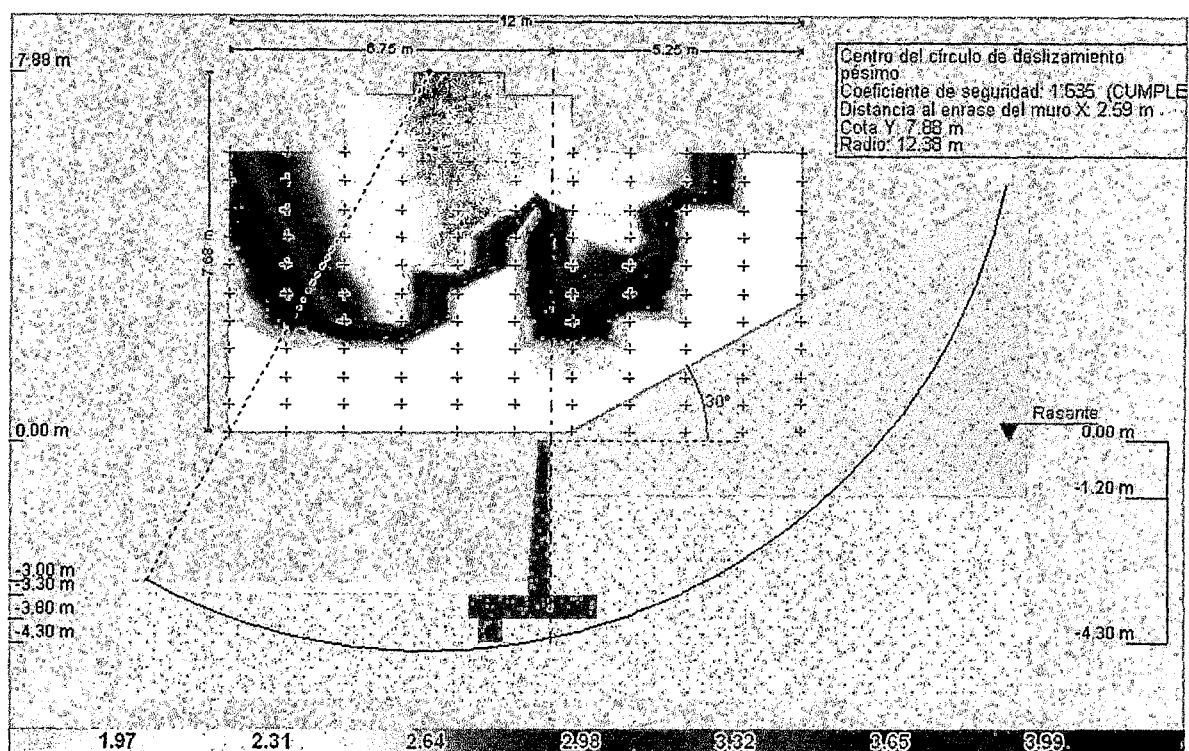


Figura 3.44. Círculo de Deslizamiento Pésimo de la Cárcava N°02

Fuente: Elaboración propia.

Como se verifica en el tabla 3.5 y 3.6, al ángulo del talud necesario para pasar el Factor de Seguridad recomendado de 1.25 sería de  $37^\circ$  para cárcava N°01 y de  $30^\circ$  para la cárcava N°02 (pendiente 1H : 1.33V y 1H :  $\sqrt{3}$ V). Para lograr esta condición se deberá cortar todo material que esté por encima de la estructura de contención del talud con la parte más alta del mismo y rellenar en las zonas donde se requieran. La mismas tablas se presenta los círculos de falla resultantes para los taludes con un ángulo de corte de  $37^\circ$  y con un FS de 1.57 y un ángulo de  $30^\circ$  y con un FS de 1.63

Referencia: Comprobaciones de estabilidad (Círculo de deslizamiento pésimo): Cárcava N°01		
Comprobación	Valores	Estado
Círculo de deslizamiento pésimo: Combinaciones sin sismo: - Fase: Coordenadas del centro del círculo (-2.71 m ; 10.01 m) - Radio: 15.51 m: <i>Valor introducido por el usuario.</i>	Mínimo: 1.25 Calculado: 1.572	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Tabla 3.5.. COMPROBACIONES DE ESTABILIDAD DE LA CARCAVA  
N°01 (CÍRCULO DE DESLIZAMIENTO PÉSIMO)

Referencia: Comprobaciones de estabilidad (Círculo de deslizamiento pésimo): Cárcava N°02		
Comprobación	Valores	Estado
Círculo de deslizamiento pésimo: Combinaciones sin sismo: - Fase: Coordenadas del centro del círculo (-2.59 m ; 7.88 m) - Radio: 12.38 m: <i>Valor introducido por el usuario.</i>	Mínimo: 1.25 Calculado: 1.635	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Tabla 3.6. COMPROBACIONES DE ESTABILIDAD CARCAVA N°02 (CÍRCULO  
DE DESLIZAMIENTO PÉSIMO)

### **3.5.4. Conclusiones según los resultados**

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' y elemento estructural que lo contenga.

Los criterios desarrollados en esta parte de análisis se deberán utilizar como premisas en el diseño de la sección final de talud el cual se presenta en los planos desarrollados en función a estos cálculos.

### **3.6. DISEÑO HIDRÁULICO DE RÁPIDAS**

Como ya se vio la única forma de abordar estos problemas es mediante el drenaje, así es que se plantean hacer zanjas de drenaje donde la topografía nos muestre más conveniente, este tipo de diseños está más ligado a estudios más especializados dada la vasta área y muy variable que se ve afectada en este estudio debido a los costes no se realizaron estudios de permeabilidad exhaustivos para dicho planteamiento más se verificó mediante una evolución práctica que la permeabilidad es media a alta en gran parte de esta área. También se ve que a tales pendientes de campo propuestos en la estabilización en la zona existe vegetación natural capaz de cubrir este déficit por lo cual ya no será necesario un estudio especializado agronómico, además de que en condiciones drenadas el suelo superficial altamente pedregoso no es susceptible a los fenómenos erosivos de erosión hídrica superficial.

Mediante el cálculo de caudales por cuencas a drenar, tomamos la mediana que es la adecuada para el diseño de las rápidas y mediante el programa HCANALES.

---



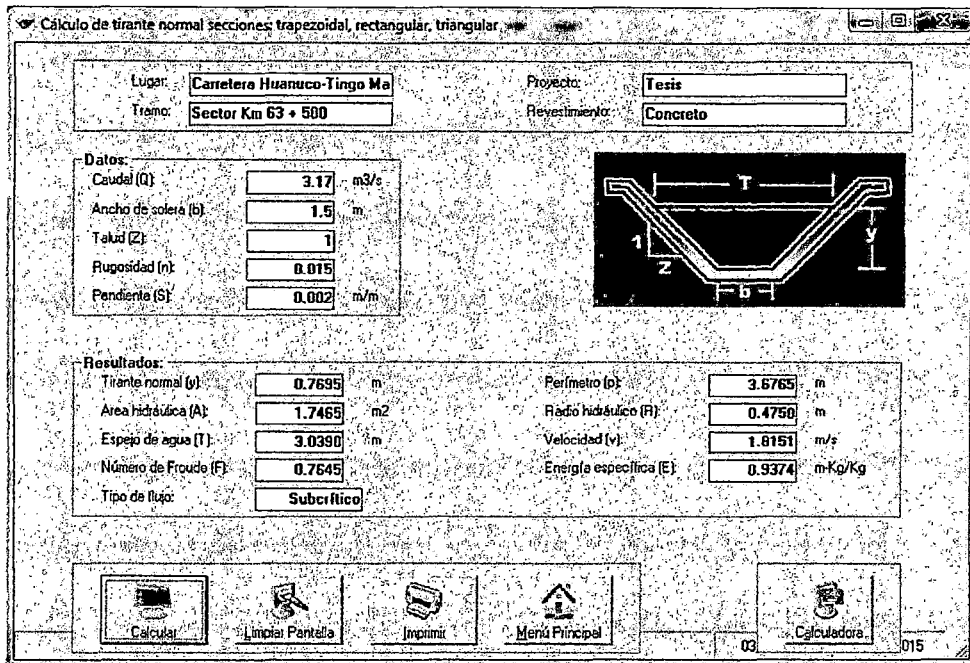


Figura 3.43. Cálculo del caudal en la banquetta del suelo compactado.

Fuente: Elaboración propia.

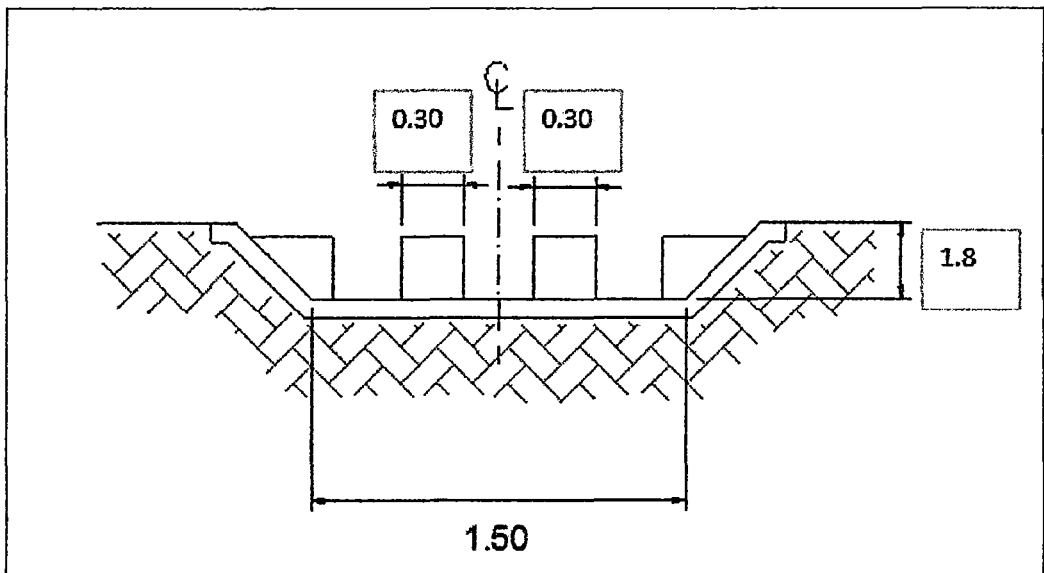


Figura 3.44. Rápida amortiguadora dentada.

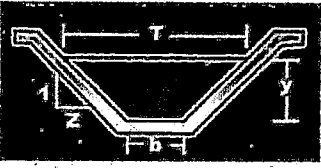
Fuente: Elaboración propia.

Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: **Carretera Huanuco-Tingo Ma** Proyecto: **Tesis**  
Tramo: **Sector Km 63 + 500** Revestimiento: **Concreto**

**Datos:**

Caudal (Q): **3.17** m<sup>3</sup>/s  
Ancho de solera (b): **1.5** m  
Talud (Z): **1**  
Rugosidad (n): **0.015**  
Pendiente (S): **0.75** m/m



**Resultados:**

Tirante normal (y): **0.1381** m Perímetro (p): **1.8905** m  
Área hidráulica (A): **0.2262** m<sup>2</sup> Radio hidráulico (R): **0.1196** m  
Espejo de agua (T): **1.7761** m Velocidad (v): **14.0171** m/s  
Número de Froude (F): **12.5417** Energía específica (E): **10.1522** m-Kg/Kg  
Tipo de flujo: **Supercrítico**

Calcular Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Figura 3.45. Cálculo del tirante en el talud de suelo compactado.

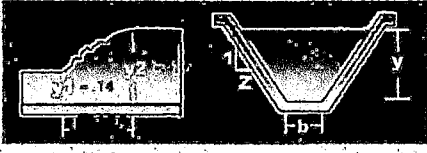
Fuente: Elaboración propia.

Cálculo del Resalto Hidráulico, sección Trapezoidal

Lugar:  Proyecto:   
Tramo:

**Datos:**

Caudal (Q): **3.17** m<sup>3</sup>/s  
Tirante (y): **0.138** m  
tirante supercrítico  
Ancho de solera (b): **1.5** m  
Talud (Z): **1**



**Resultados:**

Tirante conjugado (y): **1.8001** m Número de Froude conjugado (F): **0.1579**  
Altura del resalto: **1.6621** m Longitud del resalto (L): **17.62** m  
Pérdida de energía en el resalto: **8.3473** m Valor de J: **13.0439**

Calcular Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Limpia la pantalla para realizar nuevos cálculos 03:57 p.m. 20/10/2015

Figura 3.46. Cálculo del tirante conjugado en la banquetta de suelo compactado.

Fuente: Elaboración propia.

Entonces la profundidad del canal en la zona de banqueta de suelo compactado debe ser 2.2 m.

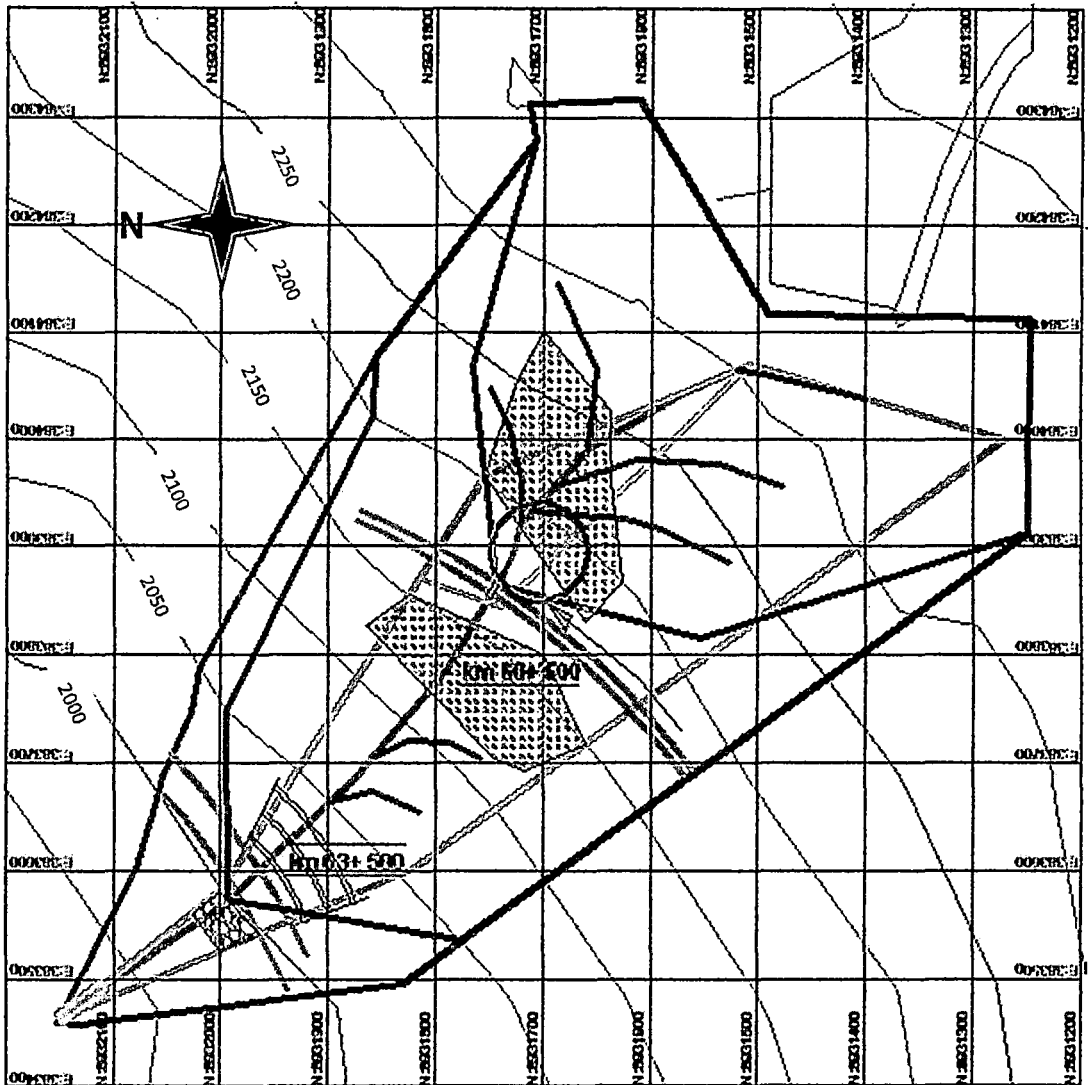


Figura 3.47. Esquema de diseño final, planteamiento.

Fuente: Elaboración propia.

## CONCLUSIONES

1. Se determinó que los suelos y rocas que afloran en el km 63+500, pertenecen al grupo Mitu, areniscas y limolitas rojizas, y además se puede encontrar superficialmente contenido de caliza debido a que se encuentra en los límites del afloramiento calcáreo del grupo Pucara (mas resiente), siendo ésta apenas apreciable sobre algunas rocas esquisto que afloran a la superficie, éstos se encuentran sobre rocas metamórficas esquisto del complejo metamórfico del Marañón.
  2. Se determinó además la formación de un deposito coluvial clastosoportado en la parte superior del badén(km 63+500), el cual se formó por el desplazamiento de material de la parte superior arrastrando rocas esquisto, fragmentándolas y mezclándolas con las areniscas y limolitas, generándose una olla donde las lluvias tienden a arrastrar este material en épocas de invierno; El ángulo de fricción de la matriz de este depósito determinado en laboratorio es de  $29^\circ$ , y haciéndose la corrección debido a que es clasto soportado arrojo un ángulo de  $37^\circ$ , dada la gran angulosidad y abundancia de los clastos.
  3. Se determinó que los suelos y rocas que afloran en el km 72+800, son donde empieza a distinguirse claramente el grupo Pucara, son rocas de contenido calcáreo sobre una base esquistosa de gran facilidad de intemperización, se pueden apreciar dolomías grises y pequeñas cantidades de caliza.
  4. Se determinó que los suelos y rocas que afloran en el km 72+800, son una formación de material rocoso intemperizado de contenido de finos es despreciable, al analizarlo por estabilidad de material residual de roca no se
-

encontraron elementos en peligro de deslizamiento y se obtuvo un ángulo de fricción de 30°.

5. Se determinaron características relevantes en el km 63+500:

- Está clasificado en un clima de selva tropical, la temperatura media anual se encuentra alrededor de los 22° lo cual da una sensación de clima templado dado a su altura, las precipitaciones son intensas entre los meses de diciembre a marzo.
  - En cuanto a su topografía la zona presenta pendientes altas de 31° en promedio, la forma es de una olla hidrográfica alargada, de superficie ondeada típico de deslizamientos sucesivos.
  - Se determinaron 03 microcuencas para el análisis, porque el área tenía tres puntos de evacuación de interés, cuyas áreas y caudales máximos de drenaje de grande a chica, evaluados con datos de precipitaciones de 15 años ajustados por una distribución Log-Gumbel para un periodo de retorno de 25 años, y por el método de número de curva SCS son:  $A=0.388 \text{ km}^2$ ,  $Q=3.17 \text{ m}^3/\text{s}$ , el cual descarga debajo del badén,  $A=0.339 \text{ km}^2$ ,  $Q=3.17 \text{ m}^3/\text{s}$ , el cual descarga en la parte superior del badén,  $A=0.167 \text{ km}^2$ ,  $Q=2.78 \text{ m}^3/\text{s}$ , el cual descarga en el km 60+500.
  - Las acciones antrópicas que implican empleo de recursos hídricos encontrados fueron el uso doméstico de agua y el riego a sembríos (principalmente zapallo y granadilla), y en cuantos a otras prácticas se reconoce la tala de árboles para aprovechar la madera.
-

6. Se determinaron características relevantes en el km. 72+800:

- Aquí no existe relación con la hidrología ni prácticas antrópicas, pues ni se ven afectadas (salvo los efectos prácticamente irremediables de lluvias con cierto contenido de acidez que aceleran la intemperización de estas rocas), ni las hay, debido a que es una loma es decir el cerro termina donde terminan nuestras curvas y al ser el material del talud solo rocoso sin una fuente de agua encontrada se evaluara solo por el método de estabilidad de taludes, esta zona también es tropical y presenta características de clima similares al km. 63+500, salvo que el promedio de temperaturas es ligeramente mayor 24°.

7. Se realizó un planteamiento técnico Con respecto al km. 63+ 500

- Se determinó que el problema por el cual se presentan los asentamientos en el km. 60+ 500, y a la vez el flujo de material coluvial en el km. 63 +500 de la carretera Huánuco-Tingo María es por la falta de manejo de drenaje, ya que no existe un lugar a donde puedan drenar las aguas de lluvia ni las de fuentes superficiales ni las acumuladas por las cunetas de la carretera, todas estas se infiltran irregularmente concentrándose en una pequeña zona sobre el km. 60+500, la cual es apropiada para la construcción de una alcantarilla con zanjas de infiltración, cuyas aguas canalizaremos posteriormente sobre el talud del km. 63 +500, mediante rápidas dentadas, que también acumularan aguas del talud mediante canales en espina de pescado, y al pasar el badén se plantea un empedrado amortiguador.
-

- Se determinó que el talud del km. 60+ 500, debido a las últimas lluvias es inestable ya presenta una pendiente superior al de la estabilidad, por lo cual se plantea un muro pantalla de sostenimiento drenado evaluado con el método de Bishop Modificado el cual divide la masa de suelo en una serie de dovelas de características iguales, considerando una superficie de falla circular, por medio del Cype, con algunas banquetas las cuales se drenaran hacia las rápidas.
8. Se realizó un planteamientos técnico Con respecto al km. 72+ 800
- Se determinó que el problema por el cual esta zona presentaba inestabilidad era solo por la disgregación de las rocas debido al intemperismo al que son muy susceptibles, entonces mediante el ángulo de fricción calculado de  $30^\circ$  y otras características del material del talud, se realizó la estabilización de los taludes mediante muro pantalla y un par de banquetas, también evaluado con el método de Bishop Modificado el cual divide la masa de suelo en una serie de dovelas de características iguales, considerando una superficie de falla circular, por medio del Cype, drenándose hacia la cuneta solo para evitar aumento de presiones al muro.
9. Se verifico la hipótesis, pues se consigue el diseño adecuado, además de muy práctica debido a que el talud del km. 63+500 tiene suficiente cantidad de material granular y permite por mucho el crecimiento de plantas herbáceas nativas por lo que no son fácilmente afectadas por la erosión hídrica superficial, si estas se canalizan, y el km. 72+800 es más resistente aún dado que no presenta finos.
-

## SUGERENCIAS

1. Se sugiere en estudios posteriores para gráficos más exactos de los niveles de las capas de suelo realizar una prospección geofísica el cual permitirá la optimización de los planteamientos.
  2. Se recomienda el análisis de la permeabilidad de los suelos para realizar el diseño detallado de las zanjas de infiltración, que dado la gran área abarcada durante este estudio no se abordaron, sin embargo mediante un test de campo se verifico la moderada a alta velocidad de infiltración de estos suelos.
  3. También al observar la variabilidad de los cálculos hidrológicos(a través de los métodos indirectos tal es el caso del SCS o número de curva, y el racional, para el cálculo de caudal de escorrentía), se sugiere estudiar otras formas de cálculo que utilicen más exhaustivamente las características de las zonas a ser drenadas, que aunque no son demasiado discordantes son considerables en el diseño.
-



## BIBLIOGRAFÍA

- Alva Hurtado, J. (2004). *ESTUDIO COMPLEMENTARIO DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y ADECUACIÓN DEL EXPEDIENTE TÉCNICO DE LA CARRETERA TINGO MARÍA – AGUAYTÍA, TRAMO 1.2: Km. 15+200 – Km. 51+551*. Lima.
- Antevs, E. (1952). Arroyo cutting and filling. *Journal of Geology*, 60, 375-385.
- Ari Condori, E. A. (2007). *Control de Erosión en Taludes con Geo Sinteticos, Diseño del Sistema (Tesis para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil)*. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima.
- Arulanandan, K., Gillogley, E., & Tully, R. (1980). *Development of a quantitative method to predict critical shear stress and rate of erosion of natural undisturbed cohesive soils*. Technical report GL-80-5 U.S. Army Engineers, Waterways Experimentation Station, Wicksburg.
- Arulanandan, K., Loganathan, P., & Korone, R. (1975). Pore and eroding fluid influences on surface erosion of soil. *Journal of Geotechnical Engineering Division, American Society of Civil Engineering*, 101, 51-66.
- Avni, Y. (2004). *Gully incision inducing ongoing desertification in the arid regions of the Middle East, examples from the Negev highlands, southern Israel*. In: Y. Li, J. Poesen and C. Valentin (Editors), *Gully Erosion Under Global Change*. Sichuan Science and Thechnology Press. China: Chengdu.
- Avni, Y. (2005). Gully incision as a key factor in desertification in an arid environment, the Negev highlands, Israel. *Catena*, 63, 185-220.
- Azurza Ramirez, L. A. (2007). *Control de Erosión en Taludes con Geo Sinteticos, Impacto Ambiental (Tesis para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil)*. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima.
- Bagnold, R. A. (1977). Bed load transport by natural rivers. *Water Resources Research*, 13(2), 303-312.
- Bathnagar, P., Gross, E., & Krook, M. (1954). A model for collision processes in gases. I. Small amplitude processes in charged and neutral one-component systems. *Phys. Rev.*, B 94(3), 511-525.
- Bennett, J. (1974). Concepts of mathematical modeling of sediment yield. *Water Resour*, 10, 485-492.
- Bilberto, Z. C., & Manuel, V. M. (2006). Estudio de riesgos geológicos en la Region Huanuco. *INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica*, 34, 174 pp. Lima, Perú.
- Blong, R. (1970). The development of discontinuous gullies in a pumice catchment. *American Journal of Science*, 268, 369-383.
-

- Blong, R., graham, O., & Veness, J. (1982). The role of sidewall processes in gully development: Some NSW examples. *Earth Surface Processes and Landforms*, 7, 381-385.
- Bocco, G. (1991). Gully erosion: processes and models. *Progress in Physical Geography*, 15(4), 392-406.
- Bork, H., Bork, H., Dalchow, C., Faust, B., Piorr, H., & Schatz, T. (1998). *Landschaftsentwicklung in Mitteleuropa*. Gotha.
- Bradford, J., & Piest, R. (1980). *Erosional development of valley-bottom gullies in the Upper Midwestern United States*. In: D. Coates and J.D. Vitek (Editors) *Thresholds in Geomorphology*. London: Allen & Unwin.
- Bryan, K. (1928). Historic evidence of changes in the channel of Rio Puerco, a tributary of the Rio Grande in New Mexico. *Journal of Geology*, 36, 265-282.
- Bryan, R., & Yair, A. (1982). *Perspectives on studies of badland geomorphology*. In: R.B. Bryan and Yair (Editors), *Badland Geomorphology and Piping*. Norwich: Geo Books.
- Bull, L., & Kirkby, M. (1997). Gully processes and modelling. *progress in Physical Geography*, 21(3), 357-374.
- Bull, W. (1997). Discontinuous ephemeral streams. *Geomorphology*, 19, 227-276.
- Cabrera Castillo, J. (2007). *Control de Erosión en Taludes con Geo Sinteticos, Plan de Operacion y Mantenimiento (Tesis para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil)*. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima.
- Chang Chang, L. A. (1990). *Problemas de Inestabilidad de Taludes en el Perú (Tesis para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil)*. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima.
- CHANQUÍN GÓMEZ, E. R. (2004). *DIVERSAS APLICACIONES DE GAVIONES PARA LA PROTECCIÓN Y ESTABILIZACION DE TALUDES (TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL)*. GUATEMALA: UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.
- Chaplot, V., Coadou Le Brozec, E., Silvera, N., & Valentin, C. (2005). Spatial and temporal assessment of linear erosion in catchments under sloping lands of northern Laos. *Catena*, 63, 167-184.
- Charlton, F., Brown, P., & Benson, R. (1978). The hydraulic geometry of some gravel rivers in Britain. *Hydraulic researchs Station Report (IT180)*.
- Cooke, R., & Reeves, R. (1976). *Arroyos and enviromental change in the American South-West*. Oxford: Clarendon Press.
- Cruden, D., & Varnes, D. (1996). *Landslide types and processes* In A.K. Turner y R.L. Schuster (Editors): *Landslides. Investigation and mitigation*. Washington D.C.: Transportation Research Board Special Report 247.
-

- Cueva Arana, H. (2007). *Control de Erosion en Taludes con Geo Sinteticos, Procesos Constructivos*(Tesis para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil). Universidad Nacional de Ingeniería. Lima.
- Culling, W. (1960). Analytical theory of erosion. *Journal of Geology*, 68, 336-344.
- Culling, W. (1963). Soil creep and the development of hillside slopes. *Journal of geology*, 71, 127-161.
- De la Cruz Fallaque, L. A. (2006). *Uso de la Bio Ingeniería de Suelos para el Control de la Erosión Hidrica en Taludes*(Tesis para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil). Universidad Nacional de Ingeniería. Lima.
- DE PLOY, J. (1973). Ruissellement diffus, ruinement et badlands dans le bassin de Kasserine(Tunisie steppiqua). *Livre jubilaire Solignac. Annales Mines et Géologie, Tunisie*, 26, 583-593.
- Dodge, R. (1902). Arroyo formation. *Science*, 15, 746.
- Douglas, I., & Pietroniro, A. (2003). *Prediction road erosion rates in selectively logged tropical rain forest. In: D. de Boer, W. Froecllich and T. Mizuyama(Editors), Proceedings of the International Symposium Erosion prediction in ungauged basins, integrating methods and techniques*. Sapporo, Japan: IAHS Press.
- Duce, J. (1918). The efect of cattle on the erosion of canon bottoms. *Science*, 47, 450-452.
- Dunjó, G., Padini, G., & Gispert, M. (2004). The role of land use-land cover on runoff generation and sediment yield at a microplot scale, in a small Mediterranean catchment. *Journal of Arid Environments*, 57, 99-116.
- Engelen, G. (1973). Runoff processes and slope development in Badlands National Monument, South Dakota. *Journal of Hydrology*, 18, 55-79.
- Esteves, M., & Lapetite, J. (2003). A multi-scale approach of runoff generation in a Sahelian gully catchment: a case study in Niger. *Catena*, 50, 255-271.
- Evans, R. (1993). *extent, frecuency and rates of rilling of arable land in localities in localities in England and Walles. In: S. Wicherek(Editor), Farm Land Erosion In Temperate Plains Environment and Hills*. Amsterdam: Elsielvier.
- EZECHI, J., & OKAGBUE, C. (1989). A genetic classification of gullies in Eastern Nigeria and its implications on control measueres. *Journal of African Earth Sciences*, 9(3/4), 711-718.
- FAO. (1965). *Soil erosion by water. Some measures for ittts control on cultivated lands*. Rome.
- Faulkner, H. (1995). Gully erosion associated with the expansion of untterraced almond cultivation in the coastal Sierra de Lújar, S. Spain. *Land Degradation & Rehabilitation*, 9, 179-200.
- FOSTER, G., & MEYER, L. (1972). Transport of particles by shallow flow. *Transactions of the American Society Agricultural Engineers*, 15(1), 99-102.
-

- Francis, C. F., & Thornes, J. B. (1992). *Runoff hydrographs from three mediterranean vegetation cover types*. In Thornes, J. B. (Ed) *Vegetation and erosion, processes and environments*. Chichester: Wiley.
- Francisco Jose, J. H. (2002). *Nuevos metodos de estudio de la erosion, Universidad de Cordoba, Departamento de Agronomia*. Cordoba.
- Gomez Gutierrez, A., Schnabel, S., & Lagar Timon, D. (2006). *Estudio del acarvamiento en explotaciones adehesadas, Gestion ambiental y económica del ecosistema de la Peninsula Iberica*. Merida: Junta de Extremadura.
- Gomez Gutierrez, A., Schnabel, S., & Lavado Contador, J. (2009). Gully erosion, land use and topographical thresholds during the last 60 years in a small rangeland catchment in SW Spain. *Land Degradation & Development*, 20, 535-550.
- Gomez Gutierrez, A., Schnabel, S., & Sanjose Blasco, J. (2009). Variación temporal de la erosión por cárcavas en los fondos de valle bajo explotación de dehesa. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 35(2), 289-304.
- Gomez, B., Banbury, K., Marden, M., Trustrum, N., Peacock, D., & Hoskin, P. (2003). Gully erosion and sediment production, Te weraroa Stream, New Zealand. *Water Resources Research*, 39(7).
- Gonzales, M. (2001). Recent formation of arroyos in the Little Missouri Badlands of southwestern North Dakota. *Geomorphology*, 38(1-2), 63-84.
- Govers, G., Vandaele, K., Desmet, P., Poesen, J., & Bunte, K. (1994). The role of tillage in soil redistribution on hillslopes. *Eur.J.Soil.Science*, 45, 469-478.
- Graf, W. (1977). The rate law in fluvial geomorphology. *American Journal of Science*, 277, 178-191.
- Hargreaves, G., & Samani, Z. (1985). Reference crop evapotranspiration from temperature. *Applied Eng. in Agric.*, 1(2), 96-99.
- Harvey, A. (1982). *The role of piping in the development of badlands and gully systems in south-east Spain*. In: R. Bryan and A. Yair (editors), *Badland Geomorphology and piping*. Norwich: Geo Books.
- Harvey, A. (1996). *Holocene hillslope gully systems in the Howgill Fells, Cumbria*. In: M.G. Anderson and S.M. Brooks (Editors), *Advances in Hillslope Processes*.
- Heede, B. (1967). The fusion of discontinuous gullies: A case study. *Bulletin of the International Association of Scientific Hydrology*, 12, 42-50.
- HEEDE, B. (1982). Gully control: determining treatment priorities for gullies in a network. *Environmental Management*, 6(5), 441-451.
- Huang, H., & Warner, R. (1995). The multivariate controls of hydraulic geometry: a causal investigation in terms of boundary shear distribution. *Earth Surface Processes and Landforms*, 20, 115-130.
-

- Huntington, E. (1914). *The Climatic Factor as Illustrated in Arid America*. Washington, D.C.: Carnegie Institute of Washington.
- IMESON, A. C., & KWAAD, F. (1980). Gully types and gully prediction. *Geografisch Tijdschrift*, 14(5), 430-441.
- Ireland, H. A., Shape, C. F., & Eargle, D. H. (1939). Principles of gully erosion in the piedmont of south Carolina. *Technical Bulletin of U.S. Dept. of Agriculture*, 63-143. USA.
- JIMÉNEZ HORNERO, F. J. (2002). *Nuevos Métodos de Estudio de la Erosión (Tesis Doctoral)*. UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA. Córdoba, Colombia.
- Jones, J. (1981). *The nature of soil piping: a review of research*, Research Monograph 3. Norwich: Geo Books; British Geomorphological Research Group.
- Julien, P. (1994). *Erosion and sedimentation*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kasai, M. (2006). Channel processes following land use changes in a degrading steep headwater stream in North Island, New Zealand. *geomorphology*, 81, 421-439.
- Kirkby, M. (1971). Hillslope process-response models based on the continuity equation. In Slopes: form and process. Edited by D. Brunsden. *Special Publication*, 3, 15-29. Institute of British Geographers.
- Knapen, A., Poesen, J., Govers, G., Gysels, G., & Nachtergaele, J. (2007). Resistance of soils to concentrated flow erosion: A review. *Earth-Sciences Reviews*, 80, 75-109.
- Leopold, L. (1951). Rainfall frequency: An aspect of climatic variation. *Transactions of the American Geophysical Union*, 32, 347-357.
- Leopold, L. (1978). *El asunto del Arroyo*. In: C. Emblenton (Editor), *Geomorphology*. London: Oxford University Press.
- Leopold, L., Emmet, W., & Myrick, R. (1966). *United States Geological Survey Professional Paper (282-A)*, 37 pag. New Mexico, United States.
- leopold, L., Wolman, M., & Miller, J. (1964). *Fluvial processes in geomorphology*.
- Li, Y., Poesen, J., & Valentin, C. (2004). *Gully erosion under global change*. Chengdu, China: Sichuan Science Technology Press.
- Lyle, W., & Smerdon, E. (1965). Relation of compaction and other soil properties to erosion resistance of soils. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 8, 419-422.
- Martinel Costa, F., & Prado Bacellar, L. (2007). Analysis of the influence of gully erosion in the flow pattern of catchment streams, Southeastern Brazil. *Catena*, 69, 230-238.
- Martinez Casasnovas, J., Anton Fernandez, C., & Ramos, M. (2003). Sediment production in large gullies of the Mediterranean area (NE Spain) from high resolution digital elevation models
-

and geographical information system analysis. *Earth Surface Processes and Landforms*, 25(5), 443-446.

Martinez Gálvez, L. M. (2006). *Estabilización de Taludes con Reforestación*(Tesis para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil). Universidad Nacional de Ingeniería. Lima.

Meyer, L. D., Foster, G. D., & Nikolov, S. (1975). Effect of flow rate and canopy on rill erosion. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 18, 905-911.

Meyer, L., & Wischmeier. (1969). Mathematical simulation of the process of soil erosion by water. *Trans. ASAE*, 12(6), 754-762.

Miller, C., Woodburn, R., & Turner, H. (1962). Upland gully sediment production. *IASH publication*, 59, 83-104.

Moeyersons, J. (2000). Desertification and man in Africa. *Bulletin of the Royal Academy of Overseas Science*, 46, 151-170. Bruselas.

Moore, I., & Burch, G. (1986). Modeling erosion and deposition: topographic effects. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 29(6), 1624-1640.

Moore, I., & Wilson, J. (1992). Length-slope factors for the revised universal soil loss equation: simplified method of estimation. *Journal Soil Water Cons.*, 47, 423-428.

Moore, I., Burch, G., & Mackenzie, D. (1988). Topographic effects on the distribution of surface soil water and the location of ephemeral gullies. *Transactions of the ASAE*, 32(4), 1098-1107.

Morgan R., P. (1997). *Erosion del suelo y conservación*. Madrid: Mundi-Prensa.

Morgan, R. P. (1979). *Soil erosion*. New York: Longman.

Nachtegaele, J., Poesen, J., Oostwoud Wijdenes, D., & Vandekerckhove, L. (2002). Medium-term evolution of a gully developed in a loess derived soil. *Geomorphology*, 46, 223-239.

NEYRA RAMÍREZ, R. H. (2007). *Control de Erosión en Taludes con Geo Sintéticos, Estudios Básicos Para el Diseño*(Tesis para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil). Universidad Nacional de Ingeniería. Lima.

Nogueras, P., Burjachs, F., Gallart, F., & Puigdefabregas, J. (2000). Recent gully erosion in El Cautivo badlands (Tabernas, SE Spain). *Catena*, 40(2), 203-215.

Nyssen, J., Poesen, J., Moeyersons, J., Deckers, J., Mitiku, H., & Lang, A. (2004). Human impact on the environment in the Ethiopian and Eritrean highlands: a state of the art. *Earth Science Reviews*, 64(3-4), 273-320.

Nyssen, J., Poesen, J., Moeyersons, J., Luyten, E., Veyret-Picot, M., Deckers, J., . . . Govers, G. (2002). Impact of road building on gully erosion risk: A case study from the Northern Ethiopian Highlands. *Earth Surface Processes and Landforms*, 27(12), 1267-1283.

OOSTWOUW WIJDENES, D., & BRYAN, R. (1991). Gully development on the Njemps Flats. *Catena Supplement*, 19, 71-90.

- Oostwoud Wijdenes, D., & Bryan, R. (1994). The significance of gully headcuts as a source of sediment on low-angle slopes at Baringo, Kenya, and initial control measures. *Advances in Geoecology*, 27, 205-231.
- Osterkamp, W. (2008). annotated Definitions of Selected Geomorphic Terms and Related Terms of Hydrology, Sedimentology, Soil Science and Ecology. *USGS Open file Report 2008-1217*. Reston, Virginia.
- Parkner, T., Page, M., Marutami, T., & Trustrum, N. (2006). Developmen and controlling factors of gullies and gully complexes; East Coast,New Zealand. *Earth Surfaces Processes and Landforms*, 31(2), 187-199.
- Pascual-Aguilar, J. A. (2000). *Modelling the impact of land cover changes on the soil water regime. In Rubio, J. L. Morgan, R. P. C., Asins, S. y Andreu, V. (Eds.) Man and soil at the third millenium*. Logroño: Geomorfa Ediciones.
- Patton, P. C., & Schumm, S. A. (1975). Gully erosion, northwestern Colorado: a threshold phenomenon. *Geology*, 3, 88-90.
- Patton, P., & Schumm, S. (1975). Gully erosion, northwestern Colorado:a threshold phenomenon. *Geology*, 3, 88-90.
- Piest, R., Bradford, J., & Wyatt, G. (1975). Soil erosion and sediment transport from gullies. *Journal of Hydraulic Division of the American Society of Civil Engineers*, 101, 65-80.
- Podwojewski, P., Poulenard, J., Zambrana, T., & Hofstede, R. (2002). Overgrazing effects on vegetation cover and properties of volcanic ash soil in the paramo of Llangahua and La Esperanza(Tungurahua, Ecuador). *Soil Use and Management*, 18(1), 45-55.
- Poesen, J., & Hooke, J. (1997). Erosion, flooding and channel management in Mediterranean environments of southern Europa. *Progress in Physical Geography*, 21(2), 157-199.
- Poesen, J., De Luna, E., Franca, A., Nachtergaele, J., & Govers, G. (1999). Concentrated flow erosion rates as affected by rock fragment cover and initial soil moisture content. *Catena*, 36, 315-329.
- Poesen, J., Vandale, K., & Van Wesemael, B. (1996). Contribution of gully erosion to sediment production on cultivated lands and rangelands. *IAHS*, 236, 251-266.
- Poesen, J., Verstraeten, G., & Valentin, C. (2003). Gully erosion and environmental change: inportance and researchs needs. *Catena*, 50, 91-133.
- Prosser, I. (1996). *Thereshold of chanell initiatio in historical Holocene Times, Southeastern Australia. In: M.G. Anderson and S.M. Brooks(Editors),Advances in Hillslope Processes*. Chichester: Wiley.
- Prosser, I., & Winchester, J. (1996). History and processes of gully initiation and development in eastern Australia. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 105, 91-109.
-

- Quispe Bullon, M. A. (2003). *Construcción de Placas Ancladas para estabilización de Taludes en la Carretera Huánuco-Tingo María Tramo II (Tesis para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil)*. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima.
- Renard, K., Foster, G., Weesies, G., McCool, D., & Yoder, D. (1997). Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE). *Agriculture handbook*(703).
- Rey, F., Ballais, J., Marre, A., & Rovera, G. (2004). Rôle de la végétation dans la protection contre l'érosion hydrique de surface. *C.R. Geoscience*, 336, 991-998.
- Rich, J. (1911). Recent stream treching in the semi-arid portion of southwestern New Mexico, a result of removal of vegetation cover. *American Journal of Science*, 32, 237-245.
- Roering, J., Kirchner, J., & Dietrich, W. (1999). Evidence for nonlinear, difusive sediment transport on hillslopes and implications for landscape morphology. *Water Resour.*, 35, 855-870.
- Roering, J., Kirchner, J., & Dietrich, W. (1999). Evidence for nonlinear, diffusive sediment transport on hillslopes and implications for landscape morphology. *Water Resources Research*, 35, 853-870.
- ROMERO CHOJOLAN, M. V. (2011). *PROPUESTA METODOLOGICA PARA LA EVALUACION DE ESTABILIZACION DE TALUDES Y TERRAPLENES EN PROYECTOS DE CARRETERAS (Tesis de maestria)*. Guatemala.
- Sargunam, A., Riley, P., Arulanandan, K., & Krone, R. (1973). Physicochemical factors in erosion of cohesive soils. *Journal of the Hydraulics Division American Society of Civil Engineers*, 99(3), 555-588.
- Schnabel, S. (1997). *Soil erosion and runoff poduction in a small watershed under silvopastoral landuse (dehesas) in Extremadura, Spain*. Logroño: Geomorfa Ediciones.
- Schnabel, S., Gómez Amelia, D., & Ceballos, A. (1999). *Extreme events and and gully erosion. In: IGU (Editor), Proceedings of the International Seminar on Land Degradation and Desertification*. Lisbon.
- Schumm, S. (1971). *Fluvial geomorphology: the histrical perspective. In: H.W. Shen (Editor), Rive mechanics. CO: H.W. Shen*. Fort Collins.
- Schumm, S. (1977). *The Fluvial System*. Wiley, 338 pp.
- Schumm, S., & Hadley, R. (1957). Arroyos and the semiarid cycle of erosion. *American Journal of Science*, 255, 161-174.
- Schumm, S., & Lusby, G. (1963). Seasonal variations in infiltration capacity and runoff on hillslopes of western Colorado. *Journal of Geophysical Research*, 63, 3655-3666.
- Sherard, J., Ryker, N., & Decker, R. (1972). piping in earth dams of dispersive clay. *Special Conference on the Performance of Earth and Earth Supported Structures, ASCE.*, pp 150-161.
-



- Sidorchuk, A. (2005). Stochastic components in the gully erosion modelling. *Catena*, 63, 299-317.
- Simon, A., Curini, A., Darby, S., & Langendoen, E. (2000). Geomorphology. *Bank and Nearbank processes in an incised channel*, 35, 193-217.
- Soeters, R., & Van Westen, C. (1996). *Slope instability recognition, analysis and zonation*. In Turner, K. y Schuster, R.L.(Eds.), *Landslides Investigation and Mitigation; Transportation Research Board, Special Report 247*. Washington D.C.: National Academy Press.
- SOUFI, M. (2004). Morpho-climatic classification of gullies in Fars province, southwest of I.R. Iran. *International Soil Conservation Organisation Conference*, (págs. 1-4). Brisbane.
- Suarez Diaz, J. (1998). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales*. Bucaramanga: Instituto de investigacion sobre erosion y deslizamientos.
- Suarez Diaz, J. (2001). *Materiales para el Control de la Erosión en Zonas Tropicales*(Tesis para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil). Universidad Nacional de Ingeniería. Lima.
- Sweeney, M., Gasca, A., Morgan, R., & Clarke, J. (2004). *Performance Management for Site Restoration in rugged Terrain. Terrain and Geohazard challenges facing onshore oil and gas pipelines*.
- Swift, T. (1926). Date of channel treching in the southwest. *Science*, 63, 70-71.
- Thomas, J., Inverson, N., Burkart, M., & Kramer, L. (2004). Long term growth of a valley-bottom gully, wester Iowa. *Earth Surface Processes and Landforms*, 29, 995-1009.
- Thorne, C. (1990). *Effects of vegetation on riverbank erosion and stability*. In: J.B. Thornes(Editor), *Vegetation and Erosion*. John Wiley & Sons Ltd.
- Thornthwaite, C., Sharpe, C., & Dosch, E. (1942). Climate and accelerated erosion in the arid and semi-arid Southeast, with special reference to the Polacca Wash drainage basin. *United States Departament of Agriculture Technical Bulletin*(808). Arizona.
- Valentin, C., D'Herbes, J., & Poesen, J. (1999). Soil and water components of vegetation patterning. *Catena*, 37, 1-24.
- Valentin, C., Poesen, J., & Yong, L. (2005). Gully erosion: Impacts, factors and control. *Catena*, 63, 132-153.
- Vitorini, S. (1972). The efect of soil erosion in an experimental station in the Pliocene clay of the Val d'Era(Tuscany) and its influence on the evolution of the slopes. *Acta Geographica Debrecina*, 10, 71-78.
- Wasson, R., Caitcheon, G., Murray, A., Mcculloch, M., & Quade, J. (2002). Sourcing sediment using multiple tracers in the catchment of Lake Argyle, northwestern Australia. *Environmental Management*, 29(5), 634-646.
-

Webb, R., & Hereford, R. (2001). Floods and geomorphic change in the southwestern United States: an historical perspective, Seventh Federal Interagency Sedimentation conference. 30-37. Reno, Nevada, USA.

Zucca, C., Cannu, A., & Della, P. R. (2006). Effects of land use and landscape on spatial distribution and morphological features of gullies in an agropastoral area in Sardinia (Italy). *Catena*, 68, 87-95.

---

**ANEXOS**

---

---

# Anexo 01

## PROYECTO DE TESIS

RESUMEN

Los taludes que contienen suelo y roca tienen su origen en los procesos geodinámicos. Desde las cordilleras, los cerros, las dunas, orillas de fuentes hídricas, etc. existen algunos que se han mantenido en el tiempo siendo testigos de las transformaciones más abruptas que el planeta ha sufrido.

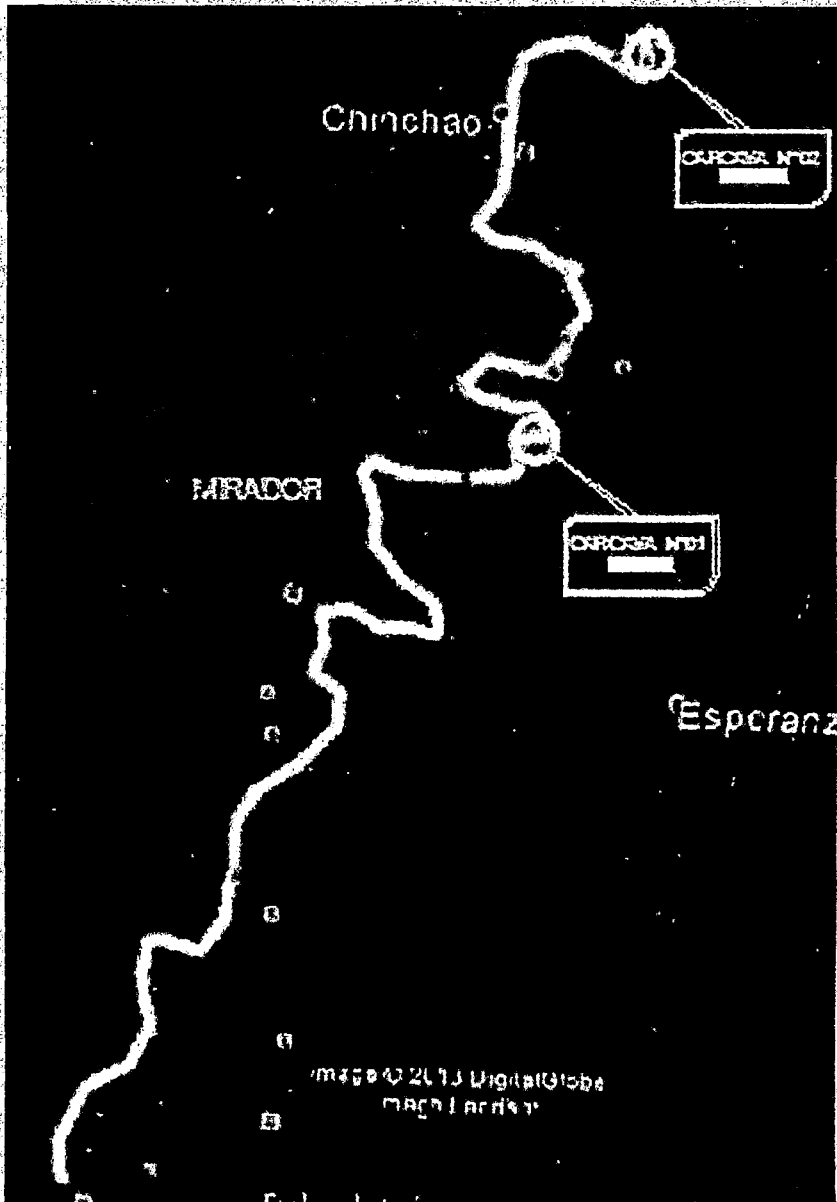
La erosión es un fenómeno complejo que básicamente consiste en la disgregación o meteorización de un suelo o de un material rocoso por la acción de agentes atmosféricos, y la posterior denudación por arrastre de las partículas disgregadas. Es un fenómeno geológico natural, generador de sedimentos, que ha existido siempre en la superficie terrestre, comenzando cuando las rocas se pusieron en contacto con la atmósfera. En última instancia se debe a la energía solar y a la presencia de un potencial regulador que es la gravedad y puede tener lugar en toda la superficie del planeta. La intensidad con que se manifiesta la erosión, depende de una serie de factores que, a su vez y en última instancia, dependen de la geología y del clima de la región. Además, debe añadirse un factor antrópico.

Existen diferentes formas y tipos de erosión y pueden llegar a estados muy avanzados, si las pequeñas incisiones por las que circula el agua en el terreno no se eliminan (por meteorización o por laboreo) éstas irán progresando en el sentido de aguas arriba captando desprendimientos de materiales de mayor tamaño debido a su falta de cohesión por humedad, llegando a producir profundas incisiones, de más de 30 cm hasta varios metros de profundidad, con secciones en forma de U, V o de una combinación de ambas conocidas como cárcavas o barrancos.

Dentro de la etapa de funcionamiento de la carretera Huánuco- Tingo María frecuentemente se han podido evidenciar los problemas de caída de materiales desde los taludes, deslizamientos por inestabilidad y arrastre de materiales por efecto de las lluvias, lo cual ha provocado constantes bloqueos de la vía, y se hace recurrente en los kilómetros, 63+500 y 72+800 en los cuales la vía atraviesa dos cárcavas (cárcavas 01 y cárcava 02 pertenecientes a la localidad del Mirador-Carpish-Chinchao), "La presencia de cárcavas en un terreno indica un estado avanzado de erosión. El daño que producen es muy importante y en ocasiones irreversible. Su estabilización y corrección requieren mover grandes cantidades de tierra, construir pequeñas presas, fijar taludes, frenar la erosión de los terrenos que desaguan en ella y otras acciones que en conjunto pueden llegar a representar un coste económico elevado" (Sebastián, 2010). Un caso

de erosión en estado avanzado perteneciente a la carretera central tenemos el caso de las cárcavas en las vegas cuyo coste de estabilización temporal significo 25, 000,000.00 S/. Para las dos cárcavas principales (Alva J. 2012). Por lo cual estos puntos son considerados críticos y se hace relevante una posible solución. Tomando en consideración la formación geológica imperante así como el clima propio y variado de la zona, y dado que no se pueden adoptar otros desvíos para evitarlos, se hace prioritario el estudio de propuesta de soluciones en los sitios mencionados con problemas de erosión, contribuyendo de manera importante a mejorar el funcionamiento de esta importante vía.

El problema viene originado por la falta de un sistema que prevenga la erosión y el consiguiente arrastre de material que obstruye la vía, además de comprometer la superficie y estabilidad de la misma.



Vista superior que nos muestra la vía y las zonas donde se aprecian estados de erosión avanzados y el relieve de la zona.



*Foto N°01 vista al Fondo de la cárcava en el Km 72+ 800 se aprecian los cortes del terreno producto de una erosión por flujo superficial por las lluvias (foto Alvino B. 2013).*



*Fig. N°02 zona inestable con presencia de un material sedimentario atraído por la erosión por acción de las aguas de escorrentía superficial (foto Obregón B. 2013)*



*Formulación del problema.*

*¿Cómo podremos conocer la influencia que ejercen los factores erosivos más incidentes y suficientes para el control de los Procesos Erosivos Avanzados en los KM. 63+500 Y 75+800 DE LA Ruta Nacional PE-18a, Sector Huánuco-Tingo María?*

*¿Cómo podremos determinar la erosionabilidad los suelos y rocas de las zonas de erosión avanzada de los KMS. 63+500 Y 75+800 DE LA Ruta Nacional PE-18a, Sector Huánuco-Tingo María?*

*¿Cómo podremos saber los efectos erosivos de las características topográficas, hidrológicas, geológicas de vegetación y acciones antrópicas en las zonas de erosión avanzada de los KMS. 63+500 Y 75+800 DE LA Ruta Nacional PE-18a, Sector Huánuco-Tingo María?*

*¿Cómo podremos saber el estado en que se encuentran los procesos erosivos, en las zonas de erosión avanzada de los KMS. 63+500 Y 75+800 DE LA Ruta Nacional PE-18a, Sector Huánuco-Tingo María?*

*¿Cómo podremos controlar adecuadamente los procesos erosivos avanzados de los KMS. 63+500 Y 75+800 DE LA Ruta Nacional PE-18a, Sector Huánuco-Tingo María?*

*¿Cómo podremos saber los efectos ambientales de nuestro planteamiento de control de procesos erosivos avanzados de los KMS. 63+500 Y 75+800 DE LA Ruta Nacional PE-18a, Sector Huánuco-Tingo María?*

*¿Cómo podremos determinar los costos de nuestro planteamiento de control de procesos erosivos avanzados de los KMS. 63+500 Y 75+800 DE LA Ruta Nacional PE-18a, Sector Huánuco-Tingo María?*

*Objetivos: General y Específicos*

*General:*

*Estudiar con fines de control los Procesos Erosivos Avanzados en los KM. 63+500 Y 75+800 DE LA Ruta Nacional PE-18a, Sector Huánuco-Tingo María.*

*Específicos:*

*Caracterizar en función de la erosionabilidad los suelos y rocas de las zonas de erosión avanzada de los KMS. 63+500 Y 75+800 DE LA Ruta Nacional PE-18a, Sector Huánuco-Tingo María.*

*Estudiar en función a posibles efectos erosivos las características topográficas, hidrológicas, geológicas de vegetación y acciones antrópicas relacionadas con las erosiones avanzadas de los KMS. 63+500 Y 75+800 DE LA Ruta Nacional PE-18a, Sector Huánuco-Tingo María.*

*Determinar el estado en que se encuentran los procesos erosivos, en las zonas de erosión avanzada de los KMS. 63+500 Y 75+800 DE LA Ruta Nacional PE-18a, Sector Huánuco-Tingo María.*

*Diseñar un sistema para el control de la erosión, estabilización de taludes y manejo de aguas, en las zonas de erosión avanzada de los KMS. 63+500 Y 75+800 DE LA Ruta Nacional PE-18a, Sector Huánuco-Tingo María.*

*Evaluar el impacto ambiental.*

*Evaluar los costos del diseño planteado.*

*Justificación e importancia.*

*La carretera Lima-Pucallpa es uno de los ejes más importantes de conexión de la capital del Perú con la selva amazónica central y viéndose afectada la transitabilidad de la vía, sobre todo en época de lluvias generando atracos, por deslizamiento de material por las cárcavas mencionadas además de la pérdida de superficie y pronunciamiento de los taludes los cuales cada vez inciden en incrementar los costos de una posible solución al problema de erosión e inestabilidad de taludes.*

*Limitaciones.*

*Existen limitaciones económicas siendo los tesisistas bachilleres, por lo cual a pesar del esfuerzo a desplegar por los bachilleres algunos ensayos y estudios podrían no tener la precisión y el detalle óptimo, lo cual no le resta validez a la investigación que tendrá el sustento y fundamentación adecuada en cada una de sus partes. Y limitaciones de tiempo según se exige en el reglamento de tesis y la necesidad y derecho de los tesisistas de seguir su desarrollo personal y profesional.*

## MARCO TEÓRICO

*Revisión de estudios realizados.*

La presente investigación se enmarca en múltiples estudios realizados en distintos países y los siguientes son relevantes y fundamentales para el desarrollo de la siguiente investigación:

*En lo referente a la Erosión hídrica Zavala y Vilchez (2006) nos indican la frecuencia de peligros en las regiones por las que atraviesa la carretera Huánuco – Tingo María, teniendo en cuenta la variedad de climas, complejidad geológico – geomorfológica y sismicidad moderada, está marcada por la ocurrencia de inundaciones y erosión fluvial, movimientos en masa y sismos. También nos determina la existencia de 60 zonas críticas relacionadas a peligros geológicos. Estos factores tienen gran incidencia en la conservación y estabilidad de taludes acerca de lo cual Romero Chojolan (2011) dentro de su trabajo de investigación, propone una metodología para identificar las posibles causas de falla de taludes y propone además soluciones para su*

*estabilización. Siendo las fases que la componen: verificación y localización, análisis geotécnico, análisis de resultados, localización de las causas y soluciones de acuerdo a resultados obtenidos. Un estudio relevante nos muestra Alva Hurtado (2004) el cual realiza estudios para desarrollar un estudio complementario de estabilidad de taludes y adecuación del expediente técnico de la carretera Tingo María – Aguaytía, tramo 1.2:Km. 15+200 – Km. 51+551. En donde se atraviesa varias zonas geológicamente inestables entre las cuales se encuentran las de mayor relevancia que son sectores críticos y deslizamiento potencial. Dentro de los alcances de su estudio, está contemplado evaluar desde el punto de vista técnico y económico.*

*Para poder desarrollar planteamientos de solución se tomo en cuenta los estudios realizados por Chanquín Gómez (2004) el cual hace una recopilación de información acerca del uso de gaviones como medio de protección y estabilización de taludes. Así mismo se presentan las soluciones para contrarrestar este tipo de fallas utilizando gaviones y colchones de malla galvanizada o recubierta de PVC; se enumeran los métodos utilizados para el diseño de las estructuras formadas por gaviones, los análisis y estudios realizados a este tipo de estructuras. También contamos con los estudios de Jaime Suarez (2007) donde nos da a conocer distintas metodologías de estabilización de deslizamientos que contemplan el control del agua tanto superficial como subterránea, siendo estos muy efectivos y generalmente más económicos que la construcción de grandes obras de contención, en cuanto tienden a desactivar la presión de poros, considerada como el principal elemento desestabilizante de los taludes.*

*Otro de las metodologías aplicadas las da a conocer Díaz, Escobar y Olivo (2009) afirma que los geo sintéticos es una alternativa de solución a problemas que comúnmente se presentan en la construcción de obras de arte en carreteras, como suelos de baja capacidad de soporte, niveles freáticos elevados, restricciones del tamaño de la obra, elevados costo de los materiales, etc. Asimismo presentan ventajas sobre los métodos tradicionales de construcción por su facilidad de colocación, durabilidad, rentabilidad a largo plazo. En cuanto a la relación de la estabilización de taludes y control de escorrentía al manejo y administración vial Keller y Sherar (2004) nos muestra información que ha sido desarrollada como guía para los constructores y administradores de caminos, así como especialistas en recursos de la mayoría de las regiones geográficas, para ayudar a construir mejores caminos y con mayor relación costo-beneficio, considerando el mínimo impacto ambiental adverso y protegiendo la calidad del agua.*

*Conceptos fundamentales.*

*A continuación se presenta los conceptos básicos e importantes para el desarrollo de la presente investigación referente al tema:*

#### **EROSION**

*La erosión es un fenómeno complejo que básicamente consiste en la disgregación o meteorización de un suelo o de un material rocoso por la acción de agentes atmosféricos, y la posterior denudación por arrastre de las partículas disgregadas.*

#### **FACTORES EROSIVOS**

Los factores que en última instancia determinan la erosión son, entre otros, tectónicos litológicos, edafológicos, morfológicos, e incluso antrópicos, que en conjunto forman un entramado complejo interdependiente a lo largo del tiempo.

#### **EROSIVIDAD**

Se define la erosividad de un clima determinado como la capacidad potencial para provocar la erosión. Es función de las características físicas de la lluvia y el viento.

#### **EROSIONABILIDAD**

Se define la erosionabilidad como la susceptibilidad o vulnerabilidad de un suelo o una roca a la erosión. Es función tanto de las características del suelo como del relieve y la vegetación.

#### **RELIEVE TOPOGRÁFICO**

El relieve topográfico es el factor geomorfológico que más influye en los procesos erosivos.

Dentro del relieve no solamente son importantes la pendiente y longitud del talud, sino también la forma del perfil y la estructura o forma geométrica de las laderas.

La Figura 1 se muestra la influencia del ángulo de inclinación de un talud sobre la erosión y la revegetación.

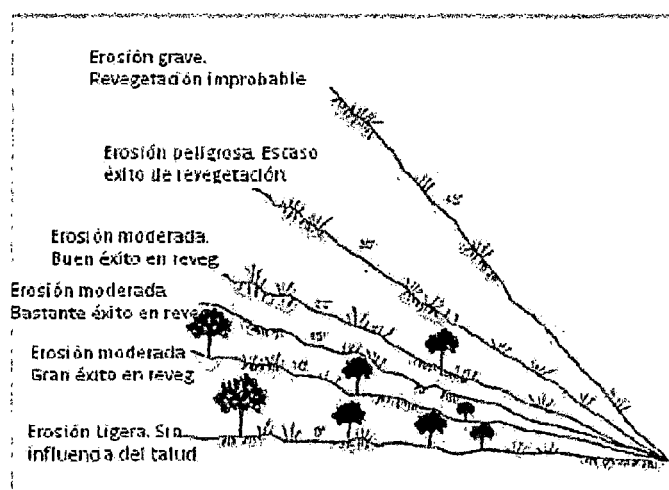


Figura 1: Influencia de la pendiente del talud en el riesgo de erosión y éxito en la revegetación (Manual de Estabilización y Revegetación de Taludes, 2002)

La propia estructura del relieve condiciona extraordinariamente la escorrentía y, por lo tanto, los procesos de erosión que pueda desencadenar.

#### **EROSIÓN POR IMPACTO DE LLUVIA**

La acción de gotas de lluvia sobre las partículas del suelo se puede explicar mediante 2 efectos: por una parte tiene un efecto de consolidación, compactando el suelo, y por otra parte se producen fuerzas disruptivas en cuanto el agua se dispersa velozmente y retorna al punto de impacto mediante flujos en chorro. En suma, las gotas de lluvia tienen un efecto de consolidación y dispersión del suelo.

#### **EROSIÓN POR ESCORRENTÍA SUPERFICIAL**

El escurrimiento superficial ocurre en pendientes cuando la capacidad de infiltración o la humedad máxima del suelo han sido superadas.

*El factor más importante en cuanto a relaciones hidráulicas, es la velocidad del flujo. Debido a la resistencia inherente del suelo, la velocidad del flujo (que ejerce un esfuerzo de corte sobre el suelo) debe alcanzar un umbral antes de iniciar la erosión.*

#### **FORMAS Y TIPOS DE EROSION**

##### **EROSIÓN LAMINAR O EN MANTO**

*Consiste en una remoción de delgadas capas de suelo producidas por el agua que discurre por terrenos uniformes y de poca pendiente, provocando la pérdida de la porción de suelo con mayor contenido en materia orgánica, lo que conduce a un empobrecimiento en elementos nutrientes y a un descenso de la capacidad de almacenamiento de agua.*

##### **EROSIÓN POR ARROYADA ANASTOMOSADA O TRENZADA**

*La lámina de agua no suele discurrir a mucha distancia, ya que lo más normal es que se concentre en las depresiones e irregularidades del terreno formando pequeños hilillos de corriente no jerarquizados y de trayectoria cambiante.*

##### **EROSIÓN EN REGUEROS O SURCOS**

*Los hilillos de corriente de trayectoria cambiante se van concentrando a favor de las líneas de máxima pendiente del terreno apareciendo concentraciones de flujo y aumentos de velocidad del agua con el consiguiente incremento de la potencia erosiva, llegándose a abrir pequeñas incisiones longitudinales de cerca de 30 cm de profundidad, con sección en forma de U o de V denominados regueros o surcos.*

##### **EROSIÓN EN CÁRCAVAS O BARRANCOS**

*Si las pequeñas incisiones por las que circula el agua en el terreno no se eliminan (por meteorización o por laboreo) éstas irán progresando en el sentido de aguas arriba captando desprendimientos de materiales de mayor tamaño debido a su falta de cohesión por humedad, llegando a producir profundas incisiones, de más de 30 cm hasta varios metros de profundidad, con secciones en forma de U, V o de una combinación de ambas.*

##### **ESTADO AVANZADO DE EROSION**

*La presencia de cárcavas en un terreno indica un estado avanzado de erosión. El daño que producen es muy importante y en ocasiones irreversible. Su estabilización y corrección requieren mover grandes cantidades de tierra, construir pequeñas presas, fijar taludes, frenar la erosión de los terrenos que desaguan en ella y otras acciones que en conjunto pueden llegar a representar un coste económico elevado.*

*En la Figura 4 (López, 2002) se muestra una representación esquemática de los diferentes tipos de erosión hídrica mencionada.*

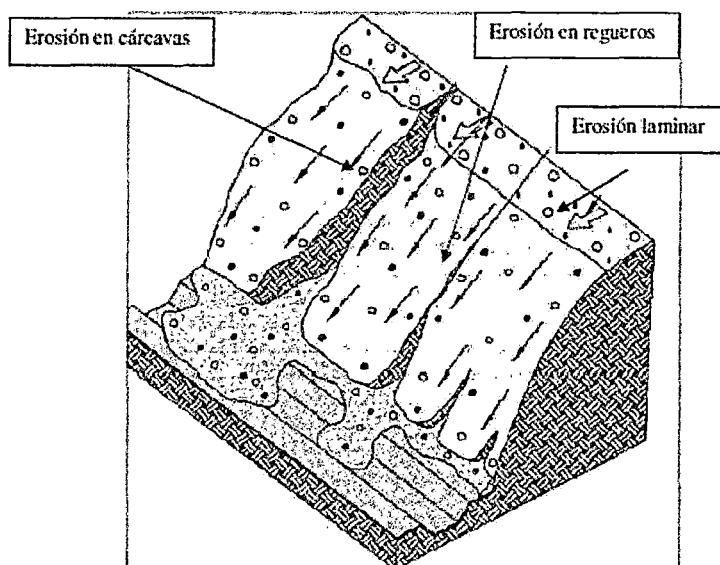


Figura 4: Representación esquemática de los diferentes tipos de erosión hídrica (Manual de Estabilización y Revegetación de Taludes, 2002)

#### CARCAVAS

La cárcava es una zanja producto de la erosión que generalmente sigue la pendiente máxima del terreno y constituye un cauce natural en donde se concentra y corre el agua proveniente de las lluvias. El agua que corre por la cárcava arrastra gran cantidad de partículas del suelo.

Las cárcavas se pueden agrupar en:

- **Continúas:** Estas conforman un sistema de drenaje superficial bien definido. Tienen una cárcava principal en la que confluyen las cárcavas secundarias conformando un sistema de drenaje o varios sistemas de drenaje.
- **No continuas:** Estas se presentan en forma aislada y son provocadas por los movimientos en masa de un terreno o por la concentración de escurrimiento en una ladera pero no conforman un sistema de cárcavas, sino que están aisladas. Generalmente la descarga de los escurrimientos, se presenta en áreas planas y la cárcava tiende a desaparecer.

#### IMPACTOS AMBIENTALES NEGATIVOS OCASIONADOS POR LAS CARCABAS

Las cárcavas originan grandes perjuicios, tanto o más graves cuando más numerosas y profundas sean; llegan inclusive a inutilizar grandes áreas de cultivo o terrenos dedicados al pastoreo. Un importante impacto negativo se es el caso de interferir con obras de infraestructura como sucede en carreteras, canales, etc.

#### Objetivos del control de cárcavas

Los objetivos del control de las cárcavas deben establecerse al inicio del proyecto y estos pueden ser:

- **Control de los escurrimientos superficiales**
- **Corrección de la pendiente del cauce**
- **Disminuir la producción de sedimentos**

- *Mejorar la calidad del agua escurrida*
- *Conservar la humedad en las laderas*
- *Estabilización de taludes*
- *Propiciar el desarrollo de la vegetación natural*
- *Aumentar la infiltración y recarga de acuíferos*
- *Captación del agua*
- *Mejorar el acondicionamiento hidráulico los ríos*

#### **TALUDES:**

*Son obras normalmente de tierra, que se construyen a ambos lados de la vía Terrestre (tanto en excavación como en terraplén) con una inclinación tal que garanticen la estabilidad de la obra. Cuando el talud se produce en forma natural, se denomina ladera natural o simplemente ladera.*

#### **TIPOS DE FALLAS MÁS COMUNES EN LOS TALUDES DE LAS VIAS TERRESTRES.**

*En primer lugar se distinguen las que afectan principalmente a las laderas:*

##### *Factores Geomorfológicos:*

*Topografía de los alrededores del talud.*

*Distribución de las discontinuidades y estratificaciones.*

##### *Factores internos:*

*Propiedades mecánicas de los suelos constituyentes.*

*Estados de esfuerzos actuantes.*

*Factores climáticos y concretamente el agua superficial y subterránea.*

##### *Fallas más comunes:*

*Fallas ligadas a la estabilidad de las laderas.- La inclinación de este talud tiene que ser suficientemente suave y/o su altura suficientemente pequeña para que sea estable.*

*1.1-Deslizamiento superficial asociado a falta de resistencia por baja presión de confinamiento (Creep). Se refiere esta falla al proceso más o menos continuo y por lo general lento de deslizamiento ladera abajo que se presenta en la zona superficial de algunas laderas naturales.*

*1.2-Fallas asociadas a procesos de deformación acumulativa, generalmente relacionada con perfiles geológicos desfavorables. se producen en las laderas como consecuencia de procesos de deformación acumulativa, por la tendencia de grandes masas a moverse ladera abajo (génesis geológica, formada por materiales bastante heterogéneos, no consolidada y bajo la acción casi exclusiva de las fuerzas gravitacionales).*

##### *Falla por deslizamiento superficial:*

*Cualquier talud está sujeto a fuerzas naturales que tienden a hacer que las porciones del suelo próximas a su frontera deslicen hacia abajo; el fenómeno es más intenso cerca de la superficie inclinada del talud a causa de la falta de presión normal confinante que allí existe.*

*Deslizamiento en laderas naturales sobre superficies de falla preexistentes: una costa importante del material; producido por un proceso de deformación bajo esfuerzo cortante en partes más profundas, que llega muchas veces a producir una verdadera superficie de falla. A veces son tan lentos que pasan inadvertidos.*

*Falla por movimiento del cuerpo del talud: pueden ocurrir en los taludes movimientos bruscos que afectan a masas considerables de suelo, con superficies de falla que penetran profundamente en su cuerpo.*

*Flujos; son más o menos rápidos de una parte de la ladera, de tal manera que el movimiento en sí y la distribución aparente de velocidades y desplazamientos recuerda el comportamiento de un líquido viscoso.*

*4.1-Flujo en materiales relativamente secos: quedan comprendidos los flujos de fragmentos de roca, desde los muy rápidos (avalanchas) hasta los que ocurren lentamente y los flujos en suelos, relativamente secos ha ocurrido en "loess", asociadas muchas veces a temblores.*

*4.2-Flujos en materiales húmedos. Flujos de lodos: requieren una proporción apreciable de agua contenida en el suelo, la cual desempeña un papel en la génesis y naturaleza de la falla; existe amplia graduación en la cantidad de agua que pueden contener los materiales, así como en el papel que ésta llega a tener en el desarrollo de la falla.*

*Fallas por erosión: son fallas de tipo superficial provocadas por arrastres de viento, agua, etc., en los taludes. El fenómeno es tanto más notorio cuando más empinadas sean las laderas de los taludes.*

*Fallas por licuación: ocurren cuando en la zona del deslizamiento el suelo pasa rápidamente de una condición más o menos firme a la correspondiente a una suspensión, con pérdida casi total de resistencia al esfuerzo cortante (arcillas y arenas poco compactas).*

*Falla por falta de capacidad de carga en el terreno de cimentación: Este tipo de falla se produce cuando el terreno tiene una capacidad de carga inferior o los cargas impuestas.*

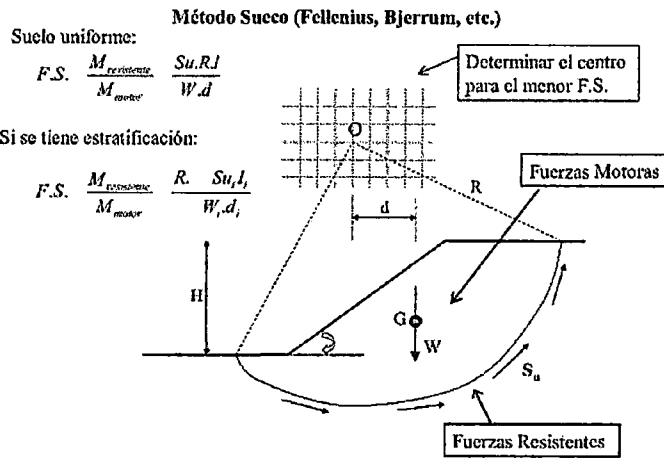
#### **PROBLEMAS DE ESTABILIDAD DE TALUDES EN SUELOS RESIDUALES**

*Los suelos residuales presentan, en lo que se refiere a la estabilidad de sus taludes (naturales y aun artificiales), algunas particularidades. En conexión con la estabilidad de los taludes en los suelos residuales existen tres conceptos que desempeñan un papel muy importante; estos son el perfil de meteorización, las estructuras heredadas y, naturalmente, el efecto del agua subterránea.*

#### **METODO DE CÁLCULO PARA LA ESTABILIDAD DE TALUDES**



**Cálculo de estabilidad – Condición no drenada**



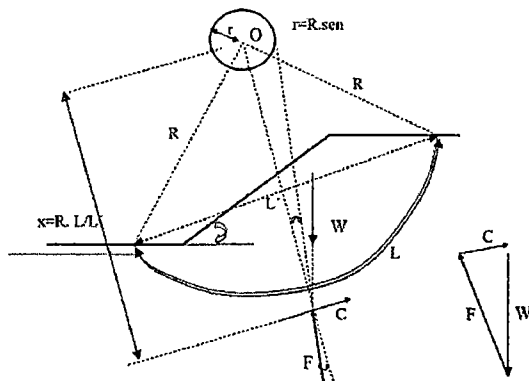
Ábaco de Taylor para suelo homogéneo y saturado

$$m = \frac{c}{(F.S.).H.} \quad \text{Coeficiente de estabilidad de Taylor}$$

Cuando se quiere utilizar este método en suelos cohesivos-friccionales saturados, Taylor plantea un gráfico a partir del coeficiente de estabilidad y de la utilización de los círculos de fricción. Soluciones pre-informática.

Para suelo homogéneo existen tres variables:  $m$ ,  $c$  y  $H$ . Se plantea un determinado F.S. global, el cual debe ser el mismo que el F.S. Tomado para  $c$  y para  $H$ . La solución se alcanzará cuando se tenga el mismo coeficiente de seguridad para los parámetros que para el conjunto.

Método del círculo de fricción



**MÉTODOS MECANICOS PARA CORREGIR FALLAS EN TALUDES**

Todos los métodos correctivos siguen una o más de las siguientes líneas de acción:

1. Evitar las zonas de falla.
2. reducir las fuerzas motoras.
3. Aumentar las fuerzas resistentes.

*Los principales métodos para la corrección de fallas son:*

*Métodos de elusión: se aplica un cruzamiento de formaciones inclinadas de suelo o roca, con echado desfavorable a la vía; en estos casos, cambios pequeños del alineamiento horizontal pueden llevar a zonas de menos peligro o inocuas y la elevación de la rasante puede reducir mucho los problemas.*

*Métodos de excavación: Este va desde excavaciones menores hechas solo en la cabeza de la falla, hasta la remoción total del material inestable.*

*Abatimiento de taludes: si al talud original se lo había determinado un círculo crítico por los procedimientos estudiados, el talud abatido tendrá otro círculo crítico y en consecuencia, el factor de seguridad, ligado a su círculo crítico.*

*Empleo de bermas y escalonamientos: El uso de bermas tiende a incrementar la estabilidad del talud por razones un tanto similares a las expresadas para el abatimiento de taludes; de hecho en muchos casos, la construcción de bermas equivale mecánicamente a un abatimiento del talud.*

*Empleo de estructuras de retención: El uso de muros en celosía, tablestaca y otras estructuras de retención es muy común para corregir deslizamientos después de que han ocurrido o para prevenirlos en zonas en que sean de temer. De hecho, su principal campo de aplicación está en la prevención.*

*Empleo de vegetación: Se acepta que la vegetación cumple dos funciones importantes; primero, disminuye el contenido de agua en la parte superficial, y en segundo, da consistencia a es aparte por el entramado mecánico de sus raíces.*

*Marco Situacional.*

*Siendo las carreteras el eje fundamental del desarrollo de la nación es preciso fortalecer, nuestros ejes viales dotándoles de una transitabilidad adecuada y niveles de servicio y seguridad acordes a nuestros tiempos, además dentro del marco político se tiene por prioridad la inclusión social.*

*Definición de términos básicos.*

**SISTEMAS DE CONTROL DE EROSIÓN:**

*SISTEMA A: Tienen como elemento principal la de conformación de banquetas con geo sintéticos y bioingeniería, considerando adicionalmente las rápidas, los disipadores de energía y los elementos complementarios.*

*SISTEMA B: Tienen como elemento principal la de conformación de banquetas con gaviones o enrocados y colchones de malla galvanizada o recubierta de PVC, considerando adicionalmente las rápidas, los disipadores de energía y los elementos complementarios.*

*Las rápidas, los disipadores de energía y los elementos complementarios que en general serán los mismos para los dos sistemas salvo pequeñas diferencias que en general no inciden considerablemente en los presupuestos y son debidos a factores propios de las características físicas de los sistemas.*

## HIPÓTESIS, VARIABLES, INDICADORES Y DEFINICIONES OPERACIONALES

*Hipótesis: General y Específicas*

*El sistema más viable para el control de la erosión y estabilización de taludes es el uso de geosintéticos en los kilómetros 63+500 y 72+800 de la carretera Huánuco Tingo María.*

*Sistema de Variables-Dimensiones e Indicadores*

*Variable independiente:*

*Periodo de servicio.*

*Topografía.*

*Geología.*

*Características geotécnicas y de erosionabilidad de los suelos y rocas.*

*Características hidrológicas de la microcuenca.*

*Variable dependiente: Erosión avanzada en los kilómetros 63+500 y 72+800 de la carretera Huánuco Tingo María.*

*Definición Operacional de Variables, Dimensiones e Indicadores.*

DIMENSIONES	VARIABLES	OPERACIONABILIDAD DE LAS VARIABLES	
		UNIDADES	INDICADORES
TIEMPO	Periodo de servicio.	AÑOS	Hojas de calculo
Topografía (condicionada).	Pendientes y taludes	° SEXAGESIMALES	Planos
	Área de la cuenca	m <sup>2</sup>	
Geología (condicionada).	Geología (condicionada).	Clasificación geológica de suelos y rocas.	Estudios geológicos previos.
	Geomorfología (condicionada).	Clasificación geomorfológica de la zona (Hidrogeología, Lito estratigrafía).	Estudios previos de la geomorfología.
GEOTECNIA	Erosionabilidad de rocas.	Caracterización de la erosionabilidad de rocas.	Estudio de erosionabilidad de rocas.
	Erosionabilidad de taludes.	Caracterización de la erosionabilidad de taludes.	Estudio de erosionabilidad de taludes.

	<i>Características geotécnicas de los suelos.</i>	<i>Caracterización geotécnica de suelos y rocas</i>	<i>Estudios de características geotécnicas suelos y rocas</i>
HIDROLOGIA	<i>Precipitaciones.</i>	<i>mm/año</i>	<i>Hojas de calculo</i>
	<i>Caudales.</i>	<i>m3/s</i>	<i>Hojas de calculo</i>
	<i>Escorrentía</i>	<i>Caracterización de la escorrentía superficial.</i>	<i>Estudio hidrológico de escorrentía superficial.</i>
<b>DIMENSIONES</b>	<b>DEPENDIENTE</b>	<b>Unidades</b>	<b>INDICADORES</b>
DISEÑO	<i>Erosión en los kilómetros 63+500 y 72+800 de la carretera Huánuco Tingo María.</i>	<i>Alternativa de diseño</i>	<i>Memorias, Planos, Especificaciones, Informes.</i>

## MARCO METODOLÓGICO

*Nivel y Tipo de Investigación.*

*Nivel: Descriptiva, correlacional y experimental.*

*Tipo: Mixto (Cuantitativa, cualitativa).*

*Diseño de la Investigación.*

*Se evaluara la variable dependiente al ser aplicado cada uno de los sistemas, se tiene determinado que un sistema de estabilización debe ser aplicado; por lo tanto no hay evaluación sin la aplicación de la variable independiente.*

*Y se realizara de la siguiente manera:*

*1.-Recopilacion y análisis previo.*

*2.-Reconocimiento de campo y recolección de datos.*

*3.-Análisis de la información, evaluación del riesgo y determinación de valores convenientes para las variables intervinientes no condicionadas.*

*4.-Diseño de los planteamientos.*

5.-Calculo del presupuesto y evaluación de factibilidad.

6.-Comparación, evaluación de resultados y análisis.

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	DIMENSIONES	VARIABLES	OPERACIÓNABILIDAD DE LAS VARIABLES	
	GENERALES	PRINCIPAL		INDEPENDIENTE	UNIDADES	INDICADORES
	Estudiar con fines de control los procesos erosivos avanzados en los kilómetros 63+500 y 72+800 de la carretera Huánuco Tingo María.	El sistema más viable para el control de la erosión y estabilización de taludes es el uso de geosintéticos en los kilómetros 63+500 y 72+800 de la carretera Huánuco	TIEMPO	Periodo de servicio.	AÑOS	Hojas de calculo
			Topografía (condicionada).	Pendientes y taludes.	°SEXAGESIMALES	Planos
				Área de la cuenca	m <sup>2</sup>	
			Geología (condicionada).	Geología (condicionada).	Clasificación geológica de suelos y rocas.	Estudios geológicos previos.
Geomorfología (condicionada).	Geomorfología (condicionada).	Clasificación geomorfológica de la zona (Hidrogeología, Litoestratigrafía).	Estudios previos de la geomorfología.			

¿Cómo podremos conocer y controlar los procesos erosivos avanzados en los kilómetros 63+500 y 72+800 de la carretera a Huanuco Tingo María?		Tingo María.	GEOTECNIA	Erosionabilidad de rocas.	Caracterización de la erosionabilidad de rocas.	Estudio de erosionabilidad de rocas.	
				Erosionabilidad de taludes.	Caracterización de la erosionabilidad de taludes.	Estudio de erosionabilidad de taludes.	
				Características geotécnicas de los suelos.	Caracterización geotécnica de suelos y rocas.	Estudios de características geotécnicas suelos y rocas.	
			HIDROLOGIA	Precipitaciones.	mm/año	Hojas de calculo.	
				Caudales.	m <sup>3</sup> /s	Hojas de calculo.	
				Escurrentía	Caracterización de la escurrentía superficial.	Estudio hidrológico de escurrentía superficial.	
		<b>ESPECÍFICOS</b>	<b>SECUNDARIO</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>DEPENDIENTE</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>INDICADORES</b>
		Caracterizar los suelos y rocas de las zonas de erosión avanzada de los kilómetros 63+500 y 72+800 de la carretera Huánuco Tingo María.	Los suelos son detríticos y las rocas son esquistosas con características de erosionabilidad media.				
		Estudiar las características topográficas, hidrológicas, geológicas de	Las zonas presentan características accidentadas de altas pendientes sobre el				

	vegetación y acciones antrópicas relacionadas con las erosiones avanzadas de los kilómetros 63+500 y 72+800 de la carretera Huánuco Tingo María.	30%, poca vegetación y se registran fuertes precipitaciones pluviales.				
	Estudiar los procesos erosivos, en las zonas de erosión avanzada de los kilómetros 63+500 y 72+800 de la carretera Huánuco Tingo María.	El proceso erosivo se acentúa por las altas pendientes y acumulación de escorrentía sobre terrenos de mediana erosionabilidad de suelos y rocas.	DISEÑO	Erosión en los kilómetros 63+500 y 72+800 de la carretera Huánuco Tingo María.	Alternativa de diseño	Memorias, Planos, Especificaciones, Informes.
	Diseñar un sistema para el control de la erosión, estabilización de taludes y manejo de aguas, en las zonas de erosión avanzada de los kilómetros 63+500 y 72+800 de la	El sistema más viable para el control de la erosión y estabilización de taludes es el uso de geosintéticos en los kilómetros 63+500 y 72+800 de la				

	carretera Huánuco Tingo María.	carretera Huánuco Tingo María.				
	Evaluar el impacto ambiental.	El impacto ambiental producido por el diseño es positivo y todos los impactos negativos son bajos.				
	Evaluar los costos del diseño planteado.	Los costos para la implementación del sistema diseñado son razonables.				

## UNIVERSO/POBLACIÓN Y MUESTRA

*Determinación del Universo/Población.*

*El universo lo constituyen las dos cárcavas de los kilómetros 63+500 y 72+800 de la carretera Huánuco Tingo María.*

*La población lo constituyen las dos cárcavas de los kilómetros 63+500 y 72+800 de la carretera Huánuco Tingo María.*

*Selección de la Muestra.*

*Lo constituyen las dos cárcavas de los kilómetros 63+500 y 72+800 de la carretera Huánuco Tingo María.*

## TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO DE DATOS

*Fuentes, técnicas e instrumentos de recolección de datos.*

*Las fuentes serán estudios documentados y relevantes relacionados a nuestra investigación, tales como revistas, artículos, ponencias, libros, etc.*

*También lo constituirán instituciones autorizadas y especializadas relacionadas a nuestra investigación tales como el SENAMHI, INGEMMET, etc.*



*Las técnicas lo constituirán el muestreo, la documentación, etc.*

*Los instrumentos lo constituirán los equipos topográficos, los equipos de muestreo y de ensayos, etc.*

*Procesamiento y presentación de datos.*

*Los datos serán procesados en ordenador donde se hará el cálculo de las características geotécnicas e hidrológicas se realizaran modelamientos por ordenador de la topografía, de la estabilidad de los taludes, de las condiciones de erosión para determinar diseños adecuados y óptimos.*

*Para finalmente presentar los cálculos, planos en escalas apropiadas, metrados y presupuestos haciendo una breve comparación de los sistemas de estabilización.*

## ASPECTOS ADMINISTRATIVOS Y PRESUPUESTALES

*Potencial humano.*

*Tesistas*

*Asesor de la tesis.*

*Asesores externos (consultas a especialistas).*

*Secretaria por tres meses.*

*02 Ayudantes de topografía por 15 días.*

*02 Peones y 01 Encargado de la extracción de muestras por 15 días.*

*01 Chofer para transporte por 15 días.*

*Recursos materiales.*

*03 millares de papel bond A4.*

*01 camioneta para transporte de tesistas y personal, transporte de muestras 15 días.*

*03 Laptops, 02 para los tesistas y 01 para la secretaria.*

*03 lapiceros azules Faber Castell, 03 lapiceros negros Faber Castell.*

*Libros especializados.*

*Recursos financieros.*

*El financiamiento será realizado con recursos propios y además incluirá el financiamiento para:*

*Los servicios de internet (04 meses).*

*Las impresiones, ploteos, el encuadernado y empastado.*

*Alquiler de equipo topográfico.*

*La compra de datos del SENAMHI.*

*Ensayos y estudios de suelos y erosionabilidad.*

*Servicios de transporte (pasajes).*

*Costos.*

<i>Asesores externos (consultas a especialistas).....</i>	<i>1,000.00 S/.</i>
<i>Secretaria por tres meses.....</i>	<i>1,200.00 S/.</i>
<i>02 Ayudantes de topografía por 15 días.....</i>	<i>1,500.00 S/.</i>
<i>02 Peones.....</i>	<i>1,500.00 S/.</i>
<i>01 Chofer para transporte por 15 días.....</i>	<i>1,000.00 S/.</i>
<i>03 millares de papel bond A4.....</i>	<i>120.00 S/.</i>
<i>01 camioneta para transporte de tesis y personal, transporte de muestras 15 días.....</i>	<i>1,000.00 S/.</i>
<i>03 lapiceros azules Faber Castell, 03 lapiceros negros Faber Castell.</i>	
<i>Libros especializados.....</i>	<i>3.00 S/.</i>
<i>Los servicios de internet.....</i>	<i>400.00 S/.</i>
<i>Las impresiones, ploteos, el encuadernado y empastado.....</i>	<i>500.00 S/.</i>
<i>Alquiler de equipo topográfico.....</i>	<i>750.00 S/.</i>
<i>La compra de datos del SENAMHI.....</i>	<i>500.00 S/.</i>
<i>Ensayos y estudios de suelos y erosionabilidad.....</i>	<i>6,000.00 S/.</i>
<i>Servicios de transporte (pasajes).....</i>	<i>200.00 S/.</i>
<b><i>TOTAL.....</i></b>	<b><i>15,673.00 S/.</i></b>
<i>Cronograma de Acciones.</i>	

**CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES PARA LA TESIS:**

**"Planteamiento de control de la erosión y estabilización de taludes en dos cárcavas del Mirador, carretera Huánuco-Tingo María,**

**Huánuco 2014**

<i>Etapas Investigativas</i>	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 5	Sem 6	Sem 7	Sem 8	Sem 9	Sem 10	Sem 11	Sem 12	Sem 13	Sem 14	Sem 15	Sem 16	Sem 17	Sem 18	Sem 19	Sem 20	
<i>En todas las etapas se ira construyendo la estructura de tesis y solo resaltamos los aspectos determinantes.</i>																					
<i>1.-Recopilacion y análisis previo.</i>																					
<i>2.-Reconocimiento de campo y recolección de datos.</i>																					
<i>3.-Análisis de la información, evaluación del riesgo y determinación de valores convenientes para las variables intervinientes no condicionadas.</i>																					
<i>4.-Diseño de los planteamientos.</i>																					
<i>5.-Calculo del presupuesto y evaluación de factibilidad.</i>																					
<i>6.-Comparación, evaluación de resultados, análisis y presentación.</i>																					

**Anexo 02-A**  
**ESTUDIO HIDROLÓGICO**  
**ANÁLISIS DE**  
**PRECIPITACIONES**

**ESTUDIO DE LOS PROCESOS EROSIVOS AVANZADOS EN LOS  
KM. 63+500 Y 75+800 DE LA RUTA NACIONAL PE+18A, SECTOR  
HUÁNUCO-TINGO MARÍA, PROVINCIA DE HUÁNUCO - 2015.**

**ESTUDIO HIDROLÓGICO.**

**ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN EN 24 HORAS DE LA EST.  
CARPISH**

**ESTUDIO DE LOS PROCESOS EROSIVOS AVANZADOS EN LOS KM. 63+500 Y 75+800 DE LA RUTA NACIONAL PE+18A, SECTOR HUÁNUCO-TINGO MARÍA, PROVINCIA DE HUÁNUCO - 2015.**

**ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN EN 24 HORAS**

PARA LA REALIZACIÓN DEL ESTUDIO HIDROLÓGICO DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DONDE SE UBICA LA ZONA DISPONE SOLAMENTE DE MEDICIÓN CLIMATOLOGICA, CONSIDERANDO LA DISPONIBILIDAD DE ESTOS REGISTROS CLIMATOLOGICOS EL PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS SERA CON LOS MÉTODOS BASADOS EN EL ESTUDIO DE LA PRECIPITACIÓN Y LAS CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS DE LAS CUENCAS (MÉTODOS INDIRECTOS).

LA DETERMINACION DE LA CURVA PRECIPITACIÓN MAX. EN 24 HRS. - PERIODO DE RETORNO SE REALIZÓ MEDIANTE EL ANÁLISIS ESTADISTICO DE AJUSTE DE UNA DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD, APLICÁNDOSE EN ESTE CASO LAS DISTRIBUCIONES: NORMAL, LOGNORMAL, PEARSON, LOGPEARSON, GUMBEL, LOGGUMBEL. ELIGIÉNDOSE LA MÁS REPRESENTATIVA A LA SERIE DE DATOS ANALIZADOS.

**DEL ANÁLISIS RESULTA QUE LA DISTRIBUCIÓN DE GUMBEL Y LOG-GUMBEL ES LA QUE MAS SE APEGA A LA SERIE DE DATOS DE LA ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA DE CARPISH**

**ESTUDIO DE LOS PROCESOS EROSIVOS AVANZADOS EN LOS KM.  
63+500 Y 75+800 DE LA RUTA NACIONAL PE+18A, SECTOR  
HUÁNUCO-TINGO MARÍA, PROVINCIA DE HUÁNUCO - 2015.**

ESTUDIO HIDROLÓGICO DE AVENIDAS  
ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN EN 24 HORAS (1995-2009)

ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA DE CARPISH

ORDEN	AÑO	PM24
1	2004	88.4
2	1996	81
3	2007	81
4	2006	77.3
5	2005	64
6	1999	60.6
7	2000	60.1
8	1998	57.2
9	2003	56.2
10	2001	55.9
11	1997	55
12	2008	54.2
13	1995	54.2
14	2002	52.7
15	2009	48.9

**ESTUDIO DE LOS PROCESOS EROSIVOS AVANZADOS EN LOS KM. 63+500 Y 75+800 DE LA RUTA NACIONAL PE+16A,  
SECTOR HUÁNUCO-TINGO MARÍA, PROVINCIA DE HUÁNUCO -2015.**

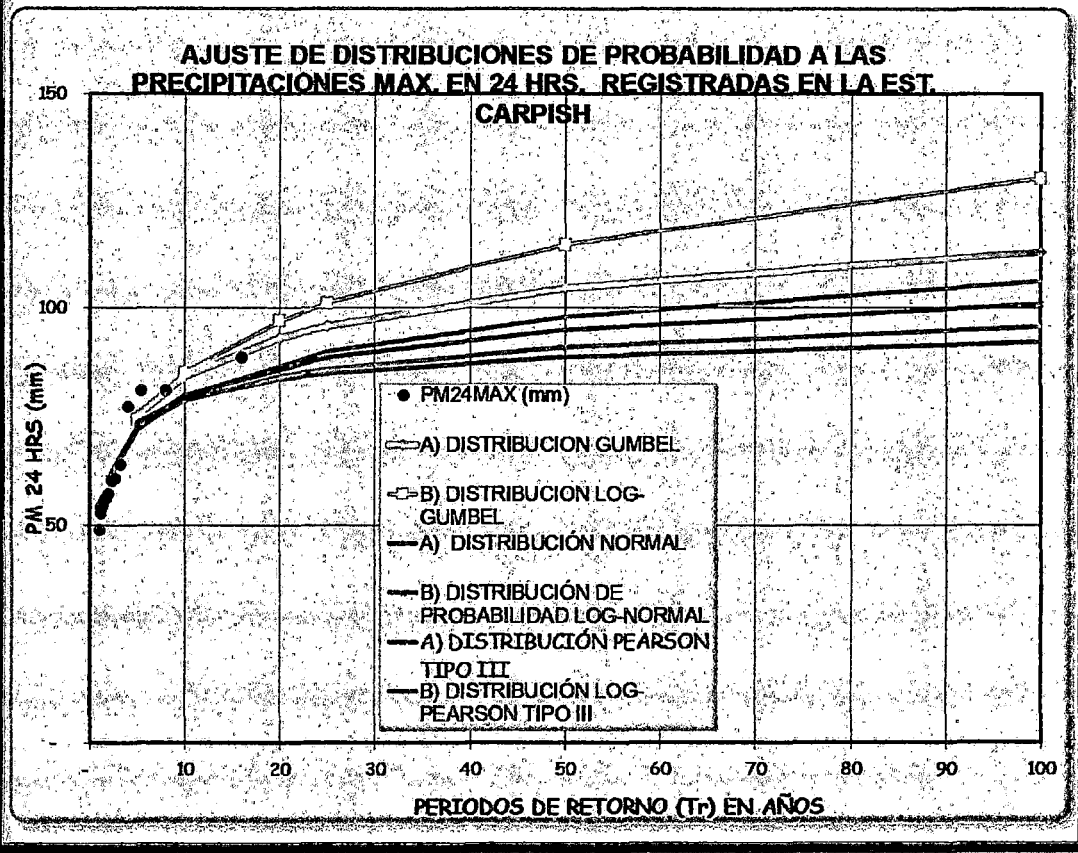
**ESTUDIO HIDROLÓGICO DE AVENIDAS  
ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN EN 24 HORAS (1995-2009)**

**RESUMEN DEL AJUSTE DE DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD A LAS PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 HRS.  
REGISTRADAS EN LA ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA DE CARPISH**

AÑO	m	P(obs)	Tr=(N+1) /m	PM24MAX (mm)	DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD					
					DP (GUM)	DP (NOR)	DP (LNOR)	DP (LGUM)	DP (PEAR)	DP (LPEAR)
2004	1	0.938	16	88.4	90.3	88.4	90.4	93.0	84.9	83.2
1996	2	0.875	8	81.0	81.4	81.0	81.0	81.5	76.8	76.4
2007	3	0.813	5	81.0	76.0	81.0	81.0	75.2	72.1	72.5
2006	4	0.750	4	77.3	72.0	77.3	76.7	70.9	68.7	69.7
2005	5	0.688	3	64.0	68.8	64.0	62.9	67.6	66.2	67.5
1999	6	0.625	3	60.6	66.1	60.6	59.8	64.9	64.0	65.7
2000	7	0.563	2	60.1	63.6	60.1	59.3	62.5	62.2	64.3
1998	8	0.500	2	57.2	61.3	57.2	56.8	60.4	60.7	63.0
2003	9	0.438	2	56.2	59.2	56.2	56.0	58.5	59.3	61.8
2001	10	0.375	2	55.9	57.1	55.9	55.8	56.8	58.1	60.8
1997	11	0.313	1	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	57.0	59.9
2008	12	0.250	1	54.2	52.9	54.2	54.4	53.3	56.0	59.0
1995	13	0.188	1	54.2	50.6	54.2	54.4	51.5	55.0	58.2
2002	14	0.125	1	52.7	47.9	52.7	53.2	49.5	54.2	57.5
2009	15	0.063	1	48.9	44.4	48.9	50.2	47.0	53.4	56.8



ESTUDIO DE LOS PROCESOS EROSIVOS AVANZADOS EN LOS KM. 63+500 Y 75+800 DE LA RUTA NACIONAL PE+18A.  
 SECTOR HUÁNUCO-TINGO MARÍA, PROVINCIA DE HUÁNUCO - 2015.  
 ESTUDIO HIDROLÓGICO DE AVENIDAS  
 ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN EN 24 HORAS (1995-2009)



ESTUDIO DE LOS PROCESOS EROSIVOS AVANZADOS EN LOS KM. 63+500 Y 75+800 DE LA RUTA NACIONAL PE-18A, SECTOR HUÁNUCO-TINGO MARÍA, PROVINCIA DE HUÁNUCO-2015.

ESTUDIO HIDROLÓGICO DE AVENIDAS  
ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN EN 24 HORAS (1995-2009)

AJUSTE DE LAS DISTRIBUCIONES GUMBEL SIMPLE Y LOG-GUMBEL A LAS PRECIPITACIONES MAX. EN 24 HRS. DE LA EST. DE CARPISH.

AÑO	m	P(obs)	Tr=(N+1)/m	PM24MAX.(mm)	GUMBEL				LOG-GUMBEL			
					DP (GUM)	p(X<=x)=1-(1/Tr)	Y	DP (LGUM)	p(X<=x)=1-(1/Tr)	Y	W	W= LOG X
2004	1	0.9375	16.00	88.4	90	0.9375	2.740	93	0.9375	2.740	1.97	1.95
1998	2	0.8750	8.00	81.0	81	0.8750	2.013	81	0.875	2.013	1.91	1.91
2007	3	0.8125	5.33	81.0	76	0.8125	1.572	75	0.813	1.572	1.88	1.91
2006	4	0.7500	4.00	77.3	72	0.7500	1.246	71	0.750	1.246	1.85	1.89
2005	5	0.6875	3.20	64.0	69	0.6875	0.982	68	0.688	0.982	1.83	1.81
1999	6	0.6250	2.67	60.6	66	0.6250	0.755	65	0.625	0.755	1.81	1.78
2000	7	0.5625	2.29	60.1	64	0.5625	0.553	63	0.563	0.553	1.80	1.78
1998	8	0.5000	2.00	57.2	61	0.5000	0.367	60	0.500	0.367	1.78	1.76
2003	9	0.4375	1.78	56.2	59	0.4375	0.190	59	0.438	0.190	1.77	1.75
2001	10	0.3750	1.60	55.9	57	0.3750	0.019	57	0.375	0.019	1.75	1.75
1997	11	0.3125	1.45	55.0	55	0.3125	0.151	55	0.313	0.151	1.74	1.74
2008	12	0.2500	1.33	54.2	53	0.2500	0.327	53	0.250	0.327	1.73	1.73
1995	13	0.1875	1.23	54.2	51	0.1875	0.515	52	0.188	0.515	1.71	1.73
2002	14	0.1250	1.14	52.7	48	0.1250	0.732	50	0.125	0.732	1.69	1.72
2009	15	0.0625	1.07	48.9	44	0.0625	1.020	47	0.063	1.020	1.67	1.69
		MAX		88								1.9
		MIN		49								1.7
		MEDIA		63								1.8
		ACUMULADA		947								26.9
		DESVIACION		12								0.1

ESTUDIO DE LOS PROCESOS EROSIVOS AVANZADOS EN LOS KM. 63+600 Y 78+800 DE LA RUTA NACIONAL PE+18A, SECTOR HUÁNUCO-TINGO MARÍA, PROVINCIA DE HUÁNUCO - 2016.

ESTUDIO HIDROLÓGICO DE AVENIDAS  
ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN EN 24 HORAS (1995-2009)

METODOLOGIA DE APLICACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD GUMBEL  
DICHA DISTRIBUCIÓN ES DEL TIPO EXPONENCIAL, CASO ESPECIAL DE LA LOG-NORMAL

A) DISTRIBUCION GUMBEL

FUNCION MATEMATICA  
 $X = X_m + ((Y - Y_n) / T_n) S$

DONDE:

X VALOR BUSCADO

$X_m, S$  MEDIA Y DESVIACION DE LA SERIE

$Y_n, T_n$  CONSTANTES TEORICAS, SEGÚN n (CUADRO 3.6)

n NUMERO TOTAL DE DATOS CONSIDERADOS

Y 16	T 16
0.5128	1.0208

Y VARIABLE REDUCIDA, FUNCION DE LA PROBABILIDAD

$$X = X_m + ((Y - Y_n) / T_n) S$$

Tr	$p(X \leq x) = 1 - (1/Tr)$	Y	X
1000	0.9990	6.907	141.1
500	0.9980	6.214	132.8
200	0.9950	5.298	121.4
100	0.9900	4.600	112.9
50	0.9800	3.902	104.4
25	0.9599	3.196	95.8
20	0.9500	2.970	93.1
10	0.9000	2.250	84.3
6	0.8000	1.800	76.1
2	0.8000	0.387	61.3

INTERVALO DE CONFIANZA PARA EL Tr = 100 AÑOS

SI CTE. =  $1 - 1/Tr$

ENTONCES  $Ax = \pm 1.14 Sx / T_n$

0.99 MAYORA 0.9

13.60

EL VALOR FLUCTUA ENTRE:

127 POR REGISTROS ALTOS SE CONSIDERA ADECUADO EL INTERVALO ALTO

89

B) DISTRIBUCION LOG-GUMBEL

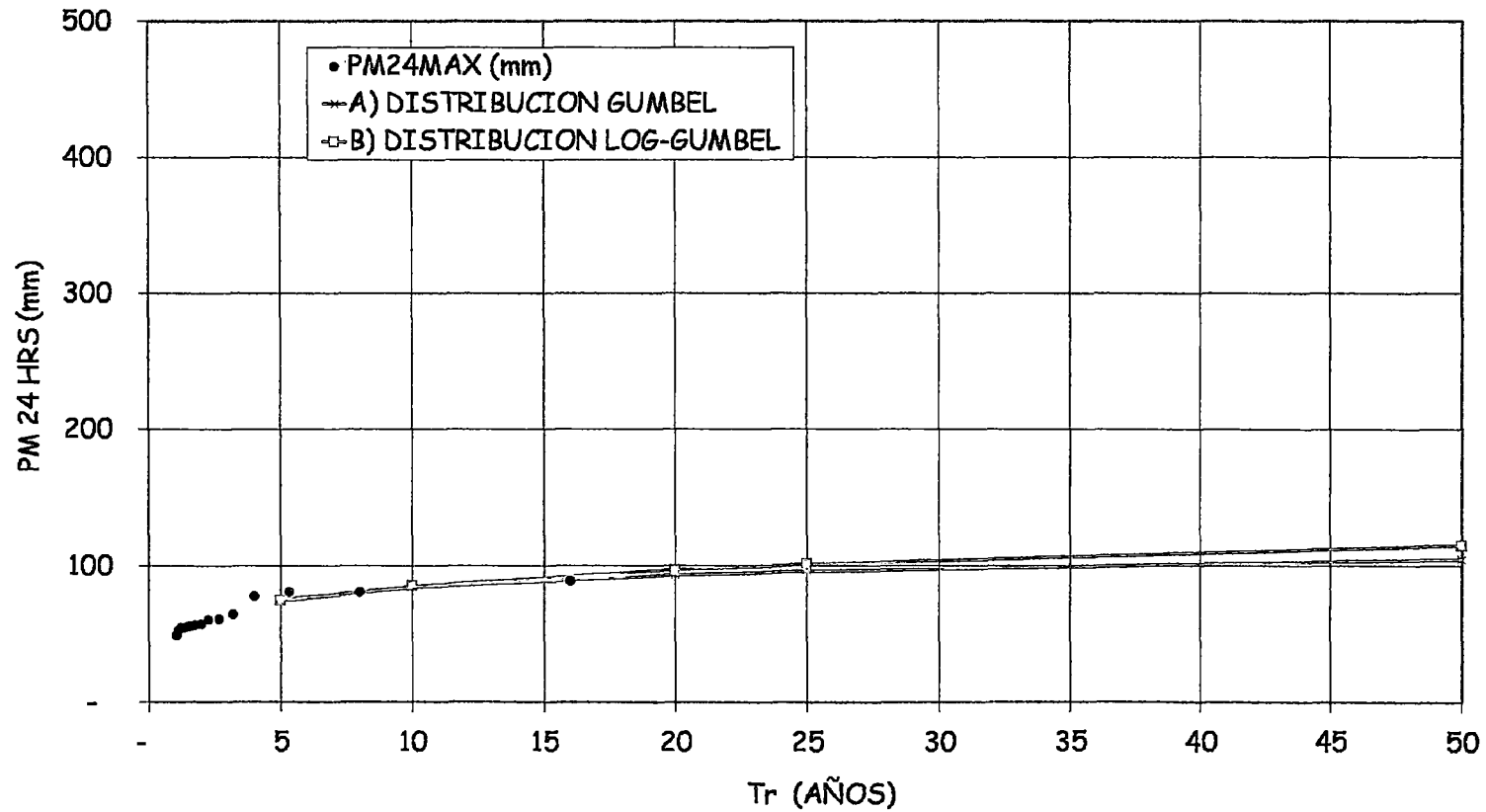
FUNCION MATEMATICA

$$W = W_m + ((Y - Y_n) / T_n) S_w$$

EL PROCEDIMIENTO ES SIMILAR A LA DE GUMBEL, CONSIDERANDO COMO SERIE A LOS LOGARITMOS DE LOS DATOS ORIGINALES. ESTO ES  $W_i = \text{LOG } X_i$

Tr	$p(X \leq x) = 1 - (1/Tr)$	Y	W	X=ANTILOG (W)
1000	0.9990	6.907	2.30	188.0
500	0.9980	6.214	2.24	174.6
200	0.9950	5.298	2.17	147.8
100	0.9900	4.600	2.11	130.3
50	0.9800	3.902	2.06	114.8
25	0.9599	3.196	2.0	100.9934108
20	0.9500	2.970	1.99	96.9
10	0.9000	2.250	1.93	85.1
6	0.8000	1.500	1.87	74.2
			1.78	60.44362827

### AJUSTE DE LAS DISTRIBUCIONES GUMBEL Y LOG-GUMBEL (EST. CARPISH.)



ESTUDIO DE LOS PROCESOS EROSIVOS AVANZADOS EN LOS KM. 63+500 Y 75+800 DE LA RUTA NACIONAL PE-18A.  
 SECTOR HUÁNUCO-TINGO MARÍA, PROVINCIA DE HUÁNUCO - 2015  
 ESTUDIO HIDROLÓGICO DE AVENIDAS  
 ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN EN 24 HORAS (1995-2009)

Cuadro 3.6: Método de Gumbel Valores de  $Y_n$  y  $S_n$ 

$n_c$	$Y_n$	$S_n$	$n_c$	$Y_n$	$S_n$	$n_c$	$Y_n$	$S_n$
2	0.4043	0.4884	37	0.5418	1.1339	84	0.5576	1.1967
3	0.4286	0.6435	38	0.5424	1.1363	86	0.5580	1.1980
4	0.4458	0.7315	39	0.5430	1.1388	88	0.5583	1.1994
5	0.4588	0.7928	40	0.5436	1.1413	90	0.5586	1.2007
6	0.4690	0.8388	41	0.5442	1.1436	92	0.5589	1.2020
7	0.4774	0.8749	42	0.5448	1.1458	94	0.5592	1.2032
8	0.4843	0.9043	43	0.5453	1.1480	96	0.5595	1.2044
9	0.4902	0.9288	44	0.5458	1.1499	98	0.5598	1.2055
10	0.4952	0.9497	45	0.5463	1.1519	100	0.5600	1.2065
11	0.4996	0.9676	46	0.5468	1.1538	150	0.5646	1.2253
12	0.5035	0.9833	47	0.5473	1.1557	200	0.5672	1.2360
13	0.5070	0.9972	48	0.5477	1.1574	250	0.5688	1.2429
14	0.5100	1.0095	49	0.5481	1.1590	300	0.5699	1.2479
15	0.5128	1.0208	50	0.5485	1.1607	400	0.5714	1.2545
16	0.5157	1.0316	51	0.5489	1.1623	500	0.5724	1.2588
17	0.5181	1.0411	52	0.5493	1.1638	750	0.5738	1.2651
18	0.5202	1.0493	53	0.5497	1.1653	1000	0.5745	1.2685
19	0.5220	1.0566	54	0.5501	1.1667			
20	0.5236	1.0628	55	0.5504	1.1681			
21	0.5252	1.0696	56	0.5508	1.1696	-	-	-
22	0.5368	1.0754	57	0.5511	1.1708			
23	0.5283	1.0811	58	0.5515	1.1721	-	-	-
24	0.5296	1.0864	59	0.5518	1.1734			
25	0.5309	1.0915	60	0.5521	1.1747			
26	0.5320	1.0961	62	0.5557	1.1770			
27	0.5332	1.1004	64	0.5533	1.1793			
28	0.5343	1.1047	66	0.5538	1.1814			
29	0.5353	1.1086	68	0.5543	1.1834			
30	0.5362	1.1124	70	0.5548	1.1854			
31	0.5371	1.1159	72	0.5552	1.1873			
32	0.5380	1.1193	74	0.5557	1.1890			
33	0.5388	1.1226	76	0.5561	1.1906			
34	0.5396	1.1255	78	0.5565	1.1923			
35	0.5403	1.1285	80	0.5569	1.1938			
36	0.5410	1.1313	82	0.5572	1.1953		0.5772	1.2826

TABLA: Constantes teoricas en funcion del numero de datos.

ESTUDIO DE LOS PROCESOS EROSIVOS AVANZADOS EN LOS KM. 63+500 Y 75+800 DE LA RUTA NACIONAL PE+18A, SECTOR HUÁNUCO-TINGO MARÍA, PROVINCIA DE HUÁNUCO - 2015.

ESTUDIO HIDROLÓGICO DE AVENIDAS  
ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN EN 24 HORAS (1995-2009)

AJUSTE DE LAS DISTRIBUCIONES NORMAL Y LOG-NORMAL A LAS PRECIPITACIONES MAX. EN 24 HRS. REGISTRADAS EN LA EST. CARPISH.

AÑO	m	P(obs)	Tr=(N+1)/m	PM24MAX (mm)	NORMAL				LOG-NORMAL		
					DP (NOR)	Z	F(X)	DP (LNOR)	Y= LOG XI	(Y-Ym)**3	
2004	1	0.94	16	88.4	88.4	2.03	0.4375	0.9375	90.43	1.9	0.004
1996	2	0.88	8	81.0	81.0	1.44	0.38	0.8750	81.00	1.9	0.002
2007	3	0.81	5	81.0	81.0	1.44	0.31	0.8125	81.00	1.9	0.002
2006	4	0.75	4	77.3	77.3	1.14	0.25	0.7500	76.66	1.9	0.001
2005	5	0.69	3	64.0	64.0	0.07	0.19	0.6875	62.89	1.8	0.000
1999	6	0.63	3	60.6	60.6	0.20	0.13	0.6250	59.79	1.8	0.000
2000	7	0.56	2	60.1	60.1	0.24	0.06	0.5625	59.35	1.8	0.000
1998	8	0.50	2	57.2	57.2	0.48	-	0.5000	56.84	1.8	0.000
2003	9	0.44	2	56.2	56.2	0.56	0.06	0.4375	56.00	1.7	0.000
2001	10	0.38	2	55.9	55.9	0.58	0.13	0.3750	55.75	1.7	0.000
1997	11	0.31	1	55.0	55.0	0.65	0.19	0.3125	55.01	1.7	0.000
2008	12	0.25	1	54.2	54.2	0.72	0.25	0.2500	54.36	1.7	0.000
1995	13	0.19	1	54.2	54.2	0.72	0.31	0.1875	54.36	1.7	0.000
2002	14	0.13	1	52.7	52.7	0.84	0.38	0.1250	53.16	1.7	0.000
2009	15	0.06	1	48.9	48.9	1.14	0.44	0.0625	50.23	1.7	0.001
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ACUMULADA				947						27	
MEDIA				63.1						1.8	
DESVIACION (S)				12.4						0.1	
VARIANCIA (S**2)				154.8						0.0	
COEF ASIMETRIA (Cs)				1.009						0.845	
COEF DE VARIACION				0.197						0.045	

ESTUDIO DE LOS PROCESOS PROSIVOS AVANZADOS EN LOS KM. 68+800 Y 75+800 DE LA RUTA NACIONAL PE-18A, SECTOR HUÁNUCO-TINGO MARÍA, PROVINCIA DE HUÁNUCO - 2018.  
 ESTUDIO HIDROLÓGICO DE AVENIDAS  
 ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN EN 24 HORAS (1998-2009)

METODOLOGÍA DE APLICACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD NORMAL

A) DISTRIBUCIÓN NORMAL

NOR(51.7,15)  
 $Z=(X_i-X_m)/S$

XN	Z	F(X)	Tr
98.94	2.880	0.9980	500
95.15	2.575	0.9950	200
92.10	2.330	0.9900	100
88.61	2.050	0.9798	50
84.88	1.750	0.9599	25
83.70	1.655	0.9505	20
79.04	1.280	0.8997	10
73.57	0.841	0.7996	5

B) DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD LOG-NOR

$Z=(Y_i-Y_m)/S_y$

XLN	Z	F(X)	Tr
105.80	2.880	0.9980	500
99.58	2.575	0.9950	200
95.56	2.330	0.9900	100
90.72	2.050	0.9798	50
85.82	1.750	0.9599	25
84.32	1.655	0.9505	20
78.47	1.280	0.8997	10
72.53	0.841	0.7996	5

AJUSTE DE LAS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD NORMAL Y LOG-NORMAL (EST. CARPISH.)

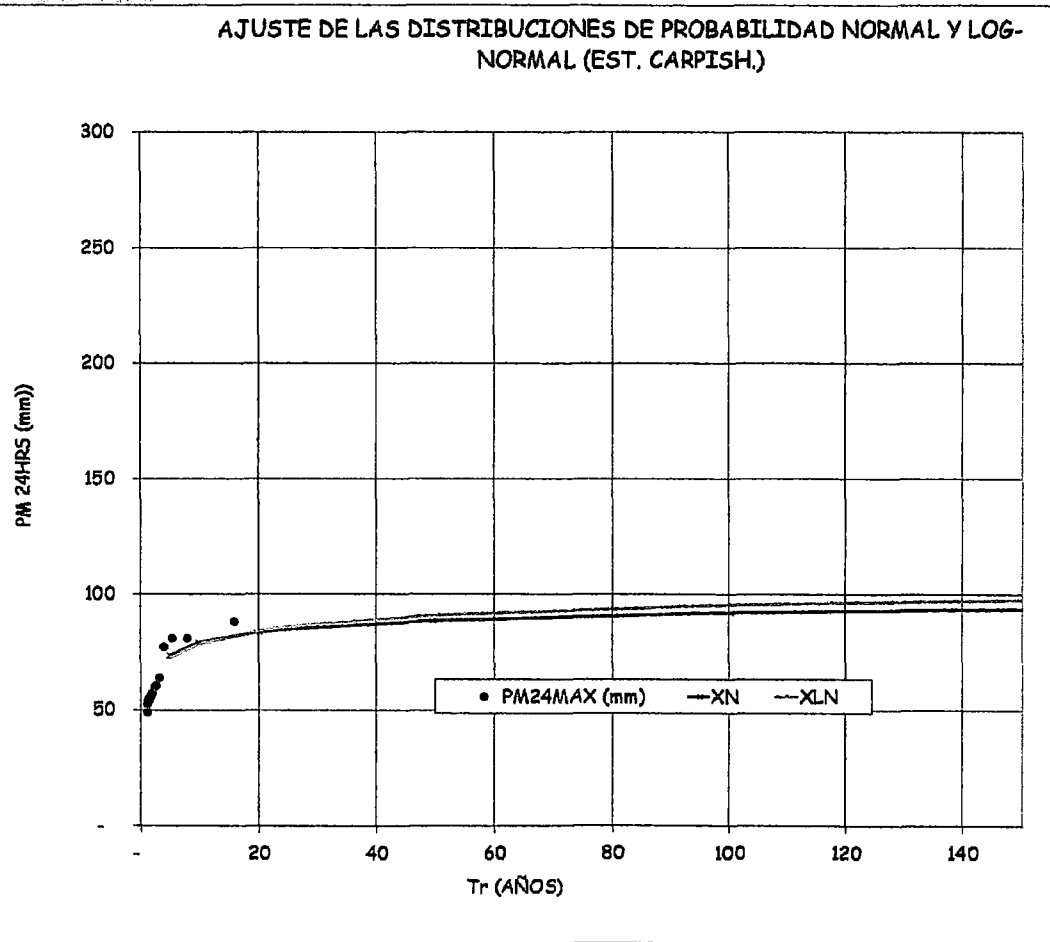


TABLA DE DISTRIBUCIÓN NORMAL  $N(0,1)$  $P(Z \leq z_0)$  (Área del Resinto Coloreado)

$X_n$	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6916	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9516	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9646	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.0	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9960	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9966	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
2.9	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3.0	0.9987	0.9987	0.9987	0.9988	0.9988	0.9989	0.9989	0.9989	0.9990	0.9990
3.1	0.9990	0.9991	0.9991	0.9991	0.9992	0.9992	0.9992	0.9992	0.9993	0.9993
3.2	0.9993	0.9993	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9995	0.9996	0.9995
3.3	0.9995	0.9995	0.9995	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9997
3.4	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9998
3.5	0.9998	0.9998	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999

Tabla: Distribución Normal, para el cálculo de probabilidades.



ESTUDIO DE LOS PROCESOS EROSIVOS AVANZADOS EN LOS KM. 63+500 Y 75+800 DE LA RUTA NACIONAL PE+18A, SECTOR HUÁNUCO-TINGO MARÍA, PROVINCIA DE HUÁNUCO - 2015.

ESTUDIO HIDROLÓGICO DE AVENIDAS  
ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN EN 24 HORAS (1995-2009)

AJUSTE DE LA DISTRIBUCIÓN PEARSON III A LA PRECIPITACIÓN MAX EN 24HRS. ANUALES REGISTRADOS EN LA EST. CLIMATOLÓGICA CARPISH.

AÑO	ORDEN	$T_r=(N+1)/m$	PM24MAX (mm)	DP (PEAR)	$Y_i = \text{LOG } X_i$	DP (LPEAR)	$\text{LN}(T_r)$
2004	1	16.00	88.4	83.17	1.95	84.86	2.77
1996	2	8.00	81.0	76.43	1.91	76.80	2.08
2007	3	5.33	81.0	72.49	1.91	72.09	1.67
2006	4	4.00	77.3	69.69	1.89	68.74	1.39
2005	5	3.20	64.0	67.52	1.81	66.15	1.16
1999	6	2.67	60.6	65.75	1.78	64.03	0.98
2000	7	2.29	60.1	64.25	1.78	62.24	0.83
1998	8	2.00	57.2	62.95	1.76	60.69	0.69
2003	9	1.78	56.2	61.81	1.75	59.32	0.58
2001	10	1.60	55.9	60.78	1.75	58.10	0.47
1997	11	1.45	55.0	59.86	1.74	56.99	0.37
2008	12	1.33	54.2	59.01	1.73	55.98	0.29
1995	13	1.23	54.2	58.23	1.73	55.05	0.21
2002	14	1.14	52.7	57.51	1.72	54.18	0.13
2009	15	1.07	48.9	56.84	1.69	53.38	0.06
ACUMULADA			946.7		26.9		
MEDIA			63.1		1.8		
DESVIACION			12.4		0.1		
VARIANCIA			154.8		0.0		
C. ASIM. (Cs)			1.0		0.8		

ESTUDIO DE LOS PROCESOS EROSIVOS AVANZADOS EN LOS KM. 63-500 Y 75-800 DE LA RUTA NACIONAL PE-18A, SECTOR HUÁNUCO-TINGO MARÍA, PROVINCIA DE HUÁNUCO - 2015.  
 ESTUDIO HIDROLÓGICO DE AVENIDAS  
 ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN EN 24 HORAS (1995-2009)

A) DISTRIBUCIÓN PEARSON TIPO III

$XT = Xm + S KT$

XT	TR	KT (°2)
106.5	200.0	3.489
100.7	100.0	3.022
94.7	50.0	2.542
88.6	25.0	2.043
79.8	10.0	1.340
72.6	5.0	0.768
61.1	2.0	0.164

\*2 CUADRO 3A.2

Cg=

1.0

B) DISTRIBUCIÓN LOG-PEARSON TIPO III

$YT = Ym + Sy KT$

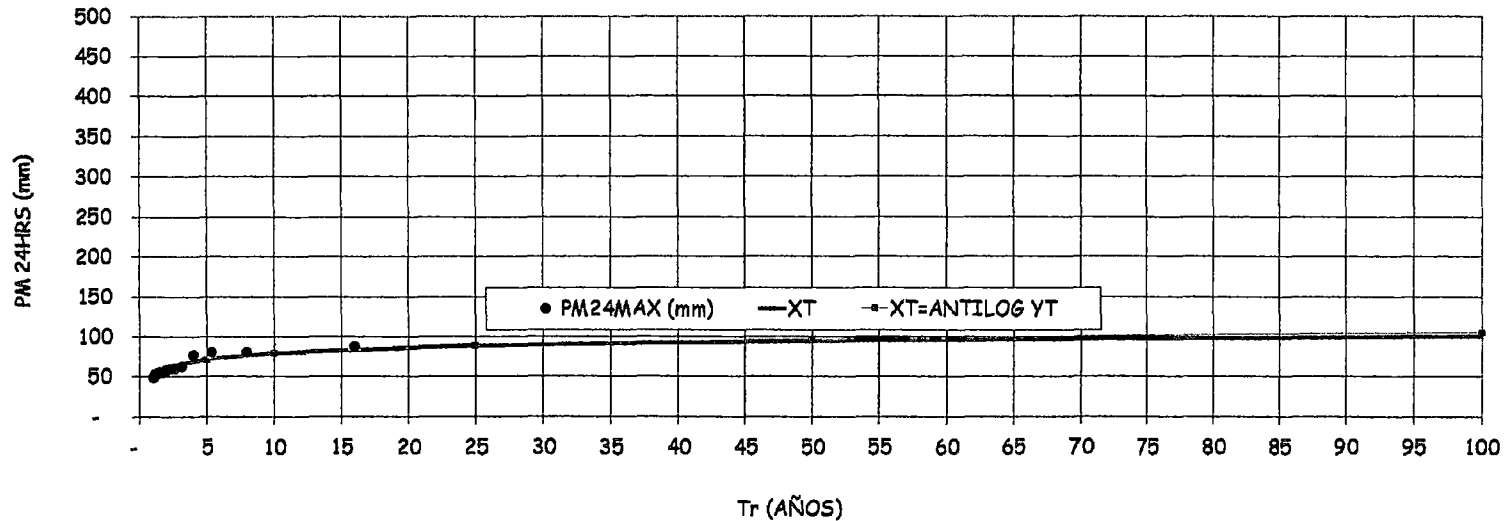
XT=ANTILOG YT	YT	Tr	KT
	116	200.0	3.312
	106	100.0	2.891
	88	50.0	2.463
	80	25.0	1.983
	78	10.0	1.336
	72	5.0	0.780
	61	2.0	0.132

\*2 CUADRO 3A.2

Cg=

0.8

AJUSTE DE LAS DISTRIBUCIONES PEARSON Y LOG-PEARSON (EST. CARPISH.)



ESTUDIO DE LOS PROCESOS EROSIVOS AVANZADOS EN LOS KM: 63+500 Y 75+800 DE LA RUTA NACIONAL PE+18A, SECTOR HUÁNUCO-TINGO MARÍA, PROVINCIA DE HUÁNUCO - 2015.

ESTUDIO HIDROLÓGICO DE AVENIDAS  
ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN EN 24 HORAS (1995-2009)

de Asimetría	Periodo de Retorno en años						
	2	5	10	25	50	100	200
	Probabilidad de Exedencia						
Ci o Cn	0.500	0.200	0.100	0.040	0.020	0.010	0.005
3.0	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.152	4.051	4.970
2.9	-0.390	0.440	1.195	2.277	3.134	4.013	4.909
2.8	-0.384	0.460	1.210	2.275	3.114	3.973	4.847
2.7	-0.376	0.479	1.224	2.272	3.093	3.932	4.783
2.6	-0.368	0.499	1.238	2.267	3.071	3.889	4.718
2.5	-0.360	0.518	1.250	2.262	3.048	3.845	4.652
2.4	-0.351	0.537	1.262	2.256	3.023	3.800	4.584
2.3	-0.341	0.555	1.274	2.248	2.997	3.753	4.515
2.2	-0.330	0.574	1.284	2.240	2.970	3.705	4.444
2.1	-0.319	0.592	1.294	2.230	2.942	3.656	4.372
2.0	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605	4.298
1.9	-0.294	0.627	1.310	2.207	2.881	3.553	4.223
1.8	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499	4.147
1.7	-0.268	0.660	1.324	2.179	2.815	3.444	4.069
1.6	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.388	3.990
1.5	-0.240	0.690	1.333	2.146	2.743	3.330	3.910
1.4	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271	3.828
1.3	-0.210	0.719	1.339	2.108	2.666	3.211	3.745
1.2	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149	3.661
1.1	-0.180	0.745	1.341	2.066	2.585	3.087	3.575
1.0	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022	3.489
0.9	-0.148	0.769	1.339	2.018	2.498	2.957	3.401
0.8	-0.132	0.780	1.336	1.993	2.453	2.891	3.312
0.7	-0.116	0.790	1.333	1.967	2.407	2.824	3.223
0.6	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755	3.132
0.5	-0.033	0.808	1.323	1.910	2.311	2.686	3.041
0.4	-0.066	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615	2.949
0.3	-0.050	0.824	1.309	1.849	2.211	2.544	2.856
0.2	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472	2.763
0.1	-0.017	0.836	1.292	1.785	2.107	2.400	2.670
0.0	0	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576

TABLA: COEFICIENTES DE ASIMETRÍA, PEARSON, LOG PEARSON

ESTUDIO DE LOS PROCESOS EROSIVOS AVANZADOS EN LOS KM: 63+500 Y  
75+800 DE LA RUTA NACIONAL PE+18A, SECTOR HUÁNUCO-TINGO MARÍA,  
PROVINCIA DE HUÁNUCO - 2015.

ESTUDIO HIDROLÓGICO DE AVENIDAS  
ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN EN 24 HORAS (1995-2009)

te de- Asimetría C <sub>1</sub> o C <sub>n</sub>	Periodo de Retorno en años						
	2	5	10	25	50	100	200
	Probabilidad de Exedencia						
	0.500	0.200	0.100	0.040	0.020	0.010	0.005
-0.1	0.017	0.846	1.270	1.716	2.000	2.252	2.482
-0.2	0.033	0.850	1.258	1.680	1.945	2.178	2.388
-0.3	0.050	0.853	1.245	1.643	1.890	2.104	2.294
-0.4	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029	2.201
-0.5	0.083	0.856	1.216	1.567	1.777	1.955	2.108
-0.6	0.099	0.857	1.200	1.528	1.720	1.880	2.016
-0.7	0.116	0.857	1.183	1.488	1.663	1.806	1.926
-0.8	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733	1.837
-0.9	0.148	0.854	1.147	1.407	1.549	1.660	1.749
-1.0	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588	1.664
-1.1	0.180	0.848	1.107	1.324	1.435	1.518	1.581
-1.2	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449	1.501
-1.3	0.210	0.838	1.064	1.240	1.324	1.383	1.424
-1.4	0.225	0.832	1.041	1.198	1.270	1.318	1.351
-1.5	0.240	0.825	1.018	1.157	1.217	1.256	1.282
-1.6	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.197	1.216
-1.7	0.268	0.808	0.970	1.075	1.116	1.140	1.155
-1.8	0.282	0.799	0.945	1.035	1.069	1.087	1.097
-1.9	0.294	0.788	0.920	0.996	1.023	1.037	1.044
-2.0	0.307	0.777	0.895	0.959	0.980	0.990	0.995
-2.1	0.319	0.765	0.869	0.923	0.939	0.946	0.949
-2.2	0.330	0.752	0.844	0.888	0.900	0.905	0.907
-2.3	0.341	0.739	0.819	0.855	0.864	0.867	0.869
-2.4	0.351	0.725	0.795	0.823	0.830	0.832	0.833
-2.5	0.360	0.711	0.771	0.793	0.798	0.799	0.800
-2.6	0.368	0.696	0.747	0.764	0.768	0.769	0.769
-2.7	0.376	0.681	0.724	0.738	0.740	0.740	0.741
-2.8	0.384	0.666	0.702	0.712	0.714	0.714	0.714
-2.9	0.390	0.651	0.681	0.683	0.689	0.690	0.690
-3.0	0.396	0.636	0.666	0.666	0.666	0.667	0.667

TABLA: COEFICIENTES DE ASIMETRÍA, PEARSON, LOG PEARSON

**Anexo 02-B**  
**ESTUDIO HIDROLÓGICO**  
**CÁLCULO DE CAUDALES**

**P<sub>MAX24H</sub> (mm) y ALTITUD (msnm)**

ESTACIÓN	ALTITUD msnm	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)				
		10	25	50	100	500
CARPISH	1950	85.10	101.00	114.80	130.30	174.60

NOTA: Se elige a la estación CARPISH como estación de influencia para el proyecto en el parametro de Precipitación Máxima en 24 Horas. Se hace constar que la estación meteorológica de Carpish se encuentra a escasa distancia de la zona estudiada.

**P<sub>MAX24H</sub> (mm) en el Área del Proyecto para diferentes periodos de retorno**

ESTACIÓN	ALTITUD	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)				
		10	25	50	100	500
PROYECTO	1983.00	85.10	101.00	114.80	130.30	174.60

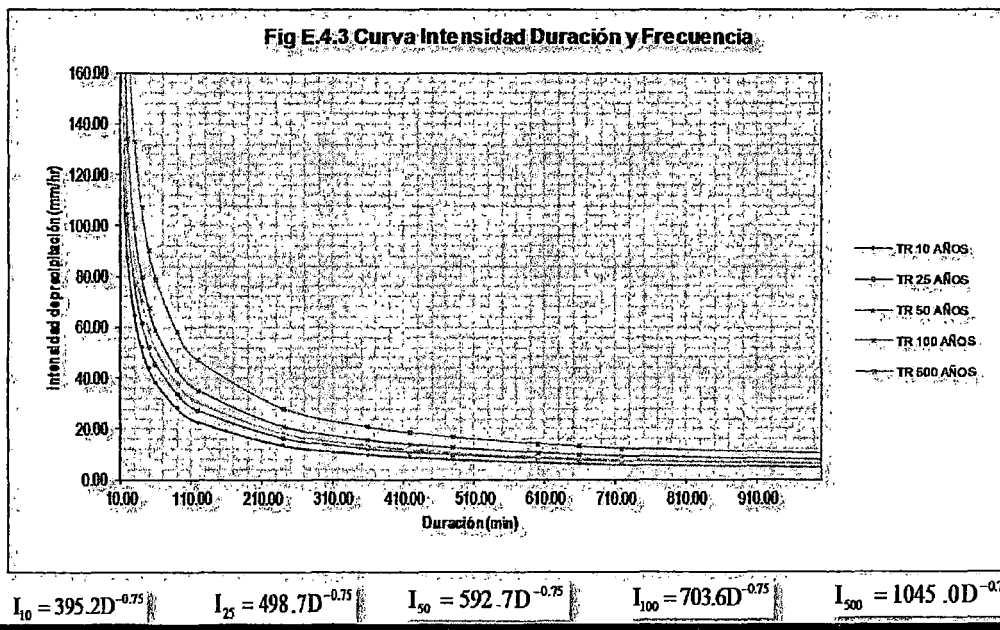
Cuadro E.4.2 PRECIPITACION DE DISEÑO PARA DURACIONES MENORES A 24 HORAS

ZONA DEL PROYECTO						
DURACIÓN		PERIODO DE RETORNO				
Hr	min	10	25	50	100	500
0.17	10.00	24.57	29.16	33.14	37.61	50.40
0.33	20.00	29.21	34.67	39.41	44.73	59.94
0.50	30.00	32.33	38.37	43.61	49.50	66.33
0.67	40.00	34.74	41.23	46.87	53.19	71.28
0.83	50.00	36.74	43.60	49.56	56.25	75.37
1.00	60.00	38.45	45.63	51.87	58.87	78.88
1.50	90.00	42.55	50.50	57.40	65.15	87.30
2.00	120.00	45.72	54.27	61.68	70.01	93.81
4.00	240.00	54.37	64.53	73.35	83.25	111.56
6.00	360.00	60.17	71.42	81.18	92.14	123.46
7.00	420.00	62.54	74.22	84.37	95.76	128.31
8.00	480.00	64.66	76.74	87.23	99.01	132.67
10.00	600.00	68.37	81.15	92.23	104.69	140.28
11.00	660.00	70.02	83.10	94.46	107.21	143.66
12.00	720.00	71.56	84.93	96.53	109.57	146.82
24.00	1440.00	85.10	101.00	114.80	130.30	174.60

**Quadro E.4.3 INTENSIDADES DE DISEÑO PARA DURACIONES MENORES A 24 HORAS**

ZONA DEL PROYECTO						
DURACIÓN		PERIODO DE RETORNO				
Hr.	min	10	25	50	100	500
0.17	10.00	147.40	174.94	198.84	225.69	302.42
0.33	20.00	87.64	104.02	118.23	134.19	179.82
0.50	30.00	64.66	76.74	87.23	99.01	132.67
0.67	40.00	52.11	61.85	70.30	79.79	106.92
0.83	50.00	44.08	52.32	59.47	67.50	90.44
1.00	60.00	38.45	45.63	51.87	58.87	78.88
1.50	90.00	28.37	33.67	38.27	43.43	58.20
2.00	120.00	22.86	27.13	30.84	35.00	46.90
4.00	240.00	13.59	16.13	18.34	20.81	27.89
6.00	360.00	10.03	11.90	13.53	15.36	20.58
7.00	420.00	8.93	10.60	12.05	13.68	18.33
8.00	480.00	8.08	9.59	10.90	12.38	16.58
10.00	600.00	6.84	8.11	9.22	10.47	14.03
11.00	660.00	6.37	7.55	8.59	9.75	13.06
12.00	720.00	5.96	7.08	8.04	9.13	12.24
24.00	1440.00	3.55	4.21	4.78	5.43	7.28

**Fig E.4.3 Curva Intensidad Duración y Frecuencia**





**PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS MICROCUENCA MAS GRANDE**

MICROCUENCA	PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS									DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA
	ÁREA A km <sup>2</sup>	PERÍMETRO P km	LONGITUD CAUCÉ L km	COTA MÍNIMA msnm	COTA MÁXIMA msnm	PENDIENTE s m/m	COTA MEDIA msnm	ÍNDICE DE COMPACTAD AD	FACTO R DE FORMA	
1	0.388	2.790	0.892	1915.0	2302.0	0.434	2108.5	1.26	0.49	MICROCUENCA CHINCHAO 1, BOSQUES SEMI DENSOS A POCO DENSOS ABUNDANCIA DE PLANTAS PERMEABILIDAD MODERADA A ALTA POCA

PARÁMETROS HIDROLÓGICOS											
MICROCUENCA	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (hr)					T. LAG min.	PRECIPITACIÓN MÁXIMA (mm)				
	KIRPICH	HATHAWAY	BRANSBY WILLIAMS	US CORP. ING.	MEDIA GEOME TRICA		PERIODO DE RETORNO				
							10	25	50	100	500
1	0.08	0.33	0.28	0.32	0.22	7.80	85.10	101.00	114.80	130.30	174.60

TLAG = TIEMPO DE RETARDO.

- **Fórmula de Kirpich:**

$$T_c = 0.06628 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$
- **Fórmula del US Corps of Engineers (Temez):**

$$T_c = 0.3 \frac{L^{0.76}}{S^{0.19}}$$
- **Fórmula de Bransby - Williams:**

$$T_c = 0.2433 \frac{L}{A^{0.1} S^{0.2}}$$
- **Fórmula de Hathaway:**

$$T_c = 36.60 \frac{(L.n)^{0.467}}{S^{0.234}}$$

Donde:  
T<sub>c</sub> = Tiempo de concentración en horas.  
L = Longitud del cauce en Km.  
S = Pendiente en m/m.  
A = Área Km<sup>2</sup>.

MÉTODO DEL HIDROGRAMA UNITARIO SCS

MÉTODO DEL HIDROGRAMA UNITARIO																					
MICROCUENCA	ÁREA A KM <sup>2</sup>	TIEMPO DE RETRASO Tr (hr)	TIEMPO PICO Tp (hr)	TIEMPO BASE Tb (hr)	CAUDAL UNITARIO Qp (m <sup>3</sup> /s/m)	NÚMERO DE CURVA N (*)	ALTURA DE LLUVA (mm) TR					LLUVIA EFECTIVA Pe (mm) TR					CAUDAL MÁXIMO (m <sup>3</sup> /s) TR				
							10	25	50	100	500	10	25	50	100	500	10	25	50	100	500
							1	0.388	0.12	0.34	0.91	0.24	55.0	85.10	101.00	114.80	130.30	174.60	7.54	13.22	19.08

(\*) Tabla 5.5.2 (Hidrología Aplicada - Ven Te Chow; Maidment; Mays).

**PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS MICROCUENCA MEDIANA**

MICROCUENCA	PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS									DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA
	ÁREA A km <sup>2</sup>	PERÍMETRO P km	LONGITUD CAUCE L km	COTA MÍNIMA msnm	COTA MÁXIMA msnm	PENDIENTE s m/m	COTA MEDIA msnm	ÍNDICE DE COMPACI DAD	FACTOR DE FORMA	
2	0.339	2.471	0.696	2000.0	2302.0	0.434	2151.0	1.20	0.70	MICROCUENCA CHINCHAO 2, BOSQUES SEMI DENSOS A POCO DENSOS ABUNDANCIA DE PLANTAS, PERMEABILIDAD MODERADA A ALTA, POCA PROFUNDIDAD.

PARÁMETROS HIDROLÓGICOS											
MICROCUENCA	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (hr)					T LAG min	PRECIPITACIÓN MÁXIMA (mm)				
	KIRPICH	HATHAWAY	BRANSBY WILLIAMS	US CORP- ING.	MEDIA GEOME- TRICA		PERIODO DE RETORNO				
							10	25	50	100	500
2	0.07	0.29	0.22	0.27	0.19	6.60	85.10	101.00	114.80	130.30	174.60

TLAG = TIEMPO DE RETARDO:

- Fórmula de Kirpich:**

$$T_c = 0.06628 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$
- Fórmula del US Corps of Engineers (Temez):**

$$T_c = 0.3 \frac{L^{0.76}}{S^{0.19}}$$
- Fórmula de Bransby - Williams:**

$$T_c = 0.2433 \frac{L}{A^{0.1} S^{0.2}}$$
- Fórmula de Hathaway:**

$$T_c = 36.60 \frac{(L.n)^{0.467}}{S^{0.234}}$$

Donde:  
Tc = Tiempo de concentración en horas.  
L = Longitud del cauce en Km.  
S = Pendiente en m/m.  
A = Área Km<sup>2</sup>.

MÉTODO DEL HIDROGRAMA UNITARIO SCS

MÉTODO DEL HIDROGRAMA UNITARIO																					
MICROCUENCA	ÁREA A KM <sup>2</sup>	TIEMPO DE RETRAS O Tr	TIEMPO PICO Tp (hr)	TIEMPO BASE Tb (hr)	CAUDAL UNITARIO O qp (m <sup>3</sup> /s/m)	NÚMERO DE CURVA N (*)	ALTURA DE LLUVIA (mm)					LLUVIA EFECTIVA Pe (mm)					CAUDAL MÁXIMO (m <sup>3</sup> /s)				
							TR					TR					TR				
							10	25	50	100	500	10	25	50	100	500	10	25	50	100	500
2	0.339	0.10	0.29	0.77	0.24	55.0	85.10	101.00	114.80	130.30	174.60	7.54	13.22	19.08	26.55	51.92	1.810	3.170	4.580	6.370	12.460

(\*) Tabla 5.5.2 (Hidrología Aplicada - Ven Te Chow; Maidment; Mays).

PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS MICROCUENCA CHICA

MICROCUENCA	PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS									DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA
	ÁREA A	PERÍMETRO P	LONGITU D CAUCE L	COTA MÍNIMA	COTA MÁXIMA	PENDIENTE	COTA MEDIA	INDICE DE COMPAC IDAD	FACTOR DE FORMA	
	km <sup>2</sup>	km	km	msnm	msnm	m/m	msnm			
3	0.167	1.754	0.315	2170.0	2302.0	0.419	2236.0	1.21	1.68	MICROCUENCA CHINCHAO 3, BOSQUES SEMI DENSOS A POCO DENSOS ABUNDANCIA DE PLANTAS, PERMEABILIDAD MODERADA A ALTA, POCA PROFUNDIDAD.

PARAMETROS HIDROLÓGICOS											
MICROCUEEN	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (hr)					TLAG min	PRECIPITACIÓN MÁXIMA (mm)				
	KIRPICH	HATHAWAY	BRANSBY WILLIAMS	US CORP. ING.	MEDIA GEOM. ETRIC A		PERIODO DE RETORNO				
							10	25	50	100	500
3	0.04	0.20	0.11	0.15	0.11	3.60	85.10	101.00	114.80	130.30	174.60

TLAG = TIEMPO DE RETARDO.

- Fórmula de Kirpich:**

$$T_c = 0.06628 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$
- Fórmula del US Corps of Engineers (Temez):**

$$T_c = 0.3 \frac{L^{0.76}}{S^{0.19}}$$
- Fórmula de Bransby - Williams:**

$$T_c = 0.2433 \frac{L}{A^{0.1} S^{0.2}}$$
- Fórmula de Hathaway**

$$T_c = 36.60 \frac{(L.n)^{0.467}}{S^{0.234}}$$

Donde:  
 Tc = Tiempo de concentración en horas.  
 L = Longitud del cauce en Km.  
 S = Pendiente en m/m.  
 A = Área Km<sup>2</sup>.



MÉTODO DEL HIDROGRAMA UNITARIO SCS

MÉTODO DEL HIDROGRAMA UNITARIO																					
MICROCUENCA	ÁREA A KM2	TIEMPO DE RETRASO Tr	TIEMPO PICO Tp (hr)	TIEMPO BASE Tb (hr)	CAUDAL UNITARIO qp	NÚMERO DE CURVA N.(*)	ALTURA DE LLUVIA (mm) TR					LLUVIA EFECTIVA Pe (mm) TR					CAUDAL MÁXIMO (m3/s) TR				
							10	25	50	100	500	10	25	50	100	500	10	25	50	100	500
							3	0.167	0.06	0.17	0.45	0.21	55.0	85.10	101.00	114.80	130.30	174.60	7.54	13.22	19.08

(\*) Tabla 5.5.2 (Hidrología Aplicada - Ven Te Chow, Maidment, Mays).

# **Anexo 03**

## **ESTUDIO DE SUELOS**

# **CALICATA N° 01**

PERFIL DEL SUELO			PERFORACIÓN C-01			
PROYECTO:	ESTUDIO DE LOS PROCESOS EROSIVOS AVANZADOS EN LOS KM. 63+500 Y 75+800 DE LA RUTA NACIONAL PE+18A, SECTOR HUÁNUCO- TINGO MARIA, PROVINCIA DE HUÁNUCO 2015		Informe:	00025		
UBICACIÓN:	KM. 63+500 Y 75+800 DE LA RUTA NACIONAL PE+18A, SECTOR HUÁNUCO- TINGO MARIA		Página:	1 de 1		
Método de Excavación:	Calicata		Fecha:	Agosto del 2015		
Cotas:	Referencia:	Nivel del terreno	Fondo:	2.70 m		
	Superficie:	+/- 0.00 m	Nivel Freático:	—		
Largo:	1.00 m	Ancho:	0.70 m	Profundidad:	2.70 m	
Prof. cm	SIMBOLO SUCS	DESCRIPCIÓN	MUESTRA			ESTRATO
			Nº	Tipo	Prof. (m)	
10	Pt	Otros suelos			0.40	E-1
20						
30						
40						
50	GP GM	Suelo de partículas gruesas de nomenclatura doble. Grava mal gradada con limo, con presencia de rocas metamórficas en proceso de descomposición, de color marrón claro, de compacidad media y humedad baja.	1	Mab	2.70	E-2
60						
70						
80						
90						
100						
110						
120						
130						
140						
150						
160						
170						
180						
190						
200						
210						
220						
230						
240						
250						
260						
270						
Mab = Muestra en bolsa      Mis = Muestra shelly      Pm = penetrómetro manual Mib = Muestra en bloque      Dn = densidad natural      qu = resistencia a la compresión simple (kg/cm <sup>2</sup> ) N (SPT) = ensayo estandar de penetración (golpes/30cm)						

**PROYECTO** : ESTUDIO DE LOS PROCESOS EROSIVOS AVANZADOS EN LOS KM. 63+500 Y 75+800 DE LA RUTA NACIONAL PE+18A, SECTOR HUÁNUCO- TINGO MARIA, PROVINCIA DE HUÁNUCO 2015.

**UBICACIÓN** : KM. 63+500 Y 75+800 DE LA RUTA NACIONAL PE+18A, SECTOR HUÁNUCO- TINGO MARIA.

**SOLICITA** : MAX ALVINO BRISO & JHOSMEL A. OBREGÓN BRAVO.

**CALICATA** : C-1.

**FECHA** : Agosto del 2015.

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

TAMIZ Nº	Tamiz (mm)	Peso Retenido	Pasante (%)	Retenido acumulado	Retenido parcial (%)
3"	76.20	0.00	100.00	0.00	0.00
2"	50.80	0.00	100.00	0.00	0.00
1-1/2"	38.10	144.40	92.92	7.08	7.08
1"	25.40	75.30	89.23	10.77	3.69
3/4"	19.05	146.00	82.07	17.93	7.16
1/2"	12.70	180.10	73.24	26.76	8.83
3/8"	9.53	92.40	68.71	31.29	4.53
1/4"	6.35	189.80	59.40	40.60	9.31
No 4	4.76	110.30	54.00	46.00	5.41
No 10	2.00	313.30	38.64	61.36	15.36
No 20	0.84	227.10	27.50	72.50	11.13
No 30	0.59	77.20	23.72	76.28	3.79
No 40	0.43	53.40	21.10	78.90	2.62
No 50	0.30	60.10	18.15	81.85	2.95
No 60	0.25	32.70	16.55	83.45	1.60
No 100	0.15	63.60	13.43	86.57	3.12
No 200	0.07	42.80	11.33	88.67	2.10
CAZOLE	0.00	231.1	0.00	100.00	11.33
TOTAL		2039.60			

Peso de la muestra Húmeda	2699.90 gr
Peso de la muestra Seca	2563.30 gr
Peso de la muestra Seca Lavada	2340.80 gr
Peso de la Tara	523.70 gr

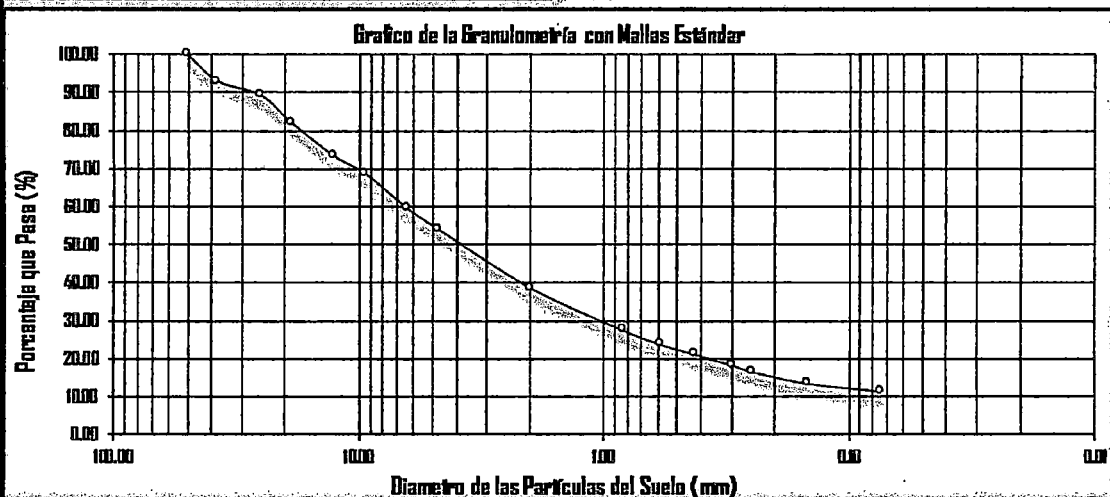
**LÍMITES DE CONSISTENCIA Y CONTENIDO**

Límite líquido LL	NP	Cantidad de Grava	46.00%
Límite plástico LP	NP	Cantidad de Arena	42.67%
Ind. de Plasticidad IP	NP	Cant. de Limo-Arcilla	11.33%
<b>Material granular equivalente a:</b>			<b>88.67%</b>

Pasa tamiz Nº 4 :	23.72 %
Pasa tamiz Nº 200:	11.33 %
D60 (diámetro efectivo):	6.55 mm
D30 (diámetro efectivo):	1.10 mm
D10 (diámetro efectivo):	mm
Coef. de uniformidad (Cu):	
Grado de curvatura (Cc):	

**OBSERVACIONES:**

NINGUNA.



**Clasificación de suelos: Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)**

Suelo de partículas gruesas. (Nomenclatura con símbolo doble).

Grava mal graduada con limo. GP, GM.

**Clasificación de suelos: AASHTO**

**Material granular**

Excelente a bueno como subgrado.

A-1-a Fragmentos de roca, grava y arena.

Valor del índice de grupo:

PROYECTO: ESTUDIO DE LOS PROCESOS EROSIVOS AVANZADOS EN LOS KM. 63+500 Y 75+800 DE LA RUTA NACIONAL PE+18A, SECTOR HUÁNUCO- TINGO MARIA, PROVINCIA DE HUÁNUCO

SOLICITA: MAX ALVINO BRISO & JHOSMELL A. OBREGÓN BRAVO

UBICACIÓN: KM. 63+500 Y 75+800 DE LA RUTA NACIONAL PE+18A, SECTOR HUÁNUCO- TINGO MARIA

FECHA Agosto del 2015.

Estado: Remoldeado

clasificación: Grava mal-graduada con limo GP GM

### CORTE DIRECTO ASTM D - 3080, AASHTO T - 236

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03		
Esfuerzo Normal	Kg/cm <sup>2</sup>	0.56		1.11		2.22		
Etapa		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	
Altura	mm	19.07	17.06	19.04	16.33	19.05	16.04	
Lado	mm	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	
Humedad	%	36.09	28.66	36.09	26.35	36.09	23.02	
Densidad Seca	g/cm <sup>3</sup>	1.793	2.004	1.793	2.091	1.793	2.129	
ESPECIMEN 01			ESPECIMEN 02			ESPECIMEN 03		
Deformación Tangencial %	Esfuerzo de Corte Kg/cm <sup>2</sup>	Esfuerzo Normalizado Kg/cm <sup>2</sup>	Deformación Tangencial %	Esfuerzo de Corte Kg/cm <sup>2</sup>	Esfuerzo Normalizado Kg/cm <sup>2</sup>	Deformación Tangencial %	Esfuerzo de Corte Kg/cm <sup>2</sup>	Esfuerzo Normalizado Kg/cm <sup>2</sup>
0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00
0.05	0.03	0.05	0.05	0.04	0.04	0.05	0.05	0.02
0.10	0.03	0.06	0.10	0.07	0.06	0.10	0.09	0.04
0.20	0.04	0.08	0.20	0.10	0.09	0.20	0.16	0.07
0.35	0.06	0.11	0.35	0.13	0.12	0.35	0.21	0.09
0.50	0.07	0.12	0.50	0.15	0.14	0.50	0.28	0.13
0.75	0.08	0.15	0.75	0.19	0.17	0.75	0.37	0.16
1.00	0.10	0.18	1.00	0.22	0.20	1.00	0.41	0.19
1.25	0.11	0.19	1.25	0.25	0.22	1.25	0.45	0.20
1.50	0.12	0.22	1.50	0.27	0.25	1.50	0.51	0.23
1.75	0.13	0.24	1.75	0.29	0.27	1.75	0.54	0.24
2.00	0.14	0.25	2.00	0.32	0.28	2.00	0.58	0.26
2.50	0.15	0.28	2.50	0.35	0.31	2.50	0.64	0.29
3.00	0.17	0.30	3.00	0.38	0.34	3.00	0.68	0.31
3.50	0.17	0.31	3.50	0.40	0.36	3.50	0.72	0.33
4.00	0.18	0.33	4.00	0.43	0.38	4.00	0.76	0.34
4.50	0.19	0.35	4.50	0.44	0.40	4.50	0.81	0.36
5.00	0.20	0.35	5.00	0.46	0.41	5.00	0.83	0.37
6.00	0.21	0.38	6.00	0.49	0.44	6.00	0.88	0.40
7.00	0.22	0.40	7.00	0.51	0.46	7.00	0.93	0.42
8.00	0.23	0.42	8.00	0.55	0.49	8.00	0.98	0.44
9.00	0.24	0.43	9.00	0.57	0.51	9.00	1.00	0.45
10.00	0.24	0.43	10.00	0.58	0.52	10.00	1.03	0.46
11.00	0.24	0.44	11.00	0.59	0.53	11.00	1.06	0.48
12.00	0.24	0.44	12.00	0.60	0.54	12.00	1.06	0.48
13.00	0.25	0.44	13.00	0.60	0.54	13.00	1.08	0.49
14.00	0.25	0.45	14.00	0.60	0.54	14.00	1.09	0.49
15.00	0.25	0.45	15.00	0.60	0.54	15.00	1.09	0.49
16.00	0.26	0.46	16.00	0.61	0.55	16.00	1.09	0.49
17.00	0.26	0.47	17.00	0.61	0.55	17.00	1.09	0.49
18.00	0.26	0.46	18.00	0.60	0.54	18.00	1.09	0.49

PROYECTO: ESTUDIO DE LOS PROCESOS EROSIVOS AVANZADOS EN LOS KM. 63+500 Y 75+800 DE LA RUTA NACIONAL PE+18A, SECTOR HUÁNUCO- TINGO MARIA, PROVINCIA DE HUÁNUCO 2015

SOLICITA: MAX ALVINO BRISO & JHOSMELI A. OBREGÓN BRAVO

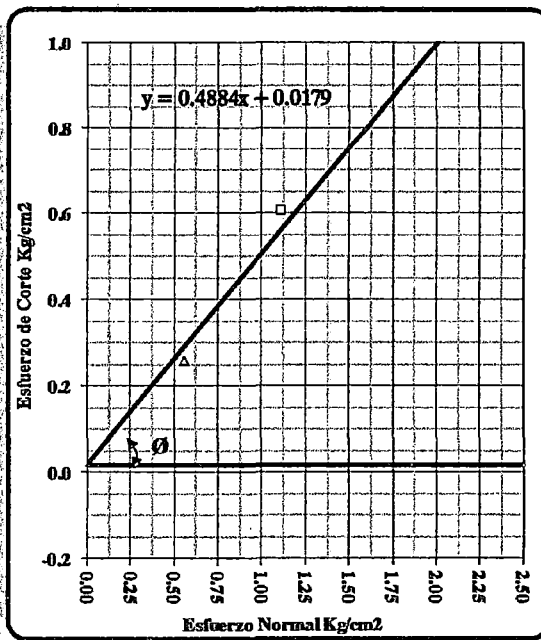
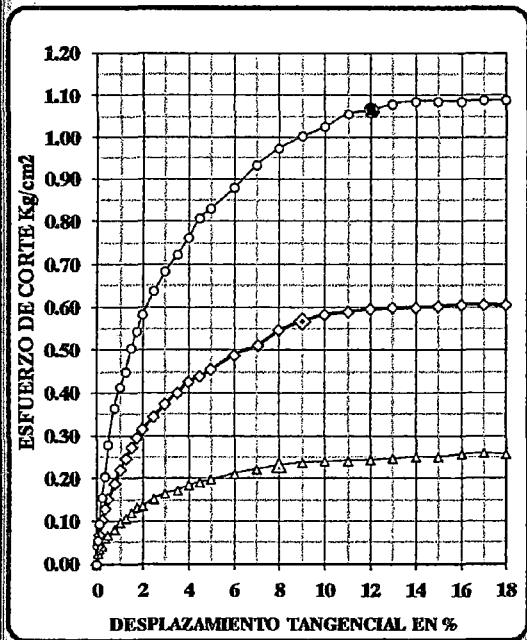
UBICACIÓN KM. 63+500 Y 75+800 DE LA RUTA NACIONAL PE+18A, SECTOR HUÁNUCO- TINGO MARIA

FECHA: Agosto del 2015

Estado: Remolcado

clasificación: Grava mal graduada con limo GP GM

**CORTE DIRECTO ASTM D - 3080, AASHTO T - 236**



$\phi = 26^\circ$

$c = 0.018 \text{Kg/cm}^2$

# **CALICATA N° 02**



PERFIL DEL SUELO			PERFORACIÓN C-02				
PROYECTO:	ESTUDIO DE LOS PROCESOS EROSIIVOS AVANZADOS EN LOS KM. 63+500 Y 75+800 DE LA RUTA NACIONAL PE+18A, SECTOR HUÁNUCO- TINGO MARÍA, PROVINCIA DE HUÁNUCO 2015.			Informe:	00025		
UBICACIÓN:	KM. 63+500 Y 75+800 DE LA RUTA NACIONAL PE+18A, SECTOR HUÁNUCO- TINGO MARÍA.			Página:	1 de 1		
Método de Excavación:	Calicata		Fecha:	Agosto del 2015			
Cotas:	Referencia:	Nivel del terreno		Fondo:	3.00 m		
	Superficie:	+/- 0.00 m		Nivel Freático:	—		
Largo:	1.00 m		Ancho:	0.70 m		Profundidad:	3.00 m
Prof. cm.	SIMBOLO SUCS.	DESCRIPCIÓN.	MUESTRA			ESTRATO	
			Nº	Tipo	Prof. (m)		
10	Pt	Otros suelos			0.30	E-1	
20							
30							
40	GM	Suelo de partículas gruesas con finos (suelo sucio) grava limosa, con presencia de rocas metamórficas en proceso de descomposición, de color marrón claro, de compactación media y humedad baja.	I	Mab	3.00	E-2	
50							
60							
70							
80							
90							
100							
110							
120							
130							
140							
150							
160							
170							
180							
190							
200							
210							
220							
230							
240							
250							
260							
270							
280							
290							
300							
Mab = Muestra en bolsa      Mis = Muestra shelby      Pm = penetrómetro manual Mib = Muestra en bloque      Dn = densidad natural      qu = resistencia a la comprensión simple (kg/cm <sup>2</sup> ) N (SPT) = ensayo estandar de penetración (golpes/30cm)							

**PROYECTO :** ESTUDIO DE LOS PROCESOS EROSIVOS AVANZADOS EN LOS KM. 63+500 Y 75+800 DE LA RUTA NACIONAL PE+18A, SECTOR HUÁNUCO- TINGO MARIA, PROVINCIA DE HUÁNUCO 2015

**UBICACIÓN :** KM. 63+500 Y 75+800 DE LA RUTA NACIONAL PE+18A, SECTOR HUÁNUCO- TINGO MARIA

**SOLICITA :** MAX ALVINO BRISO & JHOSMEL A. OBREGÓN BRAVO

**CALICATA :** C-02

**FECHA :** Agosto del 2015

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ N°	Tamiz (mm)	Peso Retenido	Pasante (%)	Retenido acumulado (%)	Retenido (parcial %)
3"	76.20	0.00	100.00	0.00	0.00
2"	50.80	0.00	100.00	0.00	0.00
1 1/2"	38.10	227.30	87.67	12.33	12.33
1"	25.40	140.90	80.02	19.98	7.64
3/4"	19.05	89.50	75.17	24.83	4.86
1/2"	12.70	92.00	70.18	29.82	4.99
3/8"	9.53	56.10	67.13	32.87	3.04
1/4"	6.35	103.10	61.54	38.46	5.59
No 4	4.76	58.80	58.35	41.65	3.19
No 10	2.00	158.30	49.76	50.24	8.59
No 20	0.84	122.10	43.13	56.87	6.62
No 30	0.59	46.60	40.61	59.39	2.53
No 40	0.43	37.60	38.57	61.43	2.04
No 50	0.30	49.80	35.86	64.14	2.70
No 60	0.25	25.60	34.47	65.53	1.39
No 100	0.15	49.80	31.77	68.23	2.70
No 200	0.07	16.30	30.89	69.11	0.88
CAZOLE	0.00	569.3	0.00	100.00	30.89
<b>TOTAL</b>		<b>1843.10</b>			

Peso de la muestra Húmeda	2178.50 gr
Peso de la muestra Seca	1960.80 gr
Peso de la muestra Seca Lavada	1392.20 gr
Peso de la Tara	117.70 gr

### LÍMITES DE CONSISTENCIA Y CONTENIDO

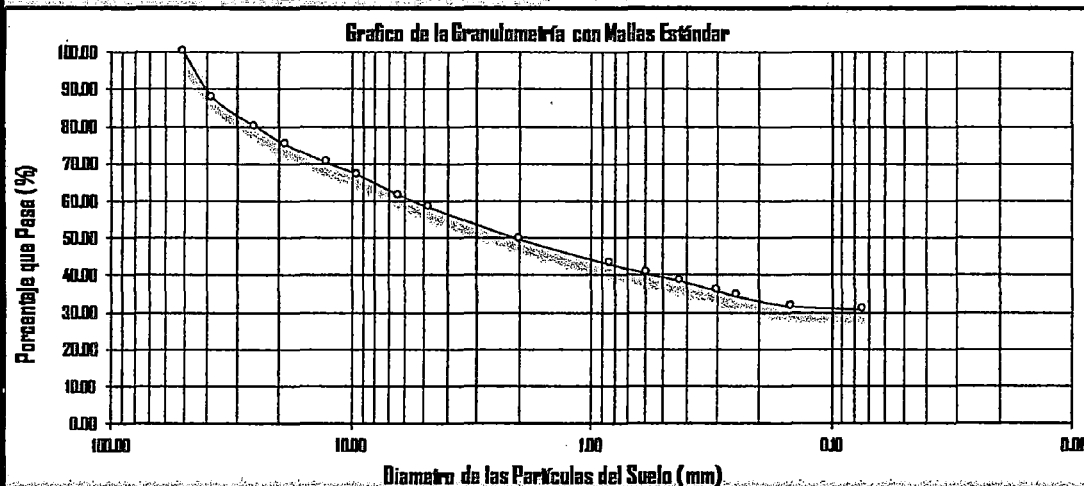
Límite líquido LL	NP	Cantidad de Grava	41.65%
Límite plástico LP	NP	Cantidad de Arena	27.46%
Ind. de Plasticidad IP	NP	Cant. de Limo-Arcilla	30.89%

**Material granular equivalente a:** 69.11%

Pasa tamiz N° 4 :	40.61 %
Pasa tamiz N° 200:	30.89 %
D60 (diámetro efectivo):	5.58 mm
D30 (diámetro efectivo):	mm
D10 (diámetro efectivo):	mm
Coef. de uniformidad (Cu):	
Grado de curvatura (Cc):	

### OBSERVACIONES:

NINGUNA



### Clasificación de suelos: Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.):

Suelo de partículas gruesas, Suelo de partículas gruesas con finos (suelo sucio)

Grava limosa GM

### Clasificación de suelos: AASHTO

Material granular:

Excelente a bueno como subgrado

A-2-4 Grava y arena arcillosa o limosa

Valor del índice de grupo:

PROYECTO: ESTUDIO DE LOS PROCESOS EROSIVOS AVANZADOS EN LOS KM. 63+500 Y 75+800 DE LA RUTA NACIONAL PE+18A, SECTOR HUÁNUCO- TINGO MARIA, PROVINCIA DE HUÁNUCO

SOLICITA: MAX ALVINO BRISO & JHOSMEL A. OBREGÓN BRAVO

UBICACIÓN: KM. 63+500 Y 75+800 DE LA RUTA NACIONAL PE+18A, SECTOR HUÁNUCO- TINGO MARIA

FECHA: Agosto del 2015

Estado: Remoldeado

clasificación: Grava limosa GM

### CORTE DIRECTO ASTM D - 3080, AASHTO T - 236

DATOS DEL ESPECIMEN			ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
Esfuerzo Normal	Kg/cm2		0.56		1.11		2.22	
Etapas:			Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Altura	mm		19.07	17.06	19.04	16.33	19.05	16.04
Lado	mm		60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00
Humedad	%		36.09	28.66	36.09	26.35	36.09	23.02
Densidad Seca	g/cm3		1.793	2.004	1.793	2.091	1.793	2.129
ESPECIMEN 01			ESPECIMEN 02			ESPECIMEN 03		
Deformación Tangencial %	Esfuerzo de Corte Kg/cm2	Esfuerzo Normalizado Kg/cm2	Deformación Tangencial %	Esfuerzo de Corte Kg/cm2	Esfuerzo Normalizado Kg/cm2	Deformación Tangencial %	Esfuerzo de Corte Kg/cm2	Esfuerzo Normalizado Kg/cm2
0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00
0.05	0.01	0.02	0.05	0.03	0.02	0.05	0.03	0.02
0.10	0.03	0.05	0.10	0.04	0.04	0.10	0.07	0.03
0.20	0.04	0.08	0.20	0.06	0.05	0.20	0.11	0.05
0.35	0.06	0.11	0.35	0.10	0.09	0.35	0.18	0.08
0.50	0.08	0.15	0.50	0.15	0.13	0.50	0.24	0.11
0.75	0.10	0.18	0.75	0.18	0.16	0.75	0.31	0.14
1.00	0.12	0.22	1.00	0.22	0.20	1.00	0.38	0.17
1.25	0.14	0.25	1.25	0.26	0.23	1.25	0.46	0.21
1.50	0.15	0.27	1.50	0.29	0.26	1.50	0.50	0.22
1.75	0.16	0.29	1.75	0.33	0.30	1.75	0.56	0.25
2.00	0.18	0.32	2.00	0.37	0.33	2.00	0.61	0.27
2.50	0.20	0.35	2.50	0.40	0.36	2.50	0.68	0.30
3.00	0.21	0.38	3.00	0.44	0.39	3.00	0.75	0.34
3.50	0.23	0.41	3.50	0.48	0.43	3.50	0.81	0.37
4.00	0.24	0.43	4.00	0.50	0.45	4.00	0.87	0.39
4.50	0.25	0.45	4.50	0.55	0.49	4.50	0.95	0.43
5.00	0.26	0.48	5.00	0.56	0.51	5.00	0.96	0.43
6.00	0.30	0.54	6.00	0.58	0.52	6.00	1.04	0.47
7.00	0.32	0.57	7.06	0.62	0.56	7.00	1.09	0.49
8.00	0.34	0.61	8.00	0.66	0.59	8.00	1.15	0.52
9.00	0.34	0.62	9.00	0.67	0.61	9.00	1.18	0.53
10.00	0.35	0.63	10.00	0.72	0.65	10.00	1.23	0.55
11.00	0.35	0.63	11.00	0.76	0.68	11.00	1.28	0.57
12.00	0.36	0.65	12.00	0.78	0.70	12.00	1.29	0.58
13.00	0.36	0.65	13.00	0.79	0.71	13.00	1.31	0.59
14.00	0.37	0.66	14.00	0.79	0.71	14.00	1.32	0.59
15.00	0.37	0.66	15.00	0.79	0.71	15.00	1.32	0.59
16.00	0.37	0.66	16.00	0.78	0.70	16.00	1.32	0.59
17.00	0.00	0.00	17.00	0.78	0.70	17.00	1.32	0.59
18.00	0.00	0.00	18.00	0.77	0.70	18.00	1.32	0.59

PROYECTO: ESTUDIO DE LOS PROCESOS EROSIVOS AVANZADOS EN LOS KM. 63+500 Y 75+800 DE LA RUTA NACIONAL PE+18A, SECTOR HUÁNUCO- TINGO MARIA, PROVINCIA DE HUÁNUCO 2015

SOLICITA: MAX ALVINO BRISO & JHOSMELL A. OBREGÓN BRAVO

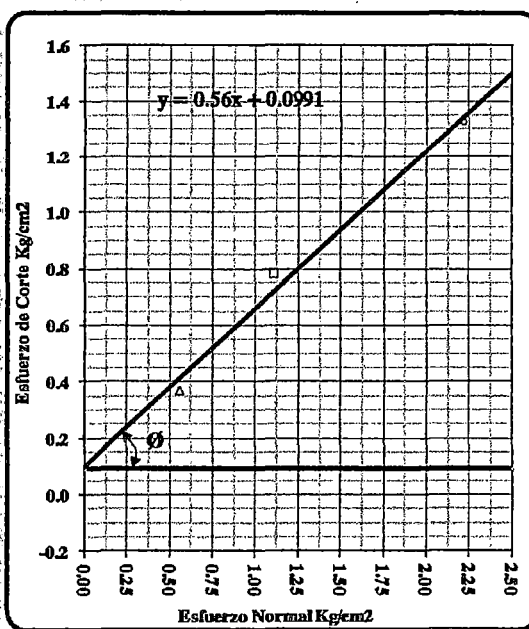
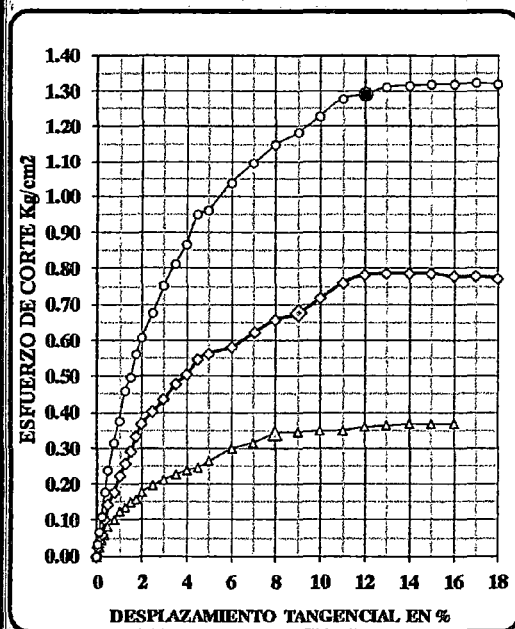
UBICACIÓN KM. 63+500 Y 75+800 DE LA RUTA NACIONAL PE+18A, SECTOR HUÁNUCO- TINGO MARIA

FECHA Agosto del 2015

Estado: Remoldeado

clasificación: Grava limosa GM

### CORTE DIRECTO ASTM D - 3080, AASHTO T - 236



$$\phi = 30^\circ$$

$$c = 0.091 \text{ Kg/cm}^2$$

# **CALICATA N° 03**

PERFIL DEL SUELO			PERFORACIÓN C-03			
PROYECTO:	ESTUDIO DE LOS PROCESOS EROSIVOS AVANZADOS EN LOS KM. 63+500 Y 75+800 DE LA RUTA NACIONAL PE+18A, SECTOR HUÁNUCO- TINGO MARIA, PROVINCIA DE HUÁNUCO 2015			Informe:	00025	
UBICACIÓN:	KM. 63+500 Y 75+800 DE LA RUTA NACIONAL PE+18A, SECTOR HUÁNUCO- TINGO MARIA			Página:	1 de 1	
Método de Excavación:	: Calicata		Fecha:	: Agosto del 2015		
Cotas:	Referencia:	: Nivel del terreno		Fondo:	: 2.80 m	
	Superficie:	: +/- 0.00 m		Nivel Freático:	: ---	
Largo: 1.00 m	Ancho:	: 0.70m		Profundidad:	: 2.80 m	
Prof. cm	SIMBOLO SUCS	DESCRIPCIÓN	MUESTRA			ESTRATO
			Nº	Tipo	Prof. (m)	
10	Pt	Otros suelos			0.50	E-1
20						
30						
40						
50						
60	GM	Suelo de partículas gruesas con finos (suelo sucio) grava limosa, con presencia de rocas metamórficas en proceso de descomposición, de color marrón amarillento, de compacidad media y humedad baja.	1	Mib	2.80	E-2
70						
80						
90						
100						
110						
120						
130						
140						
150						
160						
170						
180						
190						
200						
210						
220						
230						
240						
250						
260						
270						
280						
Mab = Muestra en bolsa      Mis = Muestra shelby      Pm = penetrómetro manual Mib = Muestra en bloque      Dn = densidad natural      qu = resistencia a la compresión simple (kg/cm <sup>2</sup> ) N (SPT) = ensayo estandar de penetración (golpes/30cm)						

**PROYECTO** : ESTUDIO DE LOS PROCESOS EROSIVOS AVANZADOS EN LOS KM. 63+500 Y 75+800 DE LA RUTA NACIONAL PE+18A, SECTOR HUÁNUCO- TINGO MARIA, PROVINCIA DE HUÁNUCO- 2015

**UBICACIÓN** : KM. 63+500 Y 75+800 DE LA RUTA NACIONAL PE+18A, SECTOR HUÁNUCO- TINGO MARIA

**SOLICITA** : MAX ALVINO BRISO & JHOSMELL A. OBREGÓN BRAVO

**CALICATA** : C-03

**FECHA** : Agosto del 2015

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

TAMIZ Nº	Tamiz (mm)	Peso Retenido	Pasante (%)	Retenido Retenido	Retenido Retenido
				mulado (parcial %)	
3"	76.20	0.00	100.00	0.00	0.00
2"	50.80	0.00	100.00	0.00	0.00
1 1/2"	38.10	235.40	86.92	13.08	13.08
1"	25.40	154.20	78.35	21.65	8.57
3/4"	19.05	91.20	73.29	26.71	5.07
1/2"	12.70	85.90	68.52	31.48	4.77
3/8"	9.53	65.10	64.90	35.10	3.62
1/4"	6.35	100.20	59.33	40.67	5.57
No 4	4.76	61.50	55.92	44.08	3.42
No 10	2.00	157.40	47.17	52.83	8.74
No 20	0.84	119.60	40.53	59.47	6.64
No 30	0.59	48.70	37.82	62.18	2.71
No 40	0.43	38.00	35.71	64.29	2.11
No 50	0.30	50.10	32.93	67.07	2.78
No 60	0.25	24.80	31.55	68.45	1.38
No 100	0.15	51.40	28.69	71.31	2.86
No 200	0.07	21.40	27.50	72.50	1.19
CAZOLE	0.00	495.1	0.00	100.00	27.50
TOTAL		1799.95			

Peso de la muestra Húmeda	2254.70 gr
Peso de la muestra Seca	2001.40 gr
Peso de la muestra Seca Lavada	1385.40 gr
Peso de la Tara	201.45 gr

**LÍMITES DE CONSISTENCIA Y CONTENIDO**

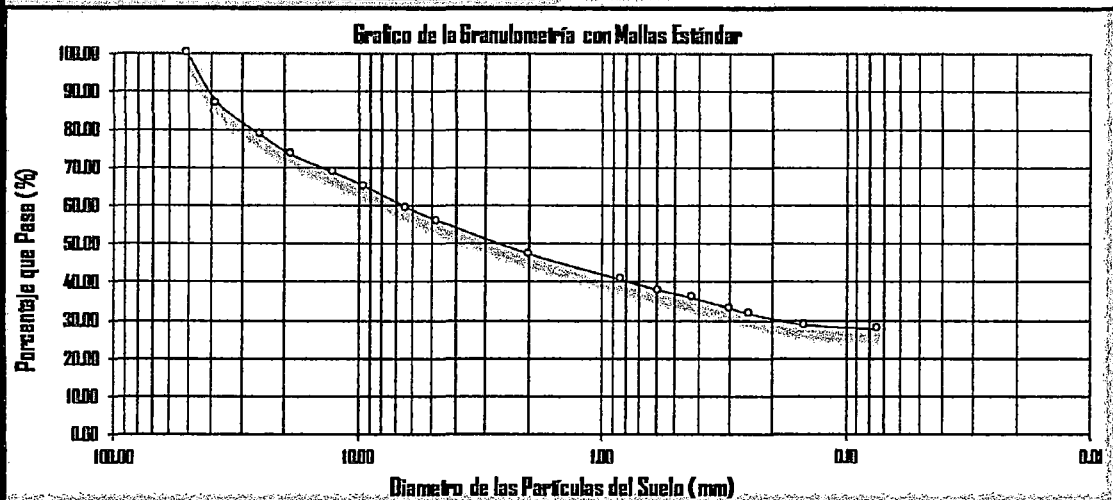
Límite líquido LL	NP	Cantidad de Grava	44.08%
Límite plástico LP	NP	Cantidad de Arena	28.41%
Ind. de Plasticidad IP	NP	Cant. de Limo-Arcilla	27.50%

**Material granular equivalente a:** 72.50%

Pasa tamiz Nº 4 :	37.82 %
Pasa tamiz Nº 200:	27.50 %
D60 (diámetro efectivo):	6.73 mm
D30 (diámetro efectivo):	0.20 mm
D10 (diámetro efectivo):	mm
Coef. de uniformidad (Cu):	
Grado de curvatura (Cc):	

**OBSERVACIONES:**

NINGUNA

**Clasificación de suelos: Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)**

Suelo de partículas gruesas. Suelo de partículas gruesas con finos (suelo sucio)

Grava limosa GM

**Clasificación de suelos: AASHTO**Material granular  
Excelente a bueno como subgrado

A-2-4 Grava y arena arcillosa o limosa

Valor del índice de grupo:

UBICACIÓN: KM. 63+500 Y 75+800 DE LA RUTA NACIONAL PE+18A, SECTOR HUÁNUCO- TINGO MARÍA

FECHA: Agosto del 2015.

Estado: Remoldeado

clasificación: Grava limosa GM.

**CORTE DIRECTO ASTM D - 3080, AASHTO T - 236**

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03		
Esfuerzo Normal	Kg/cm2	0.56		1.11		2.22		
Etapa		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	
Altura	mm	19.07	17.06	19.04	16.33	19.05	16.04	
Lado	mm	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	
Humedad	%	36.09	28.66	36.09	26.35	36.09	23.02	
Densidad Seca	g/cm3	1.793	2.004	1.793	2.091	1.793	2.129	
ESPECIMEN 01			ESPECIMEN 02			ESPECIMEN 03		
Deformacion Tangencial %	Esfuerzo de Corte Kg/cm2	Esfuerzo Normalizado Kg/cm2	Deformacion Tangencial %	Esfuerzo de Corte Kg/cm2	Esfuerzo Normalizado Kg/cm2	Deformacion Tangencial %	Esfuerzo de Corte Kg/cm2	Esfuerzo Normalizado Kg/cm2
0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00
0.05	0.01	0.02	0.05	0.03	0.02	0.05	0.03	0.01
0.10	0.03	0.05	0.10	0.04	0.04	0.10	0.07	0.03
0.20	0.04	0.08	0.20	0.06	0.05	0.20	0.11	0.05
0.35	0.06	0.11	0.35	0.10	0.09	0.35	0.17	0.08
0.50	0.08	0.15	0.50	0.15	0.13	0.50	0.23	0.10
0.75	0.10	0.18	0.75	0.18	0.16	0.75	0.31	0.14
1.00	0.12	0.22	1.00	0.22	0.20	1.00	0.37	0.16
1.25	0.14	0.25	1.25	0.26	0.23	1.25	0.45	0.20
1.50	0.15	0.27	1.50	0.29	0.26	1.50	0.49	0.22
1.75	0.16	0.29	1.75	0.33	0.30	1.75	0.55	0.25
2.00	0.18	0.32	2.00	0.37	0.33	2.00	0.59	0.27
2.50	0.20	0.35	2.50	0.40	0.36	2.50	0.66	0.30
3.00	0.21	0.38	3.00	0.44	0.39	3.00	0.73	0.33
3.50	0.23	0.41	3.50	0.48	0.43	3.50	0.79	0.36
4.00	0.24	0.43	4.00	0.50	0.45	4.00	0.85	0.38
4.50	0.25	0.45	4.50	0.55	0.49	4.50	0.90	0.40
5.00	0.26	0.48	5.00	0.56	0.51	5.00	0.94	0.42
6.00	0.30	0.54	6.00	0.60	0.54	6.00	1.01	0.46
7.00	0.32	0.57	7.00	0.63	0.57	7.00	1.07	0.48
8.00	0.34	0.61	8.00	0.66	0.59	8.00	1.12	0.50
9.00	0.34	0.62	9.00	0.67	0.61	9.00	1.15	0.52
10.00	0.35	0.63	10.00	0.69	0.62	10.00	1.20	0.54
11.00	0.35	0.63	11.00	0.70	0.63	11.00	1.25	0.56
12.00	0.36	0.65	12.00	0.71	0.64	12.00	1.26	0.57
13.00	0.36	0.65	13.00	0.72	0.65	13.00	1.28	0.58
14.00	0.37	0.66	14.00	0.73	0.65	14.00	1.28	0.58
15.00	0.37	0.66	15.00	0.73	0.66	15.00	1.29	0.58
16.00	0.37	0.66	16.00	0.73	0.66	16.00	1.29	0.58
17.00	0.37	0.66	17.00	0.73	0.66	17.00	1.29	0.58
18.00	0.37	0.66	18.00	0.74	0.67	18.00	1.29	0.58



PROYECTO: ESTUDIO DE LOS PROCESOS EROSIVOS AVANZADOS EN LOS KM. 63+500 Y 75+800 DE LA RUTA NACIONAL PE+18A, SECTOR HUÁNUCO- TINGO MARIA, PROVINCIA DE HUÁNUCO 2015.

SOLICITA: MAX ALVINO BRISO & JHOSMELL A. OBREGÓN BRAVO

UBICACIÓN KM. 63+500 Y 75+800 DE LA RUTA NACIONAL PE+18A, SECTOR HUÁNUCO- TINGO MARIA

FECHA: Agosto del 2015

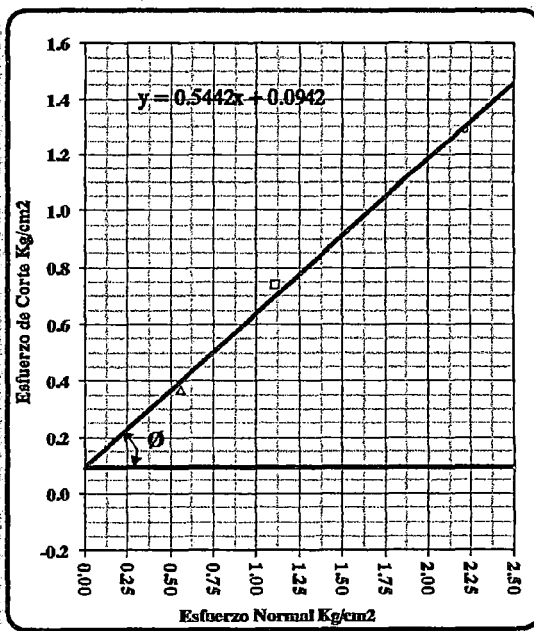
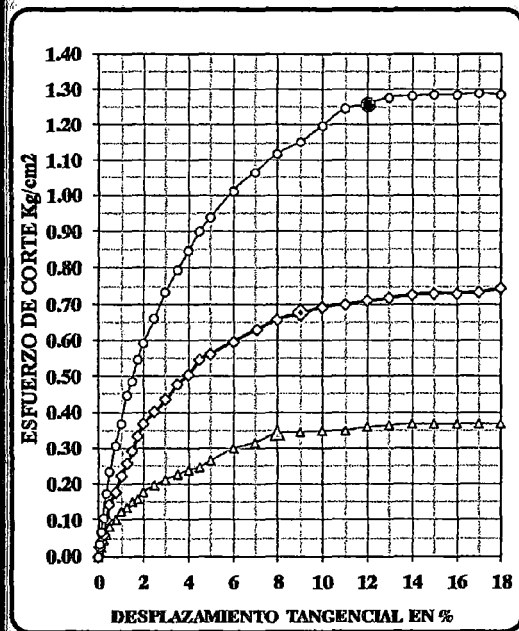
Estado:

Remoldeado

clasificación:

Grava-limosa GM

### CORTE DIRECTO ASTM D - 3080, AASHTO T - 236



$$\phi = 29^\circ$$

$$c = 0.094 \text{ Kg/cm}^2$$

# **CALICATA N° 04**

PERFIL DEL SUELO				PERFORACIÓN C-04			
PROYECTO:	ESTUDIO DE LOS PROCESOS EROSIVOS AVANZADOS EN LOS KM. 63+500 Y 75+800 DE LA RUTA NACIONAL PE+18A, SECTOR HUÁNUCO- TINGO MARIA, PROVINCIA DE HUÁNUCO 2015.			Informe:	00025		
UBICACIÓN:	KM. 63+500 Y 75+800 DE LA RUTA NACIONAL PE+18A, SECTOR HUÁNUCO- TINGO MARIA.			Página:	1 de 1		
Método de Excavación:	: Calicata		Fecha:	: Agosto del 2015			
Cotas:	Referencia:	: Nivel del terreno		Fondo:	: 2.90 m		
	Superficie:	: +/- 0.00 m		Nivel Freático:	: —		
Largo: 1.00 m	Ancho:	: 0.70m		Profundidad:	: 2.90 m		
Prof. cm.	SIMBOLO SUCS.	DESCRIPCIÓN.	MUESTRA			ESTRATO	
			Nº	Tipo	Prof. (m)		
10	Pt.	Otros suelos.			0.40	E-1	
20							
30							
40							
50	GM.	Suelo de partículas gruesas con finos (suelo sucio) grava limosa, con presencia de rocas metamórficas en proceso de descomposición, de color marrón amarillento, de compactidad media y humedad baja.	1	Mab.	2.90	E-2	
60							
70							
80							
90							
100							
110							
120							
130							
140							
150							
160							
170							
180							
190							
200							
210							
220							
230							
240							
250							
260							
270							
280							
290							
Mab = Muestra en bolsa      Mis = Muestra shelly      Pm = penetrómetro manual Mib = Muestra en bloque      Dn = densidad natural      qu = resistencia a la compresión simple (kg/cm <sup>2</sup> ) N (SPT) = ensayo estandar de penetración (golpes/30cm)							

**PROYECTO** : ESTUDIO DE LOS PROCESOS EROSIVOS AVANZADOS EN LOS KM. 63+500 Y 75+800 DE LA RUTA NACIONAL PE+18A, SECTOR HUÁNUCO- TINGO MARIA, PROVINCIA DE HUÁNUCO, 2015

**UBICACIÓN** : KM. 63+500 Y 75+800 DE LA RUTA NACIONAL PE+18A, SECTOR HUÁNUCO- TINGO MARIA

**SOLICITA** : MAX ALVINO BRISO & JHOSMEL A. OBREGÓN BRAVO

**CALICATA** : C-04

**FECHA** : Agosto del 2015

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

TAMIZ Nº	Tamiz (mm)	Peso Retenido	Pasante (%)	Retenido acumulado (%)	Retenido parcial (%)
3"	76.20	0.00	100.00	0.00	0.00
2"	50.80	0.00	100.00	0.00	0.00
1 1/2"	38.10	230.69	87.02	12.98	12.98
1"	25.40	151.12	78.52	21.48	8.50
3/4"	19.05	89.38	73.49	26.51	5.03
1/2"	12.70	84.18	68.75	31.25	4.74
3/8"	9.53	63.80	65.17	34.83	3.59
1/4"	6.35	98.20	59.64	40.36	5.52
No 4	4.76	60.27	56.25	43.75	3.39
No 10	2.00	154.25	47.57	52.43	8.68
No 20	0.84	117.21	40.98	59.02	6.59
No 30	0.59	47.73	38.29	61.71	2.69
No 40	0.43	37.24	36.20	63.80	2.10
No 50	0.30	49.10	33.44	66.56	2.76
No 60	0.25	24.30	32.07	67.93	1.37
No 100	0.15	50.37	29.23	70.77	2.83
No 200	0.07	20.97	28.05	71.95	1.18
CAZOLE	0.00	498.6	0.00	100.00	28.05
<b>TOTAL</b>		<b>1777.45</b>			

Peso de la muestra Húmeda	2226.52
Peso de la muestra Seca	1976.38
Peso de la muestra Seca Lavada	1368.08
Peso de la Tara	198.93

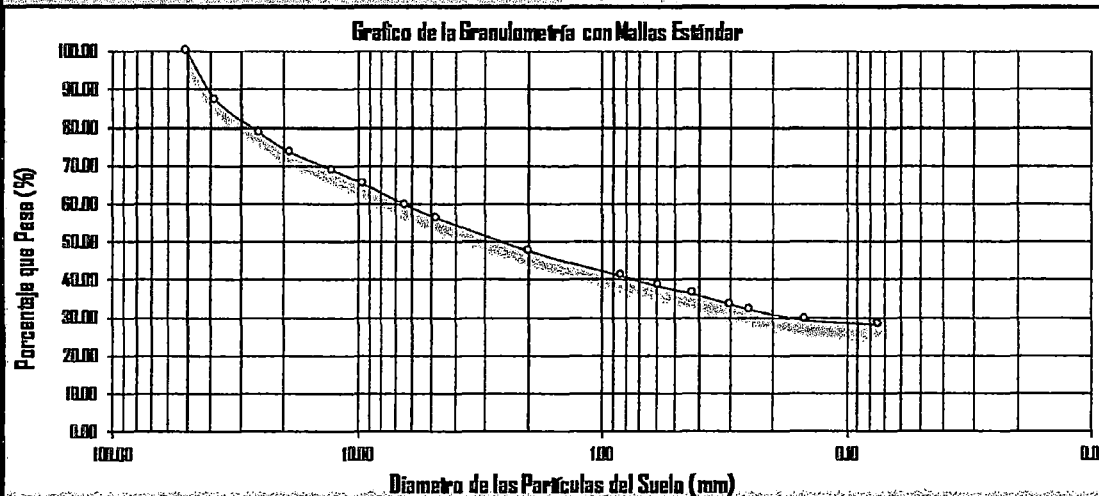
**LÍMITES DE CONSISTENCIA Y CONTENIDO**

Límite líquido LL	NP	Cantidad de Grava	43.75%
Límite plástico LP	NP	Cantidad de Arena	28.20%
Ind. de Plasticidad IP	NP	Cant. de Limo-Arcilla	28.05%
<b>Material granular equivalente a:</b>			<b>71.95%</b>

Pasa tamiz Nº 4 :	38.29%
Pasa tamiz Nº 200:	28.05%
D60 (diámetro efectivo):	6.56 mm
D30 (diámetro efectivo):	0.18 mm
D10 (diámetro efectivo):	mm
Coef. de uniformidad (Cu):	
Grado de curvatura (Cc):	

**OBSERVACIONES:**

NINGUNA

**Clasificación de suelos: Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)**

Suelo de partículas gruesas. Suelo de partículas gruesas con finos (suelo sucio).

Grava-limosa GM.

**Clasificación de suelos: AASHTO****Material granular**

Excelente a bueno como subgrado

A-2-4 Grava y arena arcillosa o limosa

Valor del índice de grupo:

# **DPL N° 01**

PERFIL DEL SUELO			PERFORACIÓN DPL-01			
<b>PROYECTO:</b>	ESTUDIO DE LOS PROCESOS EROSIVOS AVANZADOS EN LOS KM. 63+500 Y 75+800 DE LA RUTA NACIONAL PE+18A, SECTOR HUÁNUCO- TINGO MARIA, PROVINCIA DE HUÁNUCO 2015.			<b>Informe:</b>	00025	
<b>UBICACIÓN:</b>	KM. 63+500 Y 75+800 DE LA RUTA NACIONAL PE+18A, SECTOR HUÁNUCO- TINGO MARIA			<b>Página:</b>	1 de 1	
<b>Método de Excavación</b> : Calicata			<b>Fecha</b> :		Agosto del 2015	
<b>Cotas:</b> Referencia : Nivel del terreno			<b>Fondo</b> :		2.80 m	
Superficie : +/- 0.00 m			<b>Nivel Freático</b> :		—	
<b>Largo:</b> 1.00 m			<b>Ancho:</b> 0.70 m		<b>Profundidad</b> : 2.80 m	
Prof. cm	SIMBOLO SUCS	DESCRIPCIÓN	MUESTRA			ESTRATO
			Nº	Tipo	Prof. (m)	
10	Pt	Otros suelos			0.40	E-1
20						
30						
40						
50	GM	Suelo de partículas gruesas con finos (suelo sucio) grava limosa, con presencia de rocas metamórficas en proceso de descomposición, de color marrón claro, de compactidad media y humedad baja.	1	Mab	2.80	E-2
60						
70						
80						
90						
100						
110						
120						
130						
140						
150						
160						
170						
180						
190						
200						
210						
220						
230						
240						
250						
260						
270						
280						
<b>Mab = Muestra en bolsa</b> <b>Mis = Muestra shelby</b> <b>Pm = penetrómetro manual</b> <b>Mib = Muestra en bloque</b> <b>Dn = densidad natural</b> <b>qu = resistencia a la compresión simple (kg/cm2)</b> <b>N (SPT) = ensayo estandar de penetración (golpes/30cm)</b>						

**PROYECTO** : ESTUDIO DE LOS PROCESOS EROSIVOS AVANZADOS EN LOS KM. 63+500 Y 75+800 DE LA RUTA NACIONAL PE+18A, SECTOR HUÁNUCO- TINGO MARIA, PROVINCIA DE HUÁNUCO, 2015

**UBICACIÓN** : KM. 63+500 Y 75+800 DE LA RUTA NACIONAL PE+18A, SECTOR HUÁNUCO- TINGO MARIA

**SOLICITA** : MAX ALVINO BRISO & JHOSMELL A. OBREGÓN BRAVO

**SONDEO** : DPL-01

**FECHA** : Agosto del 2015

#### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ N°	Tamiz (mm)	Peso Retenido	Pasante (%)	Retenido acumulado	Retenido parcial (%)
3"	76.20	0.00	100.00	0.00	0.00
2"	50.80	174.30	92.86	7.14	7.14
1 1/2"	38.10	0.00	92.86	7.14	0.00
1"	25.40	0.00	92.86	7.14	0.00
3/4"	19.05	188.00	85.16	14.84	7.70
1/2"	12.70	256.70	74.65	25.35	10.51
3/8"	9.53	171.80	67.61	32.39	7.04
1/4"	6.35	275.50	56.33	43.67	11.28
No 4	4.76	148.60	50.24	49.76	6.09
No 10	2.00	385.00	34.47	65.53	15.77
No 20	0.84	233.00	24.93	75.07	9.54
No 30	0.59	74.30	21.88	78.12	3.04
No 40	0.43	51.40	19.78	80.22	2.11
No 50	0.30	54.90	17.53	82.47	2.25
No 60	0.25	33.60	16.15	83.85	1.38
No 100	0.15	70.80	13.25	86.75	2.90
No 200	0.07	24.40	12.25	87.75	1.00
CAZOLE	0.00	299.2	0.00	100.00	12.25
<b>TOTAL</b>		<b>2441.50</b>			

Peso de la muestra Húmeda		3224.10 gr
Peso de la muestra Seca		2963.20 gr
Peso de la muestra Seca Lavada		2670.30 gr
Peso de la Tara		521.70 gr

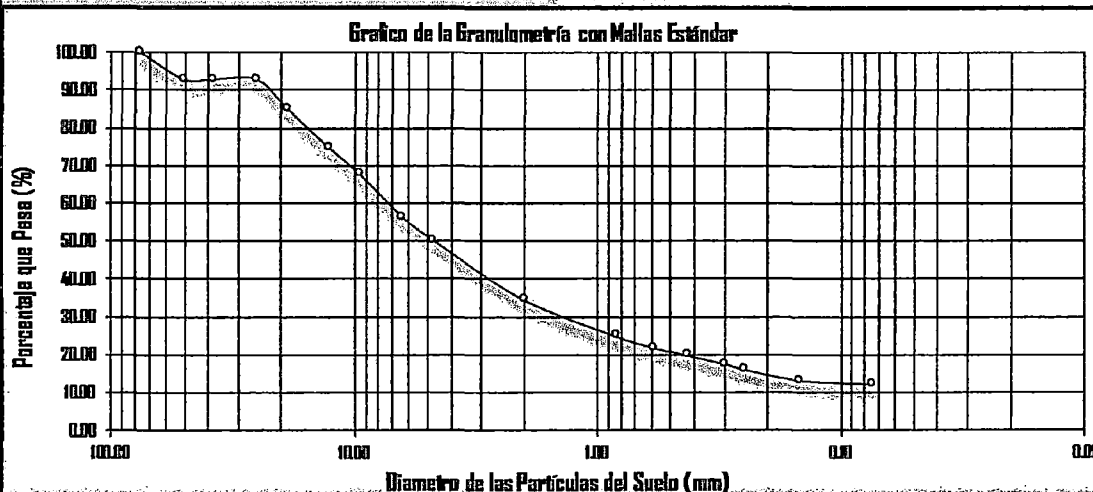
#### LÍMITES DE CONSISTENCIA Y CONTENIDO

Límite líquido LL	NP	Cantidad de Grava	49.76%
Límite plástico LP	NP	Cantidad de Arena	37.98%
Ind. de Plasticidad IP	NP	Cant. de Limo-Arcilla	12.25%
<b>Material granular equivalente a:</b>			<b>87.75%</b>

Pasa tamiz N° 4 :	<b>21.88 %</b>
Pasa tamiz N° 200:	<b>12.25 %</b>
D60 (diámetro efectivo):	<b>7.38 mm</b>
D30 (diámetro efectivo):	<b>1.46 mm</b>
D10 (diámetro efectivo):	<b>mm</b>
Coef. de uniformidad (Cu):	
Grado de curvatura (Cc):	

#### OBSERVACIONES:

NINGUNA.



#### Clasificación de suelos: Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)

Suelo de partículas gruesas, Suelo de partículas gruesas con finos (suelo sucio)

Grava limosa con bloques GM

#### Clasificación de suelos: AASHTO

Material granular  
Excelente a bueno como subgrado

A-1-a Fragmentos de roca, grava y arena

Valor del índice de grupo:

## REGISTRO DE SONDAJE

**PERFORACION: DPL-1**

**PROYECTO** : ESTUDIO DE LOS PROCESOS EROSIVOS AVANZADOS EN LOS REALIZADO : Naun Salvador S.  
 KM. 63+500 Y 75+800 DE LA RUTA NACIONAL PE+18A REVISADO : Ing. Owner H. Salvador S.  
 SECTOR HUÁNUCO- TINGO MARIA, PROVINCIA DE HUÁNUCO 2015 FECHA DE EXCAVACION : 27/08/15  
**UBICACIÓN** : KM. 63+500 Y 75+800 DE LA RUTA NACIONAL PE+18A PROFUNDIDAD TOTAL (m) : 2.80  
**FECHA** : Agosto del 2015

PROF. (m)	DESCRIPCION DEL SUELO	S U C S	CORRELACIONES			ENSAYOS DE PENETRACION DINAMICA LIGERA	
			N SP1	G (°) suelo friccionant	c (Kg/cm <sup>2</sup> ) suelo cohesivo	N <sub>60</sub> N° de golpes 10 cm	
0.20	Grava limosa con bloques	GM	27	38.2	-		
1.00			29	39.1	-		
1.20			25	37.4	-		
2.00			25	37.4	-		
2.50			26	37.8	-		
3.00			26	37.8	-		
4.00							
5.00							
6.00							
7.00							
8.00							

**OBSERVACIONES** : Se paró el ensayo al contacto con una piedra. 46 golpes para 8 cm. (salta el martillo)



# **DPL N° 02**

PERFIL DEL SUELO			PERFORACIÓN DPL-02			
PROYECTO:	ESTUDIO DE LOS PROCESOS EROSIVOS AVANZADOS EN LOS KM. 63+500 Y 75+800 DE LA RUTA NACIONAL PE+18A, SECTOR HUÁNUCO- TINGO MARIA, PROVINCIA DE HUÁNUCO 2015.			Informe:	00025	
UBICACIÓN:	KM. 63+500 Y 75+800 DE LA RUTA NACIONAL PE+18A, SECTOR HUÁNUCO- TINGO MARIA.			Página:	1 de 1.	
Método de Excavación:	Calicata		Fecha:	Agosto del 2015		
Cotas:	Referencia:	Nivel del terreno		Fondo:	3.00 m	
	Superficie:	+/- 0.00 m		Nivel Freático:	—	
Largo: 1.00 m	Ancho: 0.70m			Profundidad:	3.00 m	
Prof. cm	SIMBOLO SUCS	DESCRIPCIÓN	MUESTRA			ESTRATO
			Nº	Tipo	Prof. (m)	
10	Pt	Otros suelos.			0.30	E-1
20						
30						
40						
50	GM	Suelo de partículas gruesas con finos (suelo sucio) grava limosa con bloques de tipo rocas metamórficas en proceso de descomposición, de color marrón claro, de compactidad media y humedad baja.	1	Mab	1.50	E-2
60						
70						
80						
90						
100						
110						
120						
130						
140						
150						
160						
170						
180						
190						
200						
210						
220						
230						
240						
250						
260						
270						
280						
290						
300						
Mab = Muestra en bolsa      Mis = Muestra shelly      Pm = penetrómetro manual Mib = Muestra en bloque      Dn = densidad natural      qu = resistencia a la comprensión simple (kg/cm2) N (SPT) = ensayo estandar de penetración (golpes/30cm)						

**PROYECTO** : ESTUDIO DE LOS PROCESOS EROSIVOS AVANZADOS EN LOS KM. 63+500 Y 75+800 DE LA RUTA NACIONAL PE+18A, SECTOR HUÁNUCO- TINGO MARIA, PROVINCIA DE HUÁNUCO 2015

**UBICACIÓN** : KM. 63+500 Y 75+800 DE LA RUTA NACIONAL PE+18A, SECTOR HUÁNUCO- TINGO MARIA

**SOLICITA** : MAX ALVINO BRISO & JHOSMELLA OBREGÓN BRAVO

**SONDEO** : DPI-02

**FECHA** : Agosto del 2015

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

TAMIZ Nº	Tamiz (mm)	Peso Retenido	Pasante (%)	Retenido acumulado	Retenido (parcial %)
3"	76.20	0.00	100.00	0.00	0.00
2"	50.80	628.60	75.61	24.39	24.39
1 1/2"	38.10	277.60	64.83	35.17	10.77
1"	25.40	296.50	53.33	46.67	11.51
3/4"	19.05	62.90	50.89	49.11	2.44
1/2"	12.70	112.50	46.52	53.48	4.37
3/8"	9.53	48.90	44.62	55.38	1.90
1/4"	6.35	84.40	41.35	58.65	3.28
No.4	4.76	48.60	39.46	60.54	1.89
No.10	2.00	138.30	34.10	65.90	5.37
No.20	0.84	121.80	29.37	70.63	4.73
No.30	0.59	63.20	26.92	73.08	2.45
No.40	0.43	56.80	24.71	75.29	2.20
No.50	0.30	80.30	21.60	78.40	3.12
No.60	0.25	32.40	20.34	79.66	1.26
No.100	0.15	72.90	17.51	82.49	2.83
No.200	0.07	46.00	15.72	84.28	1.79
CAZOLE	0.00	405.2	0.00	100.00	15.72
<b>TOTAL</b>		<b>2576.90</b>			

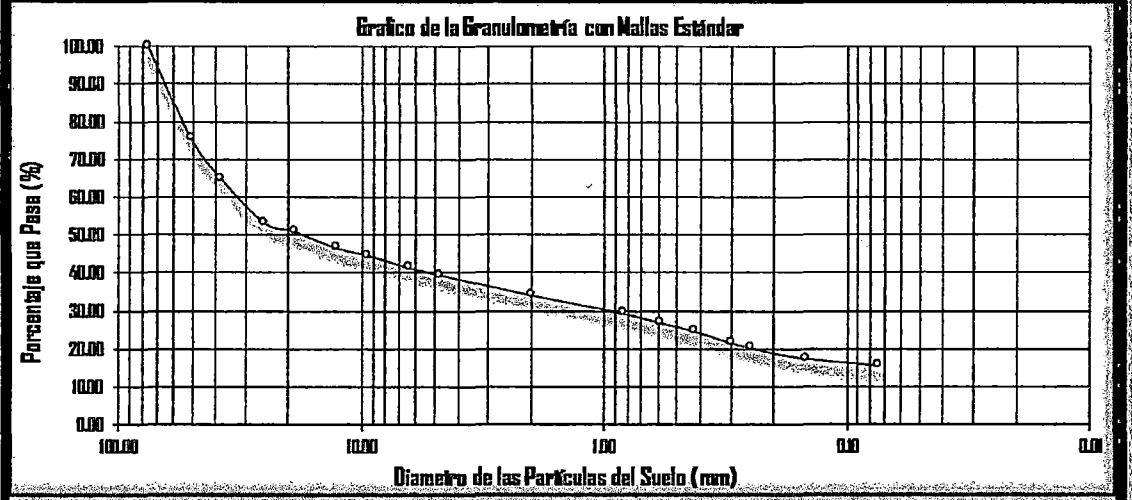
Peso de la muestra Húmeda	3309.60 gr
Peso de la muestra Seca	3101.10 gr
Peso de la muestra Seca Lavada	2709.90 gr
Peso de la Tara	524.20 gr

**LÍMITES DE CONSISTENCIA Y CONTENIDO**

Límite líquido LL	NP	Cantidad de Grava	60.54%
Límite plástico LP	NP	Cantidad de Arena	23.74%
Ind. de Plasticidad IP	NP	Cant. de Limo-Arcilla	15.72%
<b>Material granular equivalente a:</b>			<b>84.28%</b>

Pasa tamiz Nº 4 :	26.92 %
Pasa tamiz Nº 200:	15.72 %
D60 (diámetro efectivo):	32.76 mm
D30 (diámetro efectivo):	0.99 mm
D10 (diámetro efectivo):	mm
Coef. de uniformidad (Cu):	
Grado de curvatura (Cc):	

**OBSERVACIONES:**  
NINGUNA



**Clasificación de suelos: Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)**

Suelo de partículas gruesas. Suelo de partículas gruesas con finos (suelo sucio).  
**Grava limosa con bloques GM.**

**Clasificación de suelos: AASHTO**

**Material granular**  
Excelente a bueno como subgrado.

A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena. **Valor del índice de grupo:**

## REGISTRO DE SONDAJE

**PERFORACION: DPL-2**

**PROYECTO:** ESTUDIO DE LOS PROCESOS EROSIVOS AVANZADOS EN LOS  
 KM. 63+500 Y 75+800 DE LA RUTA NACIONAL PE+18A  
 SECTOR HUANUCO- TINGO MARIA, PROVINCIA DE HUANUCO  
 2015

**UBICACIÓN:** KM. 63+500 Y 75+800 DE LA RUTA NACIONAL PE+18A

**FECHA:** Agosto del 2015

**REALIZADO:** Naun Salvador S.

**REVISADO:** Ing. Owner H. Salvador S.

**FECHA DE EXCAVACION:** 27/08/15

**PROFUNDIDAD TOTAL (m):** 3.00

PROF. (m)	DESCRIPCION DEL SUELO	S U C S <sub>2</sub>	CORRELACIONES			ENSAYOS DE PENETRACION DINAMICA LIGERA
			N SPT	φ (°) suelo friccionante	c (Kg/cm <sup>2</sup> ) suelo cohesivo	N° de golpes 10 cm
0.20  1.00 1.20  2.00  3.00  4.00  5.00  6.00  7.00  8.00	Grava limosa con bloques	GM	26  29  25  25  27  27	37.8  39.1  37.4  37.4  38.2  38.2	-  -  -  -  -	

**OBSERVACIONES:** Ninguna

**DPL N° 03, 04, 05**

PERFIL DEL SUELO			PERFORACIÓN DPL-05			
PROYECTO:	ESTUDIO DE LOS PROCESOS EROSIVOS AVANZADOS EN LOS KM. 63+500 Y 75+800 DE LA RUTA NACIONAL PE+18A, SECTOR HUÁNUCO- TINGO MARIA, PROVINCIA DE HUÁNUCO 2015.			Informe:	00025	
UBICACIÓN:	KM. 63+500 Y 75+800 DE LA RUTA NACIONAL PE+18A, SECTOR HUÁNUCO- TINGO MARIA.			Página:	1 de 1.	
Método de Excavación:	: Calicata		Fecha:	Agosto del 2015		
Cotas:	Referencia:	: Nivel del terreno		Fondo:	: 3.00 m.	
	Superficie:	: +/- 0.00 m.		Nivel Freático:	: ---	
Largo: 1.00 m.	Ancho:	0.70m		Profundidad:	: 3.00 m.	
Prof. cm.	SIMBOLO SUCS	DESCRIPCIÓN.	MUESTRA			ESTRATO
			Nº	Tipo	Prof. (m)	
10	Pt	Otros suelos.			0.40	E-1
20						
30						
40						
50	GM	Suelo de partículas gruesas con finos (suelo sucio) grava lúmosa con arena, de color marrón rojizo claro, de compactidad baja y humedad baja.	1	Mab	3.00	E-2
60						
70						
80						
90						
100						
110						
120						
130						
140						
150						
160						
170						
180						
190						
200						
210						
220						
230						
240						
250						
260						
270						
280						
290						
300						
Mab = Muestra en bolsa      Mis = Muestra shelby      Pm = penetrómetro manual Mib = Muestra en bloque      Dn = densidad natural      qu = resistencia a la comprensión simple (kg/cm2) N (SPT) = ensayo estandar de penetración (golpes/30cm)						

**PROYECTO :** ESTUDIO DE LOS PROCESOS EROSIVOS AVANZADOS EN LOS KM. 63+500 Y 75+800 DE LA RUTA NACIONAL PE+18A, SECTOR HUÁNUCO- TINGO MARIA, PROVINCIA DE HUÁNUCO, 2015.

**UBICACIÓN :** KM. 63+500 Y 75+800 DE LA RUTA NACIONAL PE+18A, SECTOR HUÁNUCO- TINGO MARIA.

**SOLICITA :** MAX ALVINO BRISO & JHOSMELLA OBREGÓN BRAVO.

**SONDEO :** DPL 05.

**FECHA :** Agosto del 2015.

#### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ Nº	Tamiz (mm)	Peso Retenido	Pasante (%)	Retenido mulado (%)	Retenido (areal) (%)
3"	76.20	0.00	100.00	0.00	0.00
2"	50.80	0.00	100.00	0.00	0.00
1 1/2"	38.10	0.00	100.00	0.00	0.00
1"	25.40	112.70	91.71	8.29	8.29
3/4"	19.05	20.10	90.23	9.77	1.48
1/2"	12.70	61.20	85.72	14.28	4.50
3/8"	9.53	35.90	83.08	16.92	2.64
1/4"	6.35	51.70	79.28	20.72	3.80
No. 4	4.76	31.80	76.94	23.06	2.34
No. 10	2.00	88.80	70.40	29.60	6.53
No. 20	0.84	78.90	64.60	35.40	5.81
No. 30	0.59	41.40	61.55	38.45	3.05
No. 40	0.43	33.80	59.06	40.94	2.49
No. 50	0.30	50.70	55.33	44.67	3.73
No. 60	0.25	37.90	52.54	47.46	2.79
No. 100	0.15	80.60	46.61	53.39	5.93
No. 200	0.07	43.60	43.40	56.60	3.21
CAZOLE	0.00	589.8	0.00	100.00	43.40
<b>TOTAL</b>		<b>1358.90</b>			

Peso de la muestra Húmeda	1727.00 gr
Peso de la muestra Seca	1511.40 gr
Peso de la muestra Seca Lavada	927.90 gr
Peso de la Tara	152.50 gr

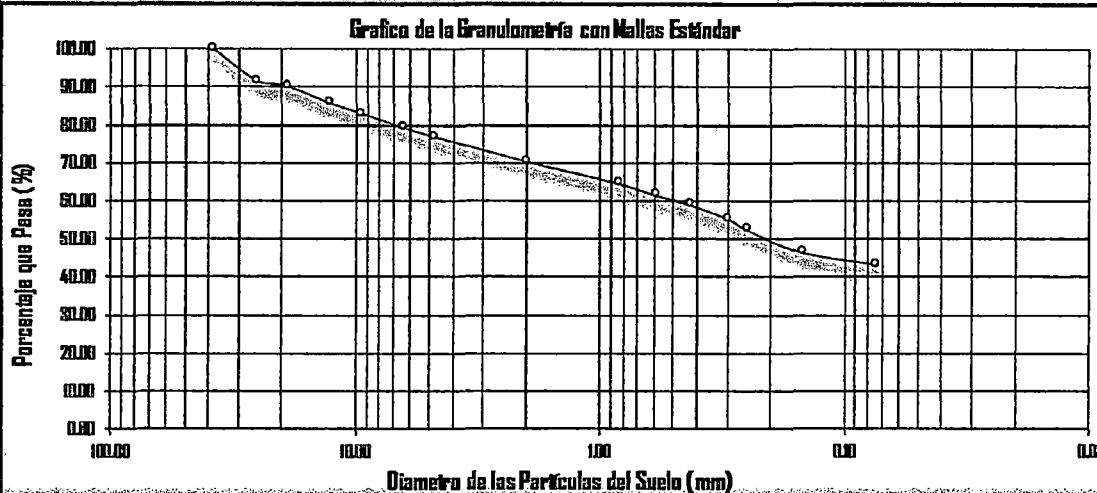
#### LÍMITES DE CONSISTENCIA Y CONTENIDO

Límite líquido LL	NP	Cantidad de Grava	23.06%
Límite plástico LP	NP	Cantidad de Arena	33.53%
Ind. de Plasticidad IP	NP	Cant. de Limo-Arilla	43.40%
<b>Material granular equivalente a:</b>			<b>56.60%</b>

Pasa tamiz Nº 4 :	61.55 %
Pasa tamiz Nº 200:	43.40 %
D60 (diámetro efectivo):	0.49 mm
D30 (diámetro efectivo):	mm
D10 (diámetro efectivo):	mm
Cof. de uniformidad (Cu):	
Grado de curvatura (Cc):	

#### OBSERVACIONES:

NINGUNA.



#### Clasificación de suelos: Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)

Suelo de partículas gruesas. Suelo de partículas gruesas con finos (suelo sucio).

Grava limosa con arena GM.

#### Clasificación de suelos: AASHTO

A-4 Suelo limoso.

Valor del índice de grupo:

## REGISTRO DE SONDAJE

**PERFORACION: DPL-3**

**PROYECTO** : ESTUDIO DE LOS PROCESOS EROSIVOS AVANZADOS EN LOS  
 KM. 63+500 Y.75+800 DE LA RUTA NACIONAL PE+18A  
 SECTOR HUÁNUCO- TINGO MARIA, PROVINCIA DE HUÁNUCO  
 2015  
**UBICACIÓN** : KM. 63+500 Y.75+800 DE LA RUTA NACIONAL PE+18A  
**FECHA** : Agosto del 2015

**REALIZADO** : Naun Salvador S.  
**REVISADO** : Ing. Owner H. Salvador S.  
**FECHA DE EXCAVACION** : 27/08/15  
**PROFUNDIDAD TOTAL (m)** : 3.00

PROF. (m)	DESCRIPCION DEL SUELO	S U C S	CORRELACIONES			ENSAYOS DE PENETRACION DINAMICA LIGERA
			N SPT	φ (°) suelo friccionant	c (Kg/cm <sup>2</sup> ) suelo cohesivo	N <sub>DPL</sub> N° de golpes 90 cm
0.20  1.00 1.20  2.00  3.00  4.00  5.00  6.00  7.00  8.00	Grava limosa con arena	GM	16 17 18 18 18 18	32.9 33.4 34.0 34.0 34.0 34.0	- - - - - -	

**OBSERVACIONES** : Se paró el ensayo, al contacto con una piedra, 46 golpes para 8 cm (salta el martillo)



## REGISTRO DE SONDAJE

**PERFORACION: DPL-4**

**PROYECTO** : ESTUDIO DE LOS PROCESOS EROSIVOS AVANZADOS EN LOS KILÓMETROS 63+500 Y 75+800 DE LA RUTA NACIONAL PE+18A, SECTOR HUÁNUCO- TINGO MARIA, PROVINCIA DE HUÁNUCO 2015.  
**UBICACIÓN** : KM. 63+500 Y 75+800 DE LA RUTA NACIONAL PE+18A.  
**FECHA** : Agosto del 2015.

**REALIZADO** : Naun Salvador S.  
**REVISADO** : Ing. Owner H. Salvador S.  
**FECHA DE EXCAVACION** : 27/08/15.  
**PROFUNDIDAD TOTAL (m)** : 2.80

PROF. (m)	DESCRIPCION DEL SUELO	S U C S	CORRELACIONES			ENSAYOS DE PENETRACION DINAMICA LIGERA
			N SPT	φ (°) suelo friccionant	c (Kg/cm²) suelo cohesivo	N° de golpes 10 cm
0.20  1.00 1.20  2.00  3.00  4.00  5.00  6.00  7.00  8.00	Grava limosa con arena	GM	15  16  17  17  19  19	32.3  32.9  33.4  33.4  34.5  34.5	-  -  -  -  -	

**OBSERVACIONES** : Se paró el ensayo al contacto con una piedra, 46 golpes para 8 cm (salta el martillo).

## REGISTRO DE SONDAJE

**PERFORACION: DPL-5**

**PROYECTO :** ESTUDIO DE LOS PROCESOS EROSIVOS AVANZADOS EN LOS KM. 63+500 Y 75+800 DE LA RUTA NACIONAL PE+18A. SECTOR HUÁNUCO- TINGO MARIA, PROVINCIA DE HUÁNUCO. 2015.

**UBICACIÓN :** KM. 63+500 Y 75+800 DE LA RUTA NACIONAL PE+18A.

**FECHA :** Agosto del 2015.

**REALIZADO :** Naum Salvador S.

**REVISADO :** Ing. Owner H. Salvador S.

**FECHA DE EXCAVACION :** 27/08/15

**PROFUNDIDAD TOTAL (m) :** 3.00

PROF. (m)	DESCRIPCION DEL SUELO	S U C S	CORRELACIONES			ENSAYOS DE PENETRACION DINAMICA LIGERA	
			N SPT	$\phi$ (°) suelo friccionant	c (Kg/cm <sup>2</sup> ) suelo cohesivo	Nº de golpes DPL 90 cm	
0.20	Grava limosa con arena	GM	16	32.9	-		
1.00			18	34.0	-		
1.20			17	33.4	-		
2.00			17	33.4	-		
2.80			20	35.0	-		
3.00			20	35.0	-		
4.00							
5.00							
6.00							
7.00							
8.00							
9.00							

**OBSERVACIONES :** Se paró el ensayo al contacto con una piedra. 46 golpes para 8 cm (salta el martillo).

# Anexo 04

## CÁLCULO DE MUROS

**Km. 63+500**

**ÍNDICE**

<b>1.- NORMA Y MATERIALES</b>	238
<b>2.- ACCIONES</b>	238
<b>3.- DATOS GENERALES</b>	238
<b>4.- DESCRIPCIÓN DEL TERRENO</b>	238
<b>5.- SECCIÓN VERTICAL DEL TERRENO</b>	239
<b>6.- GEOMETRÍA</b>	239
<b>7.- ESQUEMA DE LAS FASES</b>	240
<b>8.- RESULTADOS DE LAS FASES</b>	240
<b>9.- COMBINACIONES</b>	241
<b>10.- DESCRIPCIÓN DEL ARMADO</b>	241
<b>11.- COMPROBACIONES GEOMÉTRICAS Y DE RESISTENCIA</b>	242
<b>12.- COMPROBACIONES DE ESTABILIDAD (CÍRCULO DE DESLIZAMIENTO PÉSIMO)</b>	246
<b>13.- MEDICIÓN</b>	247



# Selección de listados

Fecha: 04/10/15

## 1.- NORMA Y MATERIALES

Norma: ACI (USA)

Hormigón:  $f'c=3000$

Acero de barras: Grade 60

Recubrimiento en el intradós del muro: 5.0 cm

Recubrimiento en el trasdós del muro: 5.0 cm

Recubrimiento superior de la cimentación: 7.0 cm

Recubrimiento inferior de la cimentación: 7.0 cm

Recubrimiento lateral de la cimentación: 7.0 cm

Tamaño máximo del árido: 30 mm

## 2.- ACCIONES

Empuje en el intradós: Pasivo

Empuje en el trasdós: Activo

## 3.- DATOS GENERALES

Cota de la rasante: 0.00 m

Altura del muro sobre la rasante: 0.00 m

Enrase: Trasdós

Longitud del muro en planta: 10.00 m

Separación de las juntas: 5.00 m

Tipo de cimentación: Zapata corrida

## 4.- DESCRIPCIÓN DEL TERRENO

Ángulo talud: 37 grados

Porcentaje del rozamiento interno entre el terreno y el intradós del muro: 50 %

Porcentaje del rozamiento interno entre el terreno y el trasdós del muro: 40 %

Evacuación por drenaje: 100 %

Porcentaje de empuje pasivo: 50 %

Cota empuje pasivo: 0.30 m

Tensión admisible: 0.196 MPa

Coefficiente de rozamiento terreno-cimiento: 0.60

### ESTRATOS

Referencias	Cota superior	Descripción	Coefficientes de empuje
1 - coluvion	0.00 m	Densidad aparente: 18.00 kN/m <sup>3</sup> Densidad sumergida: 15.00 kN/m <sup>3</sup> Ángulo rozamiento interno: 40.00 grados Cohesión: 0.01 kN/m <sup>2</sup>	Activo trasdós: 0.19 Pasivo intradós: 11.06



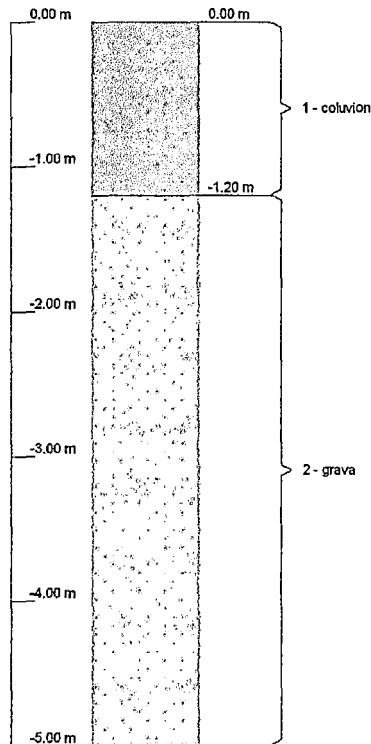
## Selección de listados

Referencias	Cota superior	Descripción	Coefficientes de empuje
2 - grava	-1.20 m	Densidad aparente: 20.00 kN/m <sup>3</sup> Densidad sumergida: 11.00 kN/m <sup>3</sup> Ángulo rozamiento interno: 38.00 grados Cohesión: 0.00 kN/m <sup>2</sup>	Activo trasdós: 0.21 Pasivo intradós: 9.11

### RELLENO EN INTRADÓS

Referencias	Descripción	Coefficientes de empuje
Relleno	Densidad aparente: 17.66 kN/m <sup>3</sup> Densidad sumergida: 9.81 kN/m <sup>3</sup> Ángulo rozamiento interno: 30.00 grados Cohesión: 0.00 kN/m <sup>2</sup>	Activo trasdós: 0.30 Pasivo intradós: 4.81

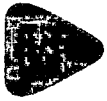
## 5.- SECCIÓN VERTICAL DEL TERRENO



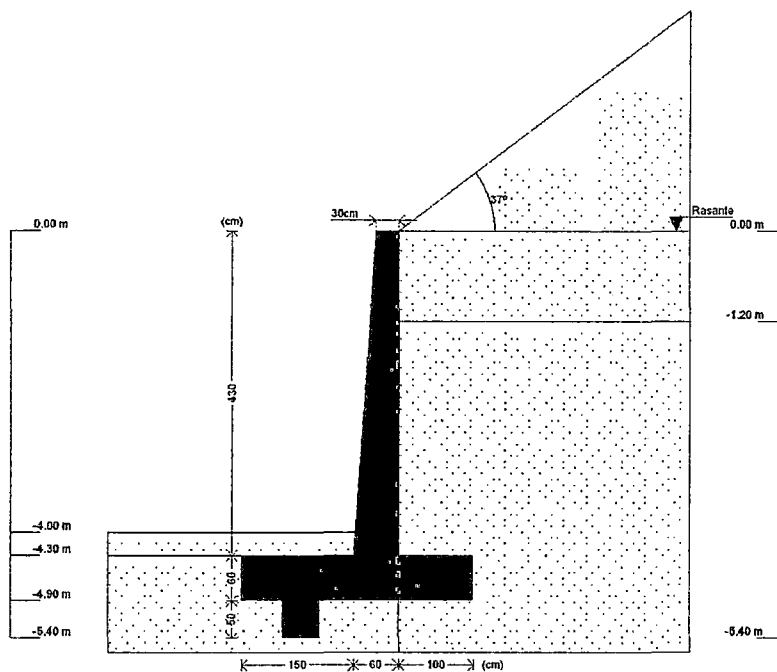
## 6.- GEOMETRÍA

### MURO

Altura: 4.30 m
Espesor superior: 30.0 cm
Espesor inferior: 60.0 cm

**ZAPATA CORRIDA**

Con puntera y talón  
 Canto: 60 cm  
 Vuelos intradós / trasdós: 150.0 / 100.0 cm  
 Canto del tacón: 50 cm  
 Ancho del tacón: 50 cm  
 Distancia al eje del muro: -100 cm  
 Hormigón de limpieza: 10 cm

**7.- ESQUEMA DE LAS FASES** **Fase 1: Fase****8.- RESULTADOS DE LAS FASES**

Esfuerzos sin mayorar.

**FASE 1: FASE****CARGA PERMANENTE Y EMPUJE DE TIERRAS**

Cota (m)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-0.42	3.41	0.59	0.03	2.85	0.00
-0.85	7.57	2.45	0.46	5.82	0.00
-1.28	12.42	5.66	1.83	9.66	0.00
-1.71	18.01	10.55	4.77	13.09	0.00
-2.14	24.31	16.92	9.93	16.52	0.00
-2.57	31.34	24.76	17.92	19.95	0.00





mmm

## Selección de listados

Fecha: 04/10/15

Cota (m)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
-3.00	39.08	34.07	29.36	23.38	0.00
-3.43	47.53	44.86	44.86	26.81	0.00
-3.86	56.71	57.12	65.03	30.23	0.00
-4.29	66.60	70.86	90.48	33.66	0.00
Máximos	66.84	71.20	91.14	33.78	0.00
	Cota: -4.30 m	Cota: -4.30 m	Cota: -4.30 m	Cota: -4.30 m	Cota: 0.00 m
Mínimos	0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00
	Cota: 0.00 m	Cota: 0.00 m	Cota: -0.18 m	Cota: 0.00 m	Cota: 0.00 m

### 9.- COMBINACIONES

#### HIPÓTESIS

- 1 - Carga permanente
- 2 - Empuje de tierras

#### COMBINACIONES PARA ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS

Combinación	Hipótesis	
	1	2
1	0.90	0.90
2	1.20	0.90
3	0.90	1.60
4	1.20	1.60

#### COMBINACIONES PARA ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO

Combinación	Hipótesis	
	1	2
1	1.00	1.00

### 10.- DESCRIPCIÓN DEL ARMADO

CORONACIÓN				
Armadura superior: 2 #4				
Anclaje intradós / trasdós: 20 / 12 cm				
TRAMOS				
Núm.	Intradós		Trasdós	
	Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal
1	#6c/20 Solape: 0.75 m	#4c/20	#8c/20 Solape: 2 m	#5c/20



# Selección de listados

ZAPATA		
Armadura	Longitudinal	Transversal
Superior	#6c/20	#6c/20 Patilla Intradós / Trasdós: 20 / 20 cm
Inferior	#6c/20	#6c/20 Patilla intradós / trasdós: 20 / 20 cm
Tacón	4 #6	#6c/15 Longitud de anclaje en prolongación: 60 cm
Longitud de pata en arranque: 50 cm		

## 11.- COMPROBACIONES GEOMÉTRICAS Y DE RESISTENCIA

Referencia: Muro: ej (mmm)		
Comprobación	Valores	Estado
Comprobación a rasante en arranque muro:	Máximo: 1283.9 kN/m Calculado: 113.9 kN/m	Cumple
Espesor mínimo del tramo: <i>Criterio del programa</i>	Mínimo: 20 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación libre mínima armaduras horizontales: <i>Artículo 7.6 de la norma ACI 318-02</i>	Mínimo: 4 cm	
- Trasdós:	Calculado: 18.4 cm	Cumple
- Intradós:	Calculado: 18.7 cm	Cumple
Separación máxima armaduras horizontales: <i>Artículo 7.6 de la norma ACI 318-02</i>	Máximo: 45.7 cm	
- Trasdós:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Intradós:	Calculado: 20 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima horizontal por cara: <i>Artículo 14.3.3 de la norma ACI 318-02</i>	Mínimo: 0.001	
- Trasdós (-4.30 m):	Calculado: 0.00165	Cumple
- Intradós (-4.30 m):	Calculado: 0.00105	Cumple
Cuantía mínima mecánica horizontal por cara: <i>Criterio del programa (Cuantía horizontal &gt; 20% Cuantía vertical)</i>		
- Trasdós:	Mínimo: 0.00084 Calculado: 0.00165	Cumple
- Intradós:	Mínimo: 0.00047 Calculado: 0.00105	Cumple
Cuantía mínima geométrica vertical cara traccionada: <i>Artículo 14.3.2 de la norma ACI 318-02</i>		
- Trasdós (-4.30 m):	Mínimo: 0.00075 Calculado: 0.00422	Cumple
Cuantía mínima mecánica vertical cara traccionada: <i>ACI 318M-02, Artículo 10.5</i>		
- Trasdós (-4.30 m):	Mínimo: 0.00333 Calculado: 0.00422	Cumple



mmm

## Selección de listados

Fecha: 04/10/15

Referencia: Muro: ej (mmm)		
Comprobación	Valores	Estado
Cuantía mínima geométrica vertical cara comprimida: - Intradós (-4.30 m): <i>Artículo 14.3.2 de la norma ACI 318-02</i>	Mínimo: 0.00075 Calculado: 0.00235	Cumple
Cuantía máxima geométrica de armadura vertical total: - (0.00 m): <i>Artículo 10.9 de la norma ACI 318-02</i>	Máximo: 0.08 Calculado: 0.01316	Cumple
Separación libre mínima armaduras verticales: <i>Artículo 7.6 de la norma ACI 318-02</i> - Trasdós: - Intradós:	Mínimo: 4 cm Calculado: 14.9 cm Calculado: 16.1 cm	Cumple Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 7.6 de la norma ACI 318-02</i> - Armadura vertical Trasdós: - Armadura vertical Intradós:	Máximo: 45.7 cm Calculado: 20 cm Calculado: 20 cm	Cumple Cumple
Comprobación a flexión compuesta: <i>Artículos 10.2 y 10.3 de la norma ACI 318-02</i>		Cumple
Comprobación a cortante: <i>Capítulo 11.3.1 (norma ACI 318-02)</i>	Máximo: 287.6 kN/m Calculado: 88.4 kN/m	Cumple
Longitud de solapes: <i>Artículo 12.15 de la norma ACI 318-02</i> - Base trasdós: - Base intradós:	Mínimo: 1.8 m Calculado: 2 m Mínimo: 0.74 m Calculado: 0.75 m	Cumple Cumple
Comprobación del anclaje del armado base en coronación: <i>Criterio J. Calavera. Muros de contención y muros de sótano.</i> - Trasdós: - Intradós:	Mínimo: 17 cm Calculado: 17 cm Mínimo: 0 cm Calculado: 20 cm	Cumple Cumple
Área mínima longitudinal cara superior viga de coronación: <i>Criterio del programa</i>	Mínimo: 2.2 cm <sup>2</sup> Calculado: 2.5 cm <sup>2</sup>	Cumple
<b>Información adicional:</b> - Cota de la sección con la mínima relación 'cuantía horizontal / cuantía vertical' Trasdós: -4.30 m - Cota de la sección con la mínima relación 'cuantía horizontal / cuantía vertical' Intradós: -4.30 m - Sección crítica a flexión compuesta: Cota: -4.30 m, Md: 148.04 kN·m/m, Nd: 73.75 kN/m, Vd: 113.92 kN/m, Tensión máxima del acero: 163.574 MPa - Sección crítica a cortante: Cota: -3.80 m		

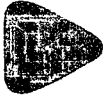


mmm

## Selección de listados

Fecha: 04/10/15

Referencia: Zapata corrida: ej (mmm)		
Comprobación	Valores	Estado
<b>Comprobación de estabilidad:</b> <i>Valor introducido por el usuario.</i> - Coeficiente de seguridad al vuelco: - Coeficiente de seguridad al deslizamiento:	Mínimo: 2 Calculado: 4.21 Mínimo: 1.5 Calculado: 2.41	Cumple Cumple
<b>Canto mínimo:</b> - Zapata: <i>ACI 318-02. Artículo 15.7.</i>	Mínimo: 15 cm Calculado: 60 cm	Cumple
<b>Tensiones sobre el terreno:</b> <i>Valor introducido por el usuario.</i> - Tensión media: - Tensión máxima:	Máximo: 0.1962 MPa Calculado: 0.0904 MPa Máximo: 0.2452 MPa Calculado: 0.119 MPa	Cumple Cumple
<b>Flexión en zapata:</b> <i>Comprobación basada en criterios resistentes</i> - Armado superior trasdós: - Armado inferior trasdós: - Armado superior intradós: - Armado inferior intradós: - Momento pésimo en el tacón:	Mínimo: 3.1 cm <sup>2</sup> /m Calculado: 14.15 cm <sup>2</sup> /m Mínimo: 0 cm <sup>2</sup> /m Calculado: 14.15 cm <sup>2</sup> /m Mínimo: 0 cm <sup>2</sup> /m Calculado: 14.15 cm <sup>2</sup> /m Mínimo: 4.76 cm <sup>2</sup> /m Calculado: 14.15 cm <sup>2</sup> /m Mínimo: 2.53 cm <sup>2</sup> /m Calculado: 18.86 cm <sup>2</sup> /m	Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple
<b>Esfuerzo cortante:</b> <i>ACI 318-02. Artículo 11.3.1.</i> - Trasdós: - Intradós: - En el tacón:	Máximo: 301.2 kN/m Calculado: 84.9 kN/m Máximo: 301.2 kN/m Calculado: 100.4 kN/m Máximo: 244.3 kN/m Calculado: 49.1 kN/m	Cumple Cumple Cumple
<b>Longitud de anclaje:</b> <i>ACI 318-02. Artículo 12.</i> - Arranque trasdós:	Mínimo: 20 cm Calculado: 49 cm	Cumple



mmm

## Selección de listados

Fecha: 04/10/15

Referencia: Zapata corrida: ej (mmm)		
Comprobación	Valores	Estado
- Arranque intradós:	Mínimo: 15 cm Calculado: 49 cm	Cumple
- Armado inferior trasdós (Patilla):	Mínimo: 0 cm Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inferior intradós (Patilla):	Mínimo: 0 cm Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior trasdós (Patilla):	Mínimo: 0 cm Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior intradós (Patilla):	Mínimo: 0 cm Calculado: 20 cm	Cumple
- Armadura transversal del tacón:	Mínimo: 30 cm Calculado: 60 cm	Cumple
Recubrimiento: <i>ACI 318-02, Artículo 7.7.1.</i>	Calculado: 7 cm	
- Inferior:	Mínimo: 5 cm	Cumple
- Lateral:	Mínimo: 7 cm	Cumple
- Superior:	Mínimo: 5 cm	Cumple
Diámetro mínimo: <i>Criterio de CYPE Ingenieros.</i>	Mínimo: #3	
- Armadura transversal inferior:	Calculado: #6	Cumple
- Armadura longitudinal inferior:	Calculado: #6	Cumple
- Armadura transversal superior:	Calculado: #6	Cumple
- Armadura longitudinal superior:	Calculado: #6	Cumple
- Armadura longitudinal del tacón:	Calculado: #6	Cumple
- Armadura transversal del tacón:	Calculado: #6	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>ACI 318-02, Artículo 7.6.</i>	Máximo: 45.7 cm	
- Armadura transversal inferior:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armadura transversal superior:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armadura longitudinal inferior:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armadura longitudinal superior:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado longitudinal rama horizontal tacón:	Calculado: 30.2 cm	Cumple
- Armado transversal del tacón:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado longitudinal rama vertical tacón:	Calculado: 40.1 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE Ingenieros.</i>	Mínimo: 10.1 cm	
- Armadura transversal inferior:	Calculado: 20 cm	Cumple



mmm

## Selección de listados

Fecha: 04/10/15

Referencia: Zapata corrida: ej (mmm)		
Comprobación	Valores	Estado
- Armadura transversal superior:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armadura longitudinal inferior:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armadura longitudinal superior:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado longitudinal rama horizontal tacón:	Calculado: 30.2 cm	Cumple
- Armado transversal del tacón:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado longitudinal rama vertical tacón:	Calculado: 40.1 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>ACI 318-02. Artículo 7.12.</i>	Mínimo: 0.0009	
- Armadura longitudinal inferior:	Calculado: 0.00235	Cumple
- Armadura longitudinal superior:	Calculado: 0.00235	Cumple
- Armadura transversal inferior:	Calculado: 0.00235	Cumple
- Armadura transversal superior:	Calculado: 0.00235	Cumple
- Armadura longitudinal del tacón:	Calculado: 0.00452	Cumple
- Armadura transversal del tacón:	Calculado: 0.00377	Cumple
Cuantía mecánica mínima: <i>ACI 318-02. Artículo 10.5.</i>		
- Armadura transversal inferior:	Mínimo: 0.00105 Calculado: 0.00235	Cumple
- Armadura transversal superior:	Mínimo: 0.00068 Calculado: 0.00235	Cumple
- Armadura transversal del tacón:	Mínimo: 0.00067 Calculado: 0.00377	Cumple
Información adicional:		
- Momento flector pésimo en la sección de referencia del trasdós: 57.37 kN·m/m		
- Momento flector pésimo en la sección de referencia del intradós: 87.88 kN·m/m		

## 12.- COMPROBACIONES DE ESTABILIDAD (CÍRCULO DE DESLIZAMIENTO PÉSIMO)

Referencia: Comprobaciones de estabilidad (Círculo de deslizamiento pésimo): ej (mmm)		
Comprobación	Valores	Estado
Círculo de deslizamiento pésimo: Combinaciones sin sismo:		
- Fase: Coordenadas del centro del círculo (-2.71 m ; 10.01 m) - Radio: 15.51 m: <i>Valor introducido por el usuario.</i>	Mínimo: 1.25 Calculado: 1.572	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		



mmm

## Selección de listados

Fecha: 04/10/15

### 13.- MEDICIÓN

Referencia: Muro		Grade 60				Total
Nombre de armado		#4	#5	#6	#8	
Armado base transversal	Longitud (m)			51x4.43		225.93
	Peso (kg)			51x9.84		501.91
Armado longitudinal	Longitud (m)	22x9.86				216.92
	Peso (kg)	22x9.83				216.26
Armado base transversal	Longitud (m)				50x4.34	217.00
	Peso (kg)				50x17.27	863.65
Armado longitudinal	Longitud (m)		22x9.86			216.92
	Peso (kg)		22x15.33			337.16
Armado viga coronación	Longitud (m)	2x9.86				19.72
	Peso (kg)	2x9.83				19.66
Armadura inferior - Transversal	Longitud (m)			51x3.34		170.34
	Peso (kg)			51x7.42		378.42
Armadura inferior - Longitudinal	Longitud (m)			16x9.86		157.76
	Peso (kg)			16x21.90		350.47
Armadura superior - Transversal	Longitud (m)			51x3.34		170.34
	Peso (kg)			51x7.42		378.42
Armadura superior - Longitudinal	Longitud (m)			16x9.86		157.76
	Peso (kg)			16x21.90		350.47
Armadura del tacón - Transversal	Longitud (m)			67x2.38		159.46
	Peso (kg)			67x5.29		354.25
Armadura del tacón - Longitudinal - Inferior	Longitud (m)			2x9.86		19.72
	Peso (kg)			2x21.90		43.81
Armadura del tacón - Longitudinal - Izquierda	Longitud (m)			1x9.86		9.86
	Peso (kg)			1x21.90		21.90
Armadura del tacón - Longitudinal - Derecha	Longitud (m)			1x9.86		9.86
	Peso (kg)			1x21.90		21.90
Arranques - Transversal - Izquierda	Longitud (m)			51x1.73		88.23
	Peso (kg)			51x3.84		196.01
Arranques - Transversal - Derecha	Longitud (m)				50x2.98	149.00
	Peso (kg)				50x11.86	593.01
Totales	Longitud (m)	236.64	216.92	1169.26	366.00	
	Peso (kg)	235.92	337.16	2597.56	1456.66	4627.30
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m)	260.30	238.61	1286.19	402.60	
	Peso (kg)	259.51	370.88	2857.31	1602.33	5090.03

Resumen de medición (se incluyen mermas de acero)

Elemento	Grade 60 (kg)					Hormigón (m³)	
	#4	#5	#6	#8	Total	f'c=3000	Limpieza
Referencia: Muro	259.51	370.88	2857.32	1602.32	5090.03	40.45	3.10
Totales	259.51	370.88	2857.32	1602.32	5090.03	40.45	3.10

**Km. 72+800**



## ÍNDICE

<b>1.- NORMA Y MATERIALES</b>	238
<b>2.- ACCIONES</b>	238
<b>3.- DATOS GENERALES</b>	238
<b>4.- DESCRIPCIÓN DEL TERRENO</b>	238
<b>5.- SECCIÓN VERTICAL DEL TERRENO</b>	239
<b>6.- GEOMETRÍA</b>	239
<b>7.- ESQUEMA DE LAS FASES</b>	240
<b>8.- RESULTADOS DE LAS FASES</b>	240
<b>9.- COMBINACIONES</b>	241
<b>10.- DESCRIPCIÓN DEL ARMADO</b>	241
<b>11.- COMPROBACIONES GEOMÉTRICAS Y DE RESISTENCIA</b>	242
<b>12.- COMPROBACIONES DE ESTABILIDAD (CÍRCULO DE DESLIZAMIENTO PÉSIMO)</b>	246
<b>13.- MEDICIÓN</b>	247



mmm2

# Selección de listados

Fecha: 04/10/15

## 1.- NORMA Y MATERIALES

Norma: ACI (USA)

Hormigón:  $f'c=3000$ 

Acero de barras: Grade 60

Recubrimiento en el intradós del muro: 5.0 cm

Recubrimiento en el trasdós del muro: 5.0 cm

Recubrimiento superior de la cimentación: 7.0 cm

Recubrimiento inferior de la cimentación: 7.0 cm

Recubrimiento lateral de la cimentación: 7.0 cm

Tamaño máximo del árido: 30 mm

## 2.- ACCIONES

Empuje en el intradós: Pasivo

Empuje en el trasdós: Activo

## 3.- DATOS GENERALES

Cota de la rasante: 0.00 m

Altura del muro sobre la rasante: 0.00 m

Enrase: Trasdós

Longitud del muro en planta: 20.00 m

Separación de las juntas: 5.00 m

Tipo de cimentación: Zapata corrida

## 4.- DESCRIPCIÓN DEL TERRENO

Ángulo talud: 30 grados

Porcentaje del rozamiento interno entre el terreno y el intradós del muro: 50 %

Porcentaje del rozamiento interno entre el terreno y el trasdós del muro: 40 %

Evacuación por drenaje: 100 %

Porcentaje de empuje pasivo: 50 %

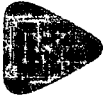
Cota empuje pasivo: 0.30 m

Tensión admisible: 0.196 MPa

Coeficiente de rozamiento terreno-cimiento: 0.60

### ESTRATOS

Referencias	Cota superior	Descripción	Coefficientes de empuje
1 - rocas metamórficas	0.00 m	Densidad aparente: 25.00 kN/m <sup>3</sup> Densidad sumergida: 11.00 kN/m <sup>3</sup> Ángulo rozamiento interno: 35.00 grados Cohesión: 0.00 kN/m <sup>2</sup>	Activo trasdós: 0.24 Pasivo intradós: 7.02



mmm2

## Selección de listados

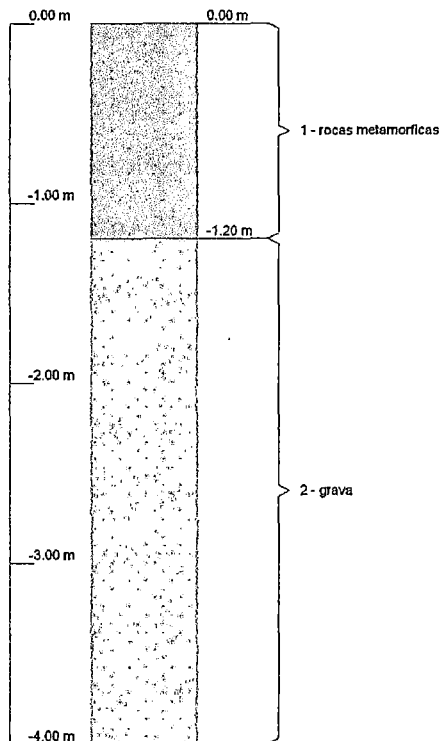
Fecha: 04/10/15

Referencias	Cota superior	Descripción	Coefficientes de empuje
2 - grava	-1.20 m	Densidad aparente: 20.00 kN/m <sup>3</sup> Densidad sumergida: 11.00 kN/m <sup>3</sup> Ángulo rozamiento interno: 38.00 grados Cohesión: 0.00 kN/m <sup>2</sup>	Activo trasdós: 0.21 Pasivo intradós: 9.11

### RELLENO EN INTRADÓS

Referencias	Descripción	Coefficientes de empuje
Relleno	Densidad aparente: 17.66 kN/m <sup>3</sup> Densidad sumergida: 9.81 kN/m <sup>3</sup> Ángulo rozamiento interno: 30.00 grados Cohesión: 0.00 kN/m <sup>2</sup>	Activo trasdós: 0.30 Pasivo intradós: 4.81

## 5.- SECCIÓN VERTICAL DEL TERRENO



## 6.- GEOMETRÍA

### MURO

Altura: 3.30 m Espesor superior: 25.0 cm Espesor inferior: 50.0 cm
--

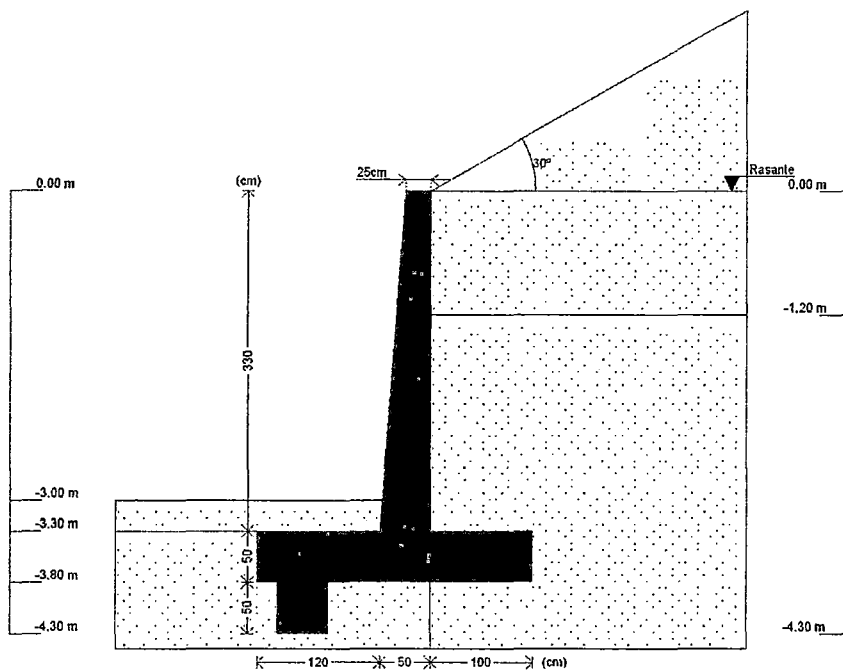


# Selección de listados

## ZAPATA CORRIDA

Con puntera y talón  
 Canto: 50 cm  
 Vuelos intradós / trasdós: 120.0 / 100.0 cm  
 Canto del tacón: 50 cm  
 Ancho del tacón: 50 cm  
 Distancia al eje del muro: -100 cm  
 Hormigón de limpieza: 10 cm

### 7.- ESQUEMA DE LAS FASES



Fase 1: Fase

### 8.- RESULTADOS DE LAS FASES

Esfuerzos sin mayorar.

#### FASE 1: FASE

#### CARGA PERMANENTE Y EMPUJE DE TIERRAS

Cota (m)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-0.32	2.18	0.51	0.02	3.23	0.00
-0.65	4.90	2.13	0.33	6.61	0.00
-0.98	8.11	4.87	1.26	9.99	0.00
-1.31	11.77	8.54	3.18	11.59	0.00
-1.64	15.85	12.80	6.30	14.20	0.00
-1.97	20.37	17.91	10.84	16.81	0.00



## Selección de listados

Cota (m)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
-2.30	25.32	23.89	17.10	19.43	0.00
-2.63	30.71	30.74	25.33	22.04	0.00
-2.96	36.54	38.44	35.82	24.65	0.00
-3.29	42.80	47.00	48.83	27.26	0.00
Máximos	43.00	47.28	49.26	27.38	0.00
	Cota: -3.30 m	Cota: -3.30 m	Cota: -3.30 m	Cota: -3.30 m	Cota: 0.00 m
Mínimos	0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00
	Cota: 0.00 m	Cota: 0.00 m	Cota: -0.12 m	Cota: 0.00 m	Cota: 0.00 m

### 9.- COMBINACIONES

#### HIPÓTESIS

- 1 - Carga permanente
- 2 - Empuje de tierras

#### COMBINACIONES PARA ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS

Combinación	Hipótesis	
	1	2
1	0.90	0.90
2	1.20	0.90
3	0.90	1.60
4	1.20	1.60

#### COMBINACIONES PARA ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO

Combinación	Hipótesis	
	1	2
1	1.00	1.00

### 10.- DESCRIPCIÓN DEL ARMADO

CORONACIÓN				
Armadura superior: 2 #4				
Anclaje intradós / trasdós: 14 / 12 cm				
TRAMOS				
Núm.	Intradós		Trasdós	
	Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal
1	#3c/20 Solape: 0.4 m	#4c/25	#8c/25 Solape: 1.85 m	#5c/25



mmm2

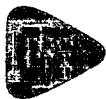
## Selección de listados

Fecha: 04/10/15

ZAPATA		
Armadura	Longitudinal	Transversal
Superior	#5c/20	#5c/20 Longitud de anclaje en prolongación: 60 cm Patilla trasdós: 30 cm
Inferior	#5c/20	#5c/20 Patilla intradós / trasdós: - / 30 cm
Tacón	8 #5	#5c/20 Longitud de anclaje en prolongación: 33 cm
Longitud de pata en arranque: 30 cm		

### 11.- COMPROBACIONES GEOMÉTRICAS Y DE RESISTENCIA

Referencia: Muro: ej2 (mmm2)		
Comprobación	Valores	Estado
Comprobación a rasante en arranque muro:	Máximo: 1014.3 kN/m Calculado: 75.6 kN/m	Cumple
Espesor mínimo del tramo: <i>Criterio del programa</i>	Mínimo: 20 cm Calculado: 25 cm	Cumple
Separación libre mínima armaduras horizontales: <i>Artículo 7.6 de la norma ACI 318-02</i>	Mínimo: 4 cm	
- Trasdós:	Calculado: 23.4 cm	Cumple
- Intradós:	Calculado: 23.7 cm	Cumple
Separación máxima armaduras horizontales: <i>Artículo 7.6 de la norma ACI 318-02</i>	Máximo: 45.7 cm	
- Trasdós:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Intradós:	Calculado: 25 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima horizontal por cara: <i>Artículo 14.3.3 de la norma ACI 318-02</i>	Mínimo: 0.001	
- Trasdós (-3.30 m):	Calculado: 0.00158	Cumple
- Intradós (-3.30 m):	Calculado: 0.00101	Cumple
Cuantía mínima mecánica horizontal por cara: <i>Criterio del programa (Cuantía horizontal &gt; 20% Cuantía vertical)</i>	Mínimo: 0.00081 Calculado: 0.00158	Cumple
- Trasdós:	Mínimo: 0.00014 Calculado: 0.00101	Cumple
- Intradós:		
Cuantía mínima geométrica vertical cara traccionada: <i>Artículo 14.3.2 de la norma ACI 318-02</i>	Mínimo: 0.00075 Calculado: 0.00405	Cumple
- Trasdós (-3.30 m):		



mmm2

## Selección de listados

Fecha: 04/10/15

Referencia: Muro: ej2 (mmm2)		
Comprobación	Valores	Estado
Cuantía mínima mecánica vertical cara traccionada: - Trasdós (-3.30 m): <i>ACI 318M-02, Artículo 10.5</i>	Mínimo: 0.00333 Calculado: 0.00405	Cumple
Cuantía mínima geométrica vertical cara comprimida: - Intradós (-3.30 m): <i>Artículo 14.3.2 de la norma ACI 318-02</i>	Mínimo: 0.0006 Calculado: 0.00071	Cumple
Cuantía máxima geométrica de armadura vertical total: - (0.00 m): <i>Artículo 10.9 de la norma ACI 318-02</i>	Máximo: 0.08 Calculado: 0.00953	Cumple
Separación libre mínima armaduras verticales: <i>Artículo 7.6 de la norma ACI 318-02</i> - Trasdós: - Intradós:	Mínimo: 4 cm Calculado: 19.9 cm Calculado: 18 cm	Cumple Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 7.6 de la norma ACI 318-02</i> - Armadura vertical Trasdós: - Armadura vertical Intradós:	Máximo: 45.7 cm Calculado: 25 cm Calculado: 20 cm	Cumple Cumple
Comprobación a flexión compuesta: <i>Artículos 10.2 y 10.3 de la norma ACI 318-02</i>		Cumple
Comprobación a cortante: <i>Capítulo 11.3.1 (norma ACI 318-02)</i>	Máximo: 232.3 kN/m Calculado: 58.9 kN/m	Cumple
Longitud de solapes: <i>Artículo 12.15 de la norma ACI 318-02</i> - Base trasdós: - Base intradós:	Mínimo: 1.8 m Calculado: 1.85 m Mínimo: 0.39 m Calculado: 0.4 m	Cumple Cumple
Comprobación del anclaje del armado base en coronación: <i>Criterio J. Calavera. Muros de contención y muros de sótano.</i> - Trasdós: - Intradós:	Mínimo: 12 cm Calculado: 12 cm Mínimo: 0 cm Calculado: 14 cm	Cumple Cumple
Área mínima longitudinal cara superior viga de coronación: <i>Criterio del programa</i>	Mínimo: 2.2 cm <sup>2</sup> Calculado: 2.5 cm <sup>2</sup>	Cumple

Se cumplen todas las comprobaciones

**Información adicional:**

- Cota de la sección con la mínima relación 'cuantía horizontal / cuantía vertical' Trasdós: -3.30 m



mmm2

## Selección de listados

Fecha: 04/10/15

Referencia: Muro: ej2 (mmm2)		
Comprobación	Valores	Estado
- Cota de la sección con la mínima relación 'cuantía horizontal / cuantía vertical' Intradós: -3.30 m - Sección crítica a flexión compuesta: Cota: -3.30 m, Md: 80.01 kN·m/m, Nd: 47.58 kN/m, Vd: 75.64 kN/m, Tensión máxima del acero: 136.119 MPa - Sección crítica a cortante: Cota: -2.90 m		
Referencia: Zapata corrida: ej2 (mmm2)		
Comprobación	Valores	Estado
<b>Comprobación de estabilidad:</b> <i>Valor introducido por el usuario.</i> - Coeficiente de seguridad al vuelco: - Coeficiente de seguridad al deslizamiento:	Mínimo: 2 Calculado: 4.98 Mínimo: 1.5 Calculado: 2.76	Cumple Cumple
<b>Canto mínimo:</b> - Zapata: <i>ACI 318-02. Artículo 15.7.</i>	Mínimo: 15 cm Calculado: 50 cm	Cumple
<b>Tensiones sobre el terreno:</b> <i>Valor introducido por el usuario.</i> - Tensión media: - Tensión máxima:	Máximo: 0.1962 MPa Calculado: 0.0785 MPa Máximo: 0.2452 MPa Calculado: 0.1099 MPa	Cumple Cumple
<b>Flexión en zapata:</b> <i>Comprobación basada en criterios resistentes</i> - Armado superior trasdós: - Armado inferior trasdós: - Armado inferior intradós: - Momento pésimo en el tacón:	Calculado: 9.9 cm <sup>2</sup> /m Mínimo: 2.48 cm <sup>2</sup> /m Mínimo: 0 cm <sup>2</sup> /m Mínimo: 2.86 cm <sup>2</sup> /m Mínimo: 1.31 cm <sup>2</sup> /m	Cumple Cumple Cumple Cumple
<b>Esfuerzo cortante:</b> <i>ACI 318-02. Artículo 11.3.1.</i> - Trasdós: - Intradós: - En el tacón:	Máximo: 244.3 kN/m Calculado: 59.2 kN/m Calculado: 61.2 kN/m Calculado: 47.6 kN/m	Cumple Cumple Cumple
<b>Longitud de anclaje:</b> <i>ACI 318-02. Artículo 12.</i> - Arranque trasdós: - Arranque intradós:	Mínimo: 20 cm Calculado: 39 cm Mínimo: 15 cm Calculado: 39 cm	Cumple Cumple





mmm2

## Selección de listados

Fecha: 04/10/15

Referencia: Zapata corrida: ej2 (mmm2)		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inferior trasdós (Patilla):	Mínimo: 0 cm Calculado: 30 cm	Cumple
- Armado inferior intradós (Patilla):	Mínimo: 0 cm Calculado: 0 cm	Cumple
- Armado superior trasdós (Patilla):	Mínimo: 0 cm Calculado: 30 cm	Cumple
- Armado superior intradós:	Mínimo: 30 cm Calculado: 60 cm	Cumple
- Armadura transversal del tacón:	Mínimo: 30 cm Calculado: 33 cm	Cumple
Recubrimiento: <i>ACI 318-02, Artículo 7.7.1.</i>	Calculado: 7 cm	
- Inferior:	Mínimo: 3.8 cm	Cumple
- Lateral:	Mínimo: 7 cm	Cumple
- Superior:	Mínimo: 3.8 cm	Cumple
Diámetro mínimo: <i>Criterio de CYPE Ingenieros.</i>	Mínimo: #3	
- Armadura transversal inferior:	Calculado: #5	Cumple
- Armadura longitudinal inferior:	Calculado: #5	Cumple
- Armadura transversal superior:	Calculado: #5	Cumple
- Armadura longitudinal superior:	Calculado: #5	Cumple
- Armadura longitudinal del tacón:	Calculado: #5	Cumple
- Armadura transversal del tacón:	Calculado: #5	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>ACI 318-02, Artículo 7.6.</i>	Máximo: 45.7 cm	
- Armadura transversal inferior:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armadura transversal superior:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armadura longitudinal inferior:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armadura longitudinal superior:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado longitudinal rama horizontal tacón:	Calculado: 10.4 cm	Cumple
- Armado transversal del tacón:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado longitudinal rama vertical tacón:	Calculado: 20.3 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE Ingenieros.</i>	Mínimo: 10.1 cm	
- Armadura transversal inferior:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armadura transversal superior:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armadura longitudinal inferior:	Calculado: 20 cm	Cumple



mmm2

## Selección de listados

Fecha: 04/10/15

Referencia: Zapata corrida: ej2 (mmm2)		
Comprobación	Valores	Estado
- Armadura longitudinal superior:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado longitudinal rama horizontal tacón:	Calculado: 10.4 cm	Cumple
- Armado transversal del tacón:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado longitudinal rama vertical tacón:	Calculado: 20.3 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>ACI 318-02. Artículo 7.12.</i>	Mínimo: 0.0009	
- Armadura longitudinal inferior:	Calculado: 0.00198	Cumple
- Armadura longitudinal superior:	Calculado: 0.00198	Cumple
- Armadura transversal inferior:	Calculado: 0.00198	Cumple
- Armadura transversal superior:	Calculado: 0.00198	Cumple
- Armadura longitudinal del tacón:	Calculado: 0.00633	Cumple
- Armadura transversal del tacón:	Calculado: 0.00198	Cumple
Cuantía mecánica mínima: <i>ACI 318-02. Artículo 10.5.</i>	Calculado: 0.00198	
- Armadura transversal inferior:	Mínimo: 0.00076	Cumple
- Armadura transversal superior:	Mínimo: 0.00066	Cumple
- Armadura transversal del tacón:	Mínimo: 0.00035	Cumple
Información adicional:		
- Momento flector pésimo en la sección de referencia del trasdós: 36.69 kN·m/m		
- Momento flector pésimo en la sección de referencia del intradós: 42.33 kN·m/m		

## 12.- COMPROBACIONES DE ESTABILIDAD (CÍRCULO DE DESLIZAMIENTO PÉSIMO)

Referencia: Comprobaciones de estabilidad (Círculo de deslizamiento pésimo): ej2 (mmm2)		
Comprobación	Valores	Estado
Círculo de deslizamiento pésimo: Combinaciones sin sismo: - Fase: Coordenadas del centro del círculo (-2.59 m ; 7.88 m) - Radio: 12.38 m: <i>Valor introducido por el usuario.</i>	Mínimo: 1.25 Calculado: 1.635	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

## 13.- MEDICIÓN

Referencia: Muro		Grade 60				Total
Nombre de armado		#3	#4	#5	#8	
Armado base transversal	Longitud (m)	101x3.37				340.37
	Peso (kg)	101x1.88				189.71
Armado longitudinal	Longitud (m)		14x19.86			278.04
	Peso (kg)		14x19.80			277.19



mmm2

## Selección de listados

Fecha: 04/10/15

Referencia: Muro		Grade 60				Total
Nombre de armado		#3	#4	#5	#8	
Armado base transversal	Longitud (m)				81x3.34	270.54
	Peso (kg)				81x13.29	1076.74
Armado longitudinal	Longitud (m)			14x19.86		278.04
	Peso (kg)			14x30.87		432.16
Armado viga coronación	Longitud (m)		2x19.86			39.72
	Peso (kg)		2x19.80			39.60
Armadura inferior - Transversal	Longitud (m)			101x2.85		287.85
	Peso (kg)			101x4.43		447.41
Armadura inferior - Longitudinal	Longitud (m)			14x19.86		278.04
	Peso (kg)			14x30.87		432.16
Armadura superior - Transversal	Longitud (m)			101x1.82		183.82
	Peso (kg)			101x2.83		285.71
Armadura superior - Longitudinal	Longitud (m)			6x19.86		119.16
	Peso (kg)			6x30.87		185.21
Armadura del tacón - Transversal	Longitud (m)			101x1.85		186.85
	Peso (kg)			101x2.88		290.42
Armadura del tacón - Longitudinal - Inferior	Longitud (m)			4x19.86		79.44
	Peso (kg)			4x30.87		123.47
Armadura del tacón - Longitudinal - Izquierda	Longitud (m)			2x19.86		39.72
	Peso (kg)			2x30.87		61.74
Armadura del tacón - Longitudinal - Derecha	Longitud (m)			2x19.86		39.72
	Peso (kg)			2x30.87		61.74
Arranques - Transversal - Izquierda	Longitud (m)	101x1.09				110.09
	Peso (kg)	101x0.61				61.36
Arranques - Transversal - Derecha	Longitud (m)				81x2.54	205.74
	Peso (kg)				81x10.11	818.83
Totales	Longitud (m)	450.46	317.76	1492.64	476.28	
	Peso (kg)	251.07	316.79	2320.02	1895.57	4783.45
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m)	495.51	349.54	1641.90	523.91	
	Peso (kg)	276.18	348.47	2552.02	2085.13	5261.80

Resumen de medición (se incluyen mermas de acero)

Elemento	Grade 60 (kg)					Hormigón (m³)	
	#3	#4	#5	#8	Total	f'c=3000	Limpieza
Referencia: Muro	276.18	348.47	2552.03	2085.12	5261.80	56.75	5.40
Totales	276.18	348.47	2552.03	2085.12	5261.80	56.75	5.40