



Universidad Nacional  
**SAN LUIS GONZAGA**



### **[Atribución 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0)**

Esta licencia permite que otros distribuyan, mezclen, adapten y construyan sobre su trabajo, incluso comercialmente, siempre que le reconozcan la creación original. Esta es la licencia más complaciente que se ofrece. Recomendado para la máxima difusión y uso de materiales con licencia.

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>



**UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**  
**UNIDAD DE INVESTIGACION**

**EVALUACION DE ORIGINALIDAD**

**ID. N° 100193034**

**CONSTANCIA**

El que suscribe, deja constancia que se la realizado el análisis con el software de verificación de similitud al documento de INFORME FINAL DE TESIS cuyo título es:

**RESTAURACIÓN DE RIBERAS APLICANDO MÉTODOS DE EQUILIBRIO LÍMITE PARA EL CONTROL DE DESBORDES EN EL ASENTAMIENTO HUMANO NICOLAS DE PIÉROLA, LURIGANCHO CHOSICA - LIMA, 2021**

presentado por:

**PALOMINO ZUMAETA, JOSUE ALBERTH**

Bachiller del nivel de **PREGRADO** de la Facultad de Ingeniería Civil. El resultado obtenido es de **5% de similitud**, por el cual se otorga el calificativo de **APROBADO**, según el Reglamento para la evaluación de la Originalidad de los documentos de investigación.

Se adjunta al presente el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

Ica, 2 de junio de 2023

Universidad Nacional "San Luis Gonzaga"  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

  
Dr. SANTOS CHACALTANA VÁSQUEZ  
DIRECTOR (I)

DIRECTOR DE UNIDAD DE INVESTIGACION  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

Palomino Zumaeta Josue Alberth

5-6-23

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



Restauración de riberas aplicando métodos de equilibrio límite  
para el control de desbordes en el Asentamiento Humano Nicolas  
de Piérola, Lurigancho Chosica - Lima, 2021

Línea de Investigación:

Recursos hídricos, riesgo de desastre y cambio climático

INFORME DE TESIS FINAL

AUTOR:

BACH. PALOMINO ZUMAETA, JOSUE ALBERTH

Ica – Perú

2022

*Dedicatoria*

Esta tesis está dedicada:

A Dios, por permitirme llegar hasta aquí.  
A mis padres Daniel y Sonia por su esfuerzo al  
permitirme llegar a cumplir con esta meta.  
A mi familia por su apoyo incondicional.

*Agradecimientos*

A mi alma mater la Universidad Nacional "San Luis Gonzaga" de Ica.

A la Facultad de Ingeniería Civil (FIC -UNICA).

A mi asesor el MSc. Ing. Freddy Franco Alvarado,  
por su gran apoyo al asesorarme.

A mis docentes que compartieron sus saberes y valores.

## RESUMEN

En la presente investigación se han evaluado distintos escenarios sobre la estabilidad de taludes que conforman la ribera de una quebrada sometida a procesos climáticos extremos, pues estas actividades de geodinámica externa son características en muchas quebradas de la cuenca media y baja, lugares donde se han asentado poblaciones en constante riesgo de erosión, derrumbes, deslizamientos, etc.

La metodología general empleada parte de un enfoque cuantitativo, y el tipo y nivel se enmarca en una investigación aplicada, descriptiva y correlacional. Con respecto al diseño metodológico es no experimental y se aplicaron técnicas documentales y de observación estructurada con instrumentos de campo y gabinete, entre los cuales destacan los modelos de simulación geotécnicos SLIDE y GEO5, que utilizan los métodos de Fellenius, Jambu, Spencer y Morgenstern -Price de acuerdo al tipo de suelo encontrado.

En ese sentido, el objetivo general de la tesis fue establecer medidas para restaurar las riberas aplicando métodos de equilibrio limite que garanticen el control de desbordes en el A.H. Nicolas de Piérola – Chosica - región Lima; planteándose una meta que aporta a mejorar las condiciones de vida de los pobladores de la zona, garantizando significativamente el control de desbordes como bien se plantea en la hipótesis, al lograr factores de seguridad mayores que los mínimos requeridos por la norma CE-020, incluidos los escenarios con sismo.

Sin embargo, para fortalecer las defensas en la parte baja del talud se proponen en las conclusiones medidas de encauzamiento de la quebrada. Por otro lado, se identificaron en el tramo superior del talud valores muy cerca del mínimo, proponiéndose el corte del terreno y obras longitudinales como muros de contención y en las pequeñas quebradas que colectan a la quebrada principal se proponen diques deflectores y barreras con mallas metálicas.

**Palabras claves:** Restauración de quebradas, estabilidad de taludes, método de equilibrio limite.

## ABSTRACT

In the present investigation, different scenarios have been evaluated on the stability of slopes that make up the banks of streams, subjected to extreme climatic processes, since these external geodynamic activities are characteristic in many streams of the middle and lower basin, places where populations have settled. at constant risk of erosion, landslides, landslides, etc.

The general methodology used is based on a quantitative approach, and the type and level are part of applied, descriptive and correlational research. Regarding the methodological design, it is non-experimental and documentary and structured observation techniques were applied with field and office instruments, among which the geotechnical simulation models SLIDE and GEO5 stand out, which use the methods of Fellenius, Jambu, Spencer and Morgenstern. -Price according to the type of soil found.

In this sense, the general objective of the thesis was to establish measures to restore the banks by applying limit equilibrium methods that guarantee the control of overflows in the A.H. Nicolas de Piérola – Chosica - Lima region; considering a goal that contributes to improving the living conditions of the inhabitants of the area, significantly guaranteeing the control of overflows as it is proposed in the hypothesis, by achieving safety factors greater than the minimum required by the CE-20 standard, including earthquake scenarios.

However, in order to strengthen the defenses in the lower part of the slope, measures to channel the ravine are proposed in the conclusions. On the other hand, values very close to the minimum were identified in the upper section of the slope, proposing the cut of the land and longitudinal works such as retaining walls and in the small ravines that collect the main ravine, deflector dikes and barriers with metal mesh are proposed. .

**Keywords:** Stream restoration, slope stability, riparian defenses, external geodynamic works, limit equilibrium method.

## INDICE

Portada.

Dedicatoria.

Agradecimientos

Índice.

- Índice de contenidos.

- Índice de tablas.

- Índice de figuras.

Resumen

Abstract

<b>I.</b>	<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
1.1	Aspectos científicos generales .....	1
1.2	Realidad problemática .....	1
1.2.1	Antecedentes de la investigación .....	3
1.2.2	Formulación del problema .....	5
1.3	Justificación e importancia de la investigación. ....	5
1.4	Objetivos. ....	7
1.5	Hipótesis y variables .....	7
<b>II.</b>	<b>ESTRATEGIA METODOLOGICA.....</b>	<b>9</b>
2.1	Metodológica general de la investigación. ....	9
2.2	Descripción espacial de la población y muestra .....	10
2.3	Situación general de la zona de investigación .....	12
2.4	Estrategias para la recolección de datos .....	14
2.4.1	Estudios básicos de Ingeniería .....	15
2.4.2	Selección de las zonas críticas a investigar .....	24
<b>III.</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>26</b>
3.1	Restauración de riberas .....	26
3.1.1	Estabilidad de taludes .....	27
3.1.2	Métodos de cálculo .....	30

3.1.2.1	Método de Equilibrio Global .....	31
3.1.2.2	Método de las Dovelas .....	31
3.1.3	Modelos Geo informáticos de aplicación .....	34
3.1.3.1	Modelo Geo Informático GEOS5 .....	35
3.1.3.2	Modelo Geo Informático SLIDE .....	36
3.1.4	Evaluación comparativa de la estabilidad .....	37
3.1.4.1	Ubicación y descripción de taludes inestables .....	37
3.1.4.2	Verificación Geo Informática del estado actual del talud .....	39
3.1.4.3	Evaluación geo informática del factor de seguridad de los taludes	56
3.2	Control de desbordes .....	65
<b>IV.</b>	<b>DISCUSION</b> .....	
4.1	Propuesta para la restauración de riberas .....	69
4.1.1	Estabilidad y protección longitudinal .....	69
4.1.2	Obras de protección transversal .....	72
4.2	Discusión de los resultados .....	73
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	76
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	78
<b>VII.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b> .....	79
<b>VIII.</b>	<b>ANEXOS</b> .....	83

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla I Técnicas e Instrumentos de Investigación utilizados.....</b>	<b>15</b>
<b>Tabla II Tipo de suelos de acuerdo al Análisis granulométrico.....</b>	<b>20</b>
<b>Tabla III Angulo de fricción y Cohesión de las muestras de suelos .....</b>	<b>21</b>
<b>Tabla IV Angulo de fricción y Cohesión de las muestras de suelos.....</b>	<b>22</b>
<b>Tabla V Estudio hidrológico método convencional unitario para Chosica .....</b>	<b>24</b>
<b>Tabla VI Población y Muestra (Secciones Críticas) a evaluar .....</b>	<b>25</b>
<b>Tabla VII Resumen de los resultados aplicando GEO5 .....</b>	<b>64</b>
<b>Tabla VIII Resumen de los resultados aplicando SLIDE.....</b>	<b>64</b>
<b>Tabla IX Resumen de los resultados aplicando GEO5 con SISMO .....</b>	<b>65</b>
<b>Tabla X Resumen de los resultados aplicando GEO5 con REFUERZO .....</b>	<b>65</b>
<b>Tabla XI Coeficientes de factor de fondo y factor de orilla .....</b>	<b>66</b>
<b>Tabla XII Coeficiente del material del cauce natural (Ks).....</b>	<b>67</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS.

Fig. 1 Ubicación de la población de investigación.....	11
Fig. 2 Mapa de Lima - ubicación del AA.HH. Nicolas de Piérola.....	12
Fig. 3 Mapa de Peligros Hidrológicos del distrito de Lurigancho – Chosica .....	13
Fig. 4 Ubicación de las Quebradas del distrito de Lurigancho – Chosica.....	13
Fig. 5 Quebrada del AA. HH. Nicolas de Piérola en Lurigancho– Chosica. ....	16
Fig. 6 Plano Topográfico de la zona. ....	17
<b>Fig. 7 Punto de inicio del tramo a investigar en la quebrada y la ribera izquierda.</b> .....	<b>18</b>
Fig. 8 Vista de la margen derecha de la quebrada se observan las viviendas. ....	19
Fig. 9 Vista satelital de las tres (3) calicatas donde se extrajo el material. ....	19
Fig. 10 Informe de análisis granulométrico por tamizado - Anexos. ....	20
Fig. 11 Informe de ensayo de corte directo – Anexos.....	21
Fig. 12 Informe de ensayo de contenido de humedad- Anexos .....	22
Fig. 13 Secciones transversales 1-1 y 4-4 de la quebrada. ....	25
Fig. 14 Sección crítica a ser evaluada con la modelación. ....	26
Fig. 15 Zonas características de la margen izquierda de la quebrada. ....	27
Fig. 16 Efecto de la erosión en el talud. ....	28
Fig. 17 Talud sometido a la lluvia.....	29
Fig. 18 Talud sometido a fuerzas sísmicas.....	29
Fig. 19 Aspectos geológicos que pueden provocar una falla .....	30
Fig. 20 Sobre carga en la corona del talud. ....	30
Fig. 21 Fuerzas consideradas en un mecanismo de rotura circular. ....	31
Fig. 22 Esquema del análisis de estabilidad de taludes por el método de las Dovelas. ....	32
Fig. 23 Esquema del análisis de estabilidad de taludes por el método de las Dovelas. ....	35
Fig. 24 Esquema del análisis de estabilidad de taludes por el método de las Dovelas. ....	36
Fig. 25 Vista de la zona correspondiente a la sección 1-1. ....	37
Fig. 26 Vista de la zona correspondiente a la sección 4-4. ....	38
Fig. 27 Vista de la zona correspondiente a la sección 5-5. ....	38
Fig. 28 ventana de GEO5 - Datos del Proyecto. ....	39
Fig. 29 ventana de configuración de GEO5 –Método estándar . ....	40
Fig. 30 ventana de configuración de GEO5- Factores de seguridad mínimos. ....	40
Fig. 31 Ventana de interfaces de GEO5- definición de área. ....	41
Fig. 32 Ventana de interfaces de GEO5 - Coordenadas del talud.....	41
Fig. 33 Ventana de Suelos de GEO5.....	42
Fig. 34 Ventana de Suelos de GEO5 - Análisis de verificación.....	42

Fig. 35 Ventana de Asignar de GEO5.....	42
Fig. 36 Se observa la ventana de Análisis de GEO5.....	43
Fig. 37 Ventana de Análisis de GEO5 - Estabilidad del talud- Primera etapa.....	43
Fig. 38 Ventana de Análisis de GEO5- Método Bishop – Primera etapa. ....	44
Fig. 39 Ventana de Análisis de GEO5 – Método Janbu – Primera Etapa.....	44
Fig. 40 Ventana de Análisis de GEO5-Todos los Métodos –Primera etapa .....	45
Fig. 41 Ventana de Análisis de GEO5- Método Bishop –Segunda etapa. ....	45
Fig. 42 Ventana de Análisis de GEO5 –Método Jambu - Segundo etapa.....	46
Fig. 43 Ventana de Análisis de GEO5- Todos los métodos -Segundo etapa. ....	46
Fig. 44 Ventana de Análisis de GEO5-Metodo Bishop -Tercer etapa. ....	47
Fig. 45 Ventana de Análisis de GEO5 - Método de Jambu - Tercera etapa. ....	47
Fig. 46 Ventana de Análisis de GEO5-Todos los métodos - Tercera etapa.....	48
Fig. 47 Ventana del programa SLIDE.....	49
Fig. 48 Menú Analisis - Proyect setting.....	49
Fig. 49 Menú Bourdaries - Add external bourdaries.....	50
Fig. 50 Ventana de Análisis de GEO5- Autogrid.....	50
Fig. 51 Grilla -Centro del radio de falla analizado.....	51
Fig. 52 Limites para las etapas en el talud. ....	51
Fig. 53 Tipo de falla y incremento del radio. ....	52
Fig. 54 Menú Propierties -Define Materials.....	52
Fig. 55 Ingresando datos de suelo.....	53
Fig. 56 Programa Slide- Método de Bishop simplificado-Primera etapa.....	53
Fig. 57 Programa Slide- Método de Jambu simplificado-Primera etapa. ....	54
Fig. 58 Programa Slide- Método de Spencer-Primera etapa. ....	54
Fig. 59 Programa Slide- Método de Bishop simplificado -segunda etapa. ....	55
Fig. 60 Programa Slide-Método de Bishop simplificado - tercera etapa. ....	55
Fig. 61 Programa Slide- método de Bishop simplificado -Tercera etapa- círculos de falla.....	56
Fig. 62 Programa GEO5 -Método de Bishop -Primera etapa –Aplicando sismo.....	58
Fig. 63 Programa GEO5-Método de Bishop –Segunda etapa –Aplicando Sismo. ....	59
Fig. 64 Programa GEO5 - Método de Bishop –Tercera etapa – Aplicando Sismo.....	59
Fig. 65 Programa GEO5 - Corte de tierra – Coordenadas. ....	60
Fig. 66 Programa GEO5 - Interfaces - Coordenadas para cuerpo rígido. ....	61
Fig. 67 Programa GEO5 -Interfaces para el cuerpo rígido. ....	61
Fig. 68 Programa GEO5- Asignar - interface 2. ....	62
Fig. 69 Programa GEO5-Analisis– Método bishop simplificado - Cuerpo rigido.....	62
Fig. 70 Análisis –Aplicando sismo - Cuerpo rígido.....	63

Fig. 71 Programa GEO5-Analisis de todos los métodos –cuerpo rígido. ....	63
<b>Fig. 72</b> Programa GEO5 – Análisis de todos métodos -Aplicando Sismo-Cuerpo rígido.....	63
Fig. 73 Pantallas del Programa RIVER -Ancho estable, tirante, altura del Dique, socavación y enrocado de protección. ....	68
Fig. 74 Muros de contención de piedra - Distrito de Ricardo Palma en Lima .....	70
Fig. 75 Enrocados en la quebrada - Distrito de Los Molinos en Ica. ....	71
Fig. 76 Arriba ,diques deflectores en la quebrada de pedregal -Abajo , diques en forma de rifleria (zigzag).....	72
Fig. 77 Arriba, foto frontal de mallas metálicas.-Abajo, foto lateral .....	73

## I. INTRODUCCION

### 1.1 Aspectos científicos generales

La presente investigación se refiere al tema de la restauración de riberas que pueden ser afectadas por procesos geodinámicos externos, aspectos climáticos y/o estructurales de las laderas o macizos que constituyen las riberas o flancos de las quebradas. El enfoque general está orientado al análisis de la estabilidad de taludes en las riberas de quebrada donde persiste la tendencia a generar asentamientos humanos con el fin de proponer obras de protección y/o control de desbordes a fin de garantizar la seguridad de la población que se ubica en estas zonas.

El análisis específico se realizó mediante un estudio comparativo aplicando la metodología de equilibrio límite, mediante varias formulaciones de investigadores en estados de carga distintos utilizándolas herramientas GEO5 y SLIDE, que son dos programas geotécnicos de gran utilidad y aplicación en la actualidad.

Según Sandoval [1], Los factores desencadenantes de los deslizamientos son: la socavación de taludes por actividad fluvial, torrencial y antrópica, los movimientos sísmicos cuya intensidad supera el límite de resistencia o estabilidad de la roca, la saturación de agua en los terrenos inestables por infiltración de aguas de lluvia o por influencia del agua subterránea, y la activación de fallas geológicas tectónicas.

### 1.2 Realidad problemática

Para empezar a describir la realidad problemática, podemos recurrir a lo mencionado en el 2013 por Magdaleno Mas [2] y recopilado de varios estudios anteriores:

... En las últimas décadas, a nivel global, las áreas cercanas a los ríos han experimentado una grave degradación debido a diversas actividades humanas. El deterioro o la disminución de la calidad de estos espacios ha sido motivado por distintas razones. Entre ellas se incluyen la deforestación indiscriminada de la vegetación que los sustenta, la construcción de estructuras de protección en las orillas de los ríos, el pastoreo descontrolado, la extracción de materiales áridos, la expansión de áreas urbanas cercanas a los cauces, la conversión de terrenos para fines agrícolas y la alteración de los patrones de flujo de agua [2]

En esa medida, la recuperación de riberas de ríos, riachuelos o quebradas, debe cimentarse en el conocimiento de las condiciones generales y específicas del medio a intervenir. Las medidas y actuaciones para hacer frente a una situación real deben ajustarse a la problemática actual y planificarse teniendo en cuenta el principio de máxima eficiencia, buscando, no sólo la resolución de una problemática concreta sino la sinergia entre las medidas y actuaciones a establecer.

La identificación de amenazas existentes, de las causas de alteración que inciden sobre el ecosistema ribereño y el análisis de los motivos que producen la degradación o artificialización actual del cauce y la pérdida de sus funciones, son esenciales para diseñar y planificar medidas de restauración acorde con las necesidades del entorno.

Todos estos factores, a veces confluyen de manera extraordinaria y provocan desastres que deben ser evaluados para su posterior control. Una de las medidas, para iniciar los trabajos de identificación del peligro, es la zonificación de los tramos críticos y otra la evaluación de estas laderas por métodos modernos que nos permita conocer la capacidad de resistencia a deslizamientos y en caso contrario plantear medidas de reforzamiento.

En la tesis de Canales y Cornejo [3] se explica que:

... En las últimas décadas, a nivel mundial, las riberas fluviales han experimentado una importante degradación como resultado de diversas actividades humanas. Diversos factores han contribuido al deterioro o la pérdida de calidad en estas áreas. Entre las causas responsables se encuentran la deforestación indiscriminada de la vegetación que las sustenta, la construcción de estructuras defensivas en las orillas de los ríos, el pastoreo sin control, la extracción de materiales áridos, la expansión de zonas urbanas cercanas a los cauces, la conversión de tierras para la agricultura y la alteración de los patrones de caudal de agua.

En nuestro caso, las riberas de la parte superior de la quebrada del Asentamiento Humano Nicolas de Piérola, presentan evidencias de ser propensas a fenómenos de deslizamientos y desprendimiento de suelos y rocas en varias zonas del tramo indicado, con mayores probabilidades de ocurrencia en el tramo comprendido entre el Cementerio y la desembocadura del primer huayco de la margen izquierda de la quebrada principal.; esto producto de la variabilidad de los fenómenos meteorológicos en los últimos años que han intensificado las lluvias, pero también por la acción humana, es decir por las construcciones que vienen apareciendo en las laderas con más frecuencia.

Es decir, en lo que se refiere a la zona específica de la investigación, que es la parte más alta de la quebrada con población adyacente, investigaciones anteriores han analizado el caudal del huayco por la quebrada principal en el A.H. Nicolas de Piérola, incluso se han diseñado muros de contención, diques transversales, enmallados y otros en las diversas márgenes de la quebrada, pero no se evaluado la estabilidad de las riberas lo cual será el motivo de la presente investigación.

### 1.2.1 Antecedentes de la investigación

Todos los años, las precipitaciones en las zonas de quebradas y altoandinas durante los meses de diciembre a marzo se intensifican, trayendo como consecuencia desbordes de los ríos y la activación de quebradas estacionales, que ocasionan daños a la propiedad, en infraestructura de servicio e incluso pérdidas de vidas. Estas precipitaciones han ido variando en los últimos años por acción del cambio climático, produciendo alteraciones en el ciclo hidrológico, de tal forma que se han producido precipitaciones en las cuencas medias bajas, como el caso de las quebradas del Chosica y sus laderas aledañas.

A continuación, presentamos investigaciones internacionales y nacionales que sustentan la relevancia teórica de nuestra investigación.

#### Antecedentes Internacionales

En el 2016, Araujo S. [4] tuvo como objetivo principal reducir los problemas de seguridad derivados de las inestabilidades causadas por los flujos volcánicos del volcán Tungurahua en el talud que conecta Riobamba y Baños. Para lograr esto, se llevó a cabo un estudio para analizar el comportamiento actual del talud, identificar las áreas críticas y determinar las posibles áreas de deslizamiento y erosión en las coordenadas 3900-4180. La finalidad era estabilizar el talud utilizando la solución más eficiente.

En el 2015, Ugalde K. [5] propuso soluciones generales para abordar los problemas de estabilización de taludes en el cantón de León Cortés, caracterizado por su topografía empinada y alta precipitación. El objetivo principal fue diseñar y presupuestar la construcción de un muro de retención de albañilería y un muro de gaviones para estabilizar los taludes. Para lograr esto, se recopilaron datos de la zona provenientes de diversas fuentes como la Comisión Nacional de Emergencias, el Instituto Costarricense de Electricidad e Internet, y se consultó información bibliográfica relevante sobre los temas a tratar. Con base en la normativa nacional, se llevó a cabo un análisis de cálculo detallado utilizando herramientas como el programa Excel y Geo5 para el diseño de los muros.

#### Antecedentes Nacionales

En el 2019 Castro E. [6] realizó una evaluación del muro de contención como medida propuesta para hacer frente a la vulnerabilidad sísmica en el asentamiento humano Bellavista, ubicado en el distrito de Independencia, en el año 2018. El enfoque metodológico empleado fue de tipo aplicado, con un enfoque cuantitativo. El diseño

de la investigación fue de carácter no experimental, de nivel descriptivo, ya que se recolectaron datos de la realidad existente.

El muro de contención seleccionado para la evaluación fue el ubicado en el Asentamiento Humano Bellavista, el cual consistía en un muro de mampostería con una longitud de 36 metros y una altura de 2.5 metros. Tras realizar una inspección visual del muro de contención y identificar las fisuras, grietas, eflorescencias y erosión presentes, se obtuvieron los siguientes resultados: las grietas y la erosión representaron los mayores porcentajes de área afectada, con un 22.2% y un 22.5%, respectivamente.

Posteriormente, se calcularon los valores del factor de seguridad, obteniendo como resultado 6.64, 5.12 y 0.44 para vuelco, deslizamiento y capacidad portante, respectivamente. Como conclusión, se determinó que el muro de contención, después de ser evaluado en función de sus características físicas y patológicas, mostró una mayor presencia de erosión, con un 22.5%. Si bien el muro cumple con los criterios de seguridad establecidos, se recomienda realizar evaluaciones periódicas para evitar un posible incremento en las deficiencias y prevenir posibles fallas en el muro.

En el 2016, García R. [7] planteó un estudio para evaluar alternativas de estabilización geomorfológica de la quebrada Cantuta II. El proceso de investigación comenzó recopilando y extrapolando datos topográficos, geológicos, de mecánica de suelos, hidrológicos e hidráulicos relacionados con el flujo de escombros causado por los huaycos. Luego se analizaron diversas metodologías existentes con el objetivo de seleccionar las más adecuadas para las características geomorfológicas de la zona de estudio. La alternativa propuesta para estabilizar la quebrada Cantuta II consistió en un sistema mixto que incluía la implementación estratégica de zanjas de drenaje, camas de gravas y diques de piedra en las áreas alta, media y baja de la quebrada.

En el 2014 Alvarado. A y Cornejo A. [8] Se llevó a cabo un análisis de estabilidad del talud de la Costa Verde en el distrito de La Perla, provincia del Callao, con el objetivo de encontrar una solución para los problemas identificados en ese tramo específico. Para realizar una evaluación precisa de la situación en estudio, se recopiló información topográfica, geológica y geomorfológica que permitió modelar con precisión el talud en cuestión. Para este propósito, se utilizó el programa informático SLOPE/W.

Además, se identificaron las fallas y problemas presentes en la zona de estudio, así como las áreas más críticas donde se encuentran dichos problemas. Una vez finalizado el análisis de la problemática de la zona, se procedió a realizar un análisis de posibles soluciones alternativas.

La solución propuesta consistió en reducir la pendiente del talud, lo que aumentaría el factor de seguridad para mejorar la estabilidad. Además, se propuso la implementación de geomallas y geomantos que promoverían la vegetación en la zona mediante la siembra de césped.

### 1.2.2 **Formulación del problema**

De acuerdo al punto anterior, se plantea el siguiente problema general de investigación: ¿De qué manera la restauración de riberas aplicando métodos de equilibrio limite garantiza el control de desbordes en el A.H. Nicolas de Piérola – Chosica - región Lima?

Además, se formulan los siguientes problemas específicos:

1. ¿Cuál es la relevancia de los estudios topográficos y de geotecnia en la restauración de riberas aplicando métodos de equilibrio limite?
2. ¿Cuál será el factor de seguridad más óptimo para la restauración de riberas aplicando métodos de equilibrio limite?
3. ¿Como las medidas de estabilidad y protección de riberas influyen con el control de desbordes en el A.H. Nicolas de Piérola – Chosica - región Lima?

### 1.3 **Justificación e importancia de la investigación**

En el 2014 Hernández R. Fernandes C,y Baptista P. [9] menciona: [...] En los siguientes párrafos se va a explicar el porqué de la investigación exponiendo sus razones. Así mismo, los motivos por los cuales se debe realizar la investigación, teniendo en consideración que el estudio se realiza para tratar de solucionar uno o varios problemas que afectan a una parte considerable de la sociedad.

Los asentamientos humanos que se han establecido en los conos de deyección de Chosica, continúan expandiéndose hacia las zonas más altas, invadiendo las franjas de descarga natural de los huaycos; esto produce constantes desastres de origen natural con el componente antropogénicos señalado, produciendo en los taludes cortes y/o relleno que desestabilizan la ribera de la quebrada principal. Esta es una razón importante para investigar zonas con antecedentes de deslizamientos o propensas a ello por sus

características geográficas, físicas o de singulares entornos sociales, en miras a lograr su estabilización.

En ese marco, la investigación será un aporte al comportamiento de las laderas en zonas urbano marginales, con la singular condición de cargas por precipitaciones, derrumbes o nuevas viviendas. Esto nos permitirá contar con factores de seguridad para casos similares en la parte alta de las zonas adyacentes.

Por lo tanto, los beneficiarios directos serán toda la población que habita en la parte alta del Asentamiento Humano Nicolas de Piérola, principalmente en la margen derecha del cono de deyección; pero en general será toda la población ya que al controlar los deslizamientos en la parte alta disminuye la presión sobre el huayco que ataca todos los años la zona.

### Importancia

La importancia de la presente investigación radica en que se puede lograr una estabilización total y permanente en la zona, y esto replicarse en otras zonas de similares características. Además, de garantizar la transitabilidad segura en el tramo antes mencionado, donde la gente transita mayormente a pie.

Un estudio de estabilidad contra deslizamientos es un instrumento dirigido a incorporarse a la planificación de los proyectos de control de desbordes. Este estudio logra responder a una determinada realidad y a un contexto específico. Por lo tanto, lo que se describe son las características para el análisis, los métodos que aplicados y las medidas a implementar posteriormente, los cuales pueden ser utilizadas para estudios similares. Todo esto mejorará la calidad de vida de la población que incluye el entorno ambiental.

Garantizar la seguridad de las personas que habitan en zonas adyacentes a las riberas de las quebradas, significa evitar accidentes y muertes en primer lugar, luego las personas pueden obtener ayuda pronta en cuanto a salud y emergencias, tercero pueden relacionarse con sus vecinos libremente en toda época del año y finalmente obtener un bienestar general para toda la población en seguridad, salud, educación, etc.

#### 1.4 **Objetivos**

Los objetivos expresan todo lo que se pretende alcanzar en el proceso de investigación. Para su formulación se deben incluir resultados concretos que se deben obtener en correspondencia a las preguntas de investigación.

En esa medida podemos plantear el siguiente Objetivo General :

Restaurar las riberas aplicando métodos de equilibrio limite que garanticen el control de desbordes en el A.H. Nicolas de Piérola – Chosica - región Lima.

En cuanto a los Objetivos específicos, estos deben determinar las metas de cada una de las etapas o pasos en el estudio a realizar. En la presente tesis se plantean los siguientes objetivos específicos:

1. Identificar la relevancia de los estudios topográficos y de geotecnia en la restauración de riberas aplicando métodos de equilibrio limite.
2. Calcular el factor de seguridad más óptimo para la restauración de riberas aplicando métodos de equilibrio limite.
3. Determinar las medidas de estabilidad y protección de riberas que influyen en el control de desbordes en el A.H. Nicolas de Piérola – Chosica - región Lima.

#### 1.5 **Hipótesis de investigación**

La hipótesis constituye una posible respuesta al problema de investigación, que, por su alto nivel de fundamentación teórica y empírica, tiene grandes probabilidades de ser verdadera. La hipótesis es una proposición que nos posibilita plantear relaciones entre los acontecimientos y describir el por qué se desarrollan.

En consecuencia, a la definición anterior la hipótesis general es :

La restauración de riberas aplicando métodos de equilibrio limite garantiza significativamente el control de desbordes en el A.H. Nicolas de Piérola – Chosica - región Lima.

Para poder desarrollar la investigación, utilizaremos además las siguientes hipótesis específicas:

1. La relevancia de los estudios topográficos y de geotecnia es que definen los procesos de restauración de riberas cuando se aplican métodos de equilibrio limite.
2. El factor de seguridad más óptimo es el que garantiza procesos sostenibles de restauración de riberas aplicando métodos de equilibrio limite.

3. Las medidas de estabilidad y protección de riberas más eficientes, son las que influyen directamente en el control de desbordes en el A.H. Nicolas de Piérola – Chosica - región Lima.

#### Variables de investigación

En el 1997 Arias F. [10] se menciona que: Es una característica, atributo, propiedad o cualidad que puede estar o no presente en el objeto de estudio. Una variable es una propiedad cuyo contenido puede variar y cuya variación es susceptible de medirse y observarse en forma directa o indirecta. Se cuenta con tres tipos de variables: variable independiente, dependiente e interviniente en nuestra investigación:

#### Variable Independiente

Tenemos:

X (CAUSA) = Restauración de riberas aplicando métodos de equilibrio límite

#### Variable Dependiente

Y (EFECTO)= Control de desbordes en el A.H. Nicolas de Piérola

#### Variable Interviniente

En este caso, la variable interviniente son las riberas de la margen derecha de la quebrada principal del Asentamiento Humano Nicolas de Piérola en el distrito de Chosica.

## II: ESTRATEGIA METODOLOGICA

### 2.1 Metodológica general de la investigación

En enfoque general de la investigación es Cuantitativo, ya que se orienta al estudio de los aspectos observables y susceptibles de cuantificación de los fenómenos.

Además, su finalidad es establecer relaciones causales que supongan una explicación del fenómeno a observar.

#### Tipo de investigación

En el 2010 Valderrama S. [11], sostiene que la “La investigación aplicada se enfoca en descubrir y desarrollar teorías con el propósito de resolver problemas concretos, contribuyendo así al bienestar de la sociedad. Su objetivo principal es aplicar los conocimientos teóricos existentes para abordar situaciones prácticas y encontrar soluciones efectivas que beneficien a la comunidad”.

Habiendo presentado el párrafo anterior, podemos decir que el presente estudio se ubica en la investigación aplicada, ya que se propone explicar como la restauración de riberas aplicando los métodos de equilibrio limite garantizan el control contra los desbordes en la quebrada, con la finalidad de tener un criterio de selección para las obras de reforzamiento y protección y hacer frente fenómenos con el objetivo de proponer una sostenibilidad social, ambiental y económica.

#### Nivel de investigación

Hernández [9] , menciona que con los estudios descriptivos se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis.

En esa medida, la presente investigación es descriptiva correlacional, puesto que describirá la situación actual de la ribera de la quebrada, así como los procedimientos de las modelaciones para garantizar la estabilidad de taludes para diversos estados de carga, con lo cual se podrá determinar el factor de seguridad más óptimo.

### Diseño de investigación

En [11]: “El diseño de investigación se presenta como una herramienta que guía y limita al investigador en su trabajo. Es un conjunto de directrices que se establecen para llevar a cabo un experimento o estudio de manera efectiva y precisa. Este diseño proporciona las pautas necesarias para la planificación, ejecución y análisis de la investigación, asegurando así que se obtengan resultados válidos y confiables”.

La presente investigación se ubica en el diseño no experimental correlacional, porque no manipula las variables.

Es transversal, ya que se recogerá los datos para el estudio en un solo momento o en un tiempo determinado de acuerdo a las técnicas e instrumentos de recolección de datos planificadas.

## **2.2 Descripción espacial de la población**

La descripción espacial de la población se estableció en el área directa donde se realizó el análisis de las riberas de la quebrada elegida, en esa medida se presentan los criterios metodológicos aplicados y la ubicación geográfica específica.

### Criterios metodológicos

En [10], se explica que “La población se refiere a un conjunto de elementos, seres o cosas, ya sea finito o infinito, que comparten características comunes y que pueden ser observados. Estos elementos se seleccionan siguiendo ciertos criterios de inclusión para formar una muestra. Al llevar a cabo la investigación, es importante tener en cuenta los elementos que conforman la población, así como el tiempo y el lugar en que se lleva a cabo el estudio”.

Hechas las consideraciones anteriores, la población que definida en la presente investigación es finita y corresponde al tramo de ribera de las márgenes izquierda y derecha de la quebrada del A.H. Nicolas de Piérola, entre el cementerio y la bajada del primer huayco de la margen derecha, con una longitud de 450 metros.

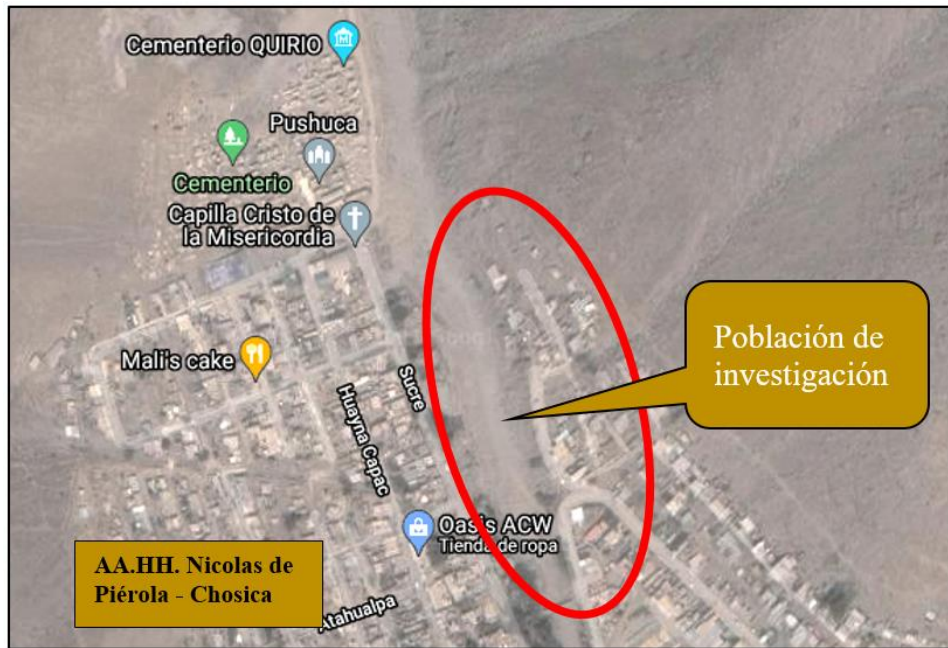


Fig. 1 Ubicación de la población de investigación.

### Ubicación de la población de investigación.

#### Ubicación geográfica

La parte de quebrada a investigar, se encuentra ubicada dentro de la siguiente zona descrita a continuación:

Región	:	Lima
Provincia	:	Lima
Distrito	:	Lurigancho - Chosica
Localidad	:	AA.HH. Nicolás de Piérola - 5ta Zona

Para llegar desde Lima por vía terrestre a la zona antes indicada, se toma la carretera central hasta la altura del Km 33 (Paradero Tarazona), luego se dobla a la izquierda y se accede por una carretera pavimentada, hasta llegar al final del AA.HH. Nicolás de Piérola - 5ta Zona cuyo limite es el Cementerio, la quebrada baja adyacente al asentamiento humano en dirección norte – sur.

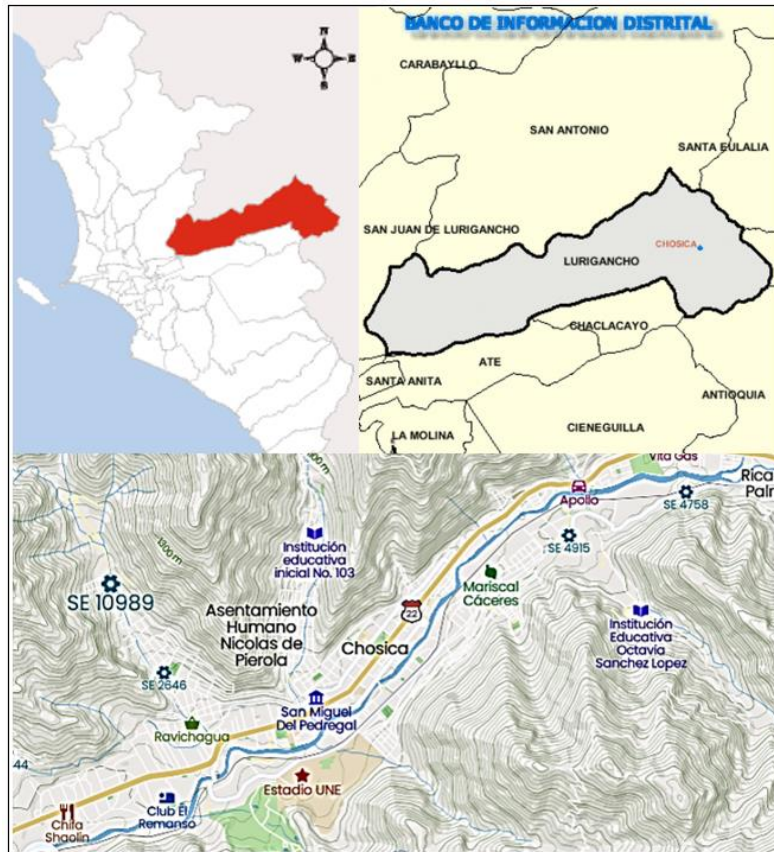


Fig. 2 Mapa de Lima - ubicación del AA.HH. Nicolas de Piérola.

## 2.3 Situación general de la zona de investigación

### Aspectos físicos y climáticos

La quebrada de Nicolas de Piérola, más comúnmente llamada Quirio tiene las características comunes de todo cono de deyección, el tipo de suelo predominante es semirocoso (ladera de cerro), este tipo de suelo esta diseminado en rocas de pequeña granulometría (fina), hasta aquellas mayores a 8", que conforman estratos de diferentes potenciales, envueltos en tierra compuesta de roca disgregado con componentes finos, producto de la erosión.

Esta zona se encuentra a una altitud promedio de 1100 m.s.n.m y está poblada en sus dos márgenes, constituyendo el AA.HH. Nicolas de Piérola en su 5ta etapa.

Según información de SENAMHI, en la zona para altitudes superiores a 800 msnm la precipitación se encuentra en 102 mm/año en promedio, acumulándose la mayor cantidad durante el verano. La temperatura media y la humedad relativa alcanzan valores promedios de 18 °C y 75%, respectivamente. En esa medida, se puede decir que el clima que predomina es templado con sol casi todo el año, salvo en los meses de diciembre a marzo empiezan las lluvias en la sierra y siempre se tiene problemas con los huaycos ya que las quebradas se inician en esas zonas altas. Este problema es antiguo y ha sido

solucionado en parte con estructuras hidráulicas de control, que son muros deflectores (transversales) de mampostería de piedra para evitar que la velocidad del flujo aumente por la gran pendiente.

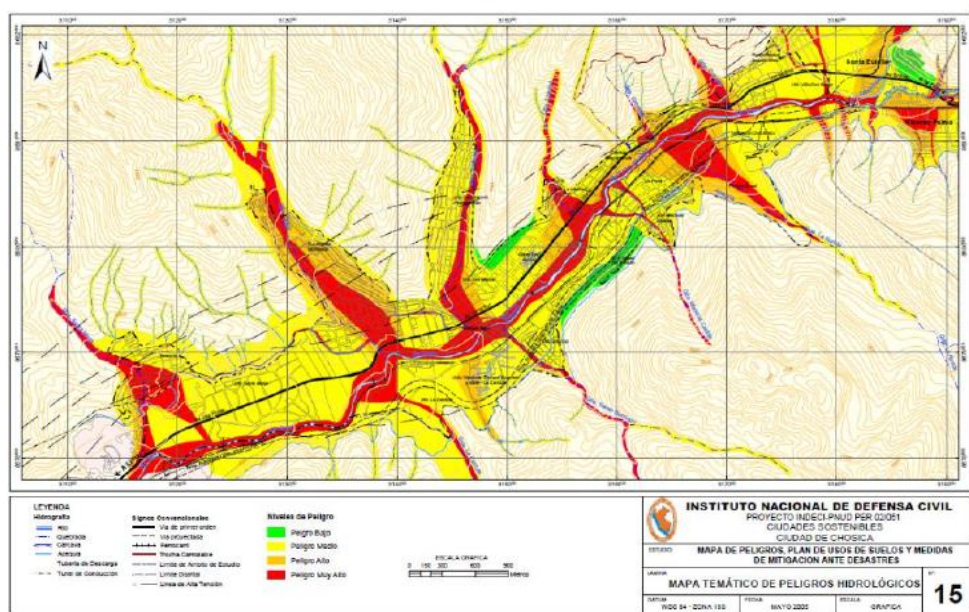


Fig. 3 Mapa de Peligros Hidrológicos del distrito de Lurigancho – Chosica



Fig. 4 Ubicación de las Quebradas del distrito de Lurigancho – Chosica

### Aspectos económicos y Sociales

La situación de los pobladores de esta localidad, se ha considerado en extrema pobreza, ya que las actividades a que se dedica la mayoría de esta población es el comercio ambulante, también hay pobladores que se dedican a la docencia, trabajadores de la construcción y de profesiones técnicas en su minoría.

La población beneficiaria directa es de 840 habitantes, en un total de 120 lotes en ambas márgenes, cuya información fue estimada en el mismo lugar de la investigación. En lo que se refiere a la población indirecta se consideró a toda la población del AA. HH Nicolas de Piérola en sus cinco etapas que hacen un total de 5800 habitantes aproximadamente.

En general, los niveles de vida que tiene la población son muy críticos, existe mucha pobreza y mala alimentación en los niños y jóvenes; asimismo hay un alto porcentaje de mortalidad como consecuencia de la desnutrición en etapa infantil, a este hecho se suman enfermedades como las intestinales y bronquiales, etc.

Finalmente, en lo que se refiere a los servicios, la zona cuenta con el servicio de energía eléctrica durante las 24 horas del día, cuenta con servicios de telecomunicaciones, telefonía, radio y televisión.

Así mismo, han logrado la instalación de redes de agua y alcantarillado en un 85%, ampliándose el servicio en los últimos años a todo el asentamiento humano.

#### 2.4 **Estrategias utilizadas para la recolección de datos**

Para explicar las estrategias que se utilizaron en la recolección de datos de gabinete y de campo en la presente tesis, primero se explicaran los criterios metodológicos y luego se presentaran los instrumentos utilizados:

##### Criterios metodológicos

Según Arias [10], “La técnica de investigación se refiere al procedimiento o enfoque específico utilizado para obtener datos o información en un estudio. Estas técnicas son particulares y específicas de una disciplina en particular y complementan el método científico, que tiene una aplicabilidad general. Las técnicas de investigación proporcionan herramientas y estrategias específicas para recolectar, analizar y interpretar datos, adaptándose a las necesidades y objetivos de cada estudio en particular.”.

Aplicando estas definiciones, identificamos que las técnicas que fueron aplicadas en la presente investigación son las siguientes: Análisis Documental, Observación estructurada y modelos de simulación.

En relación a la primera, se desarrolló una búsqueda bibliográfica física y digital en los repositorios, así como también visitas a las bibliotecas e instituciones por niveles.

Con respecto a la observación estructurada, se aplicó en la recolección de datos de campo, que corresponde a los estudios topográficos y de suelos principalmente, así como a la descripción de la situación actual.

Finalmente, con relación a los modelos de simulación, estos se aplicaron en el trabajo de gabinete mediante los métodos de equilibrio límite y sus algoritmos de cálculos, para este caso se utilizaron los softwares GEO5 y SLIDE.

#### Instrumentos de recolección de datos

El instrumento de recolección de datos, es cualquier recurso, dispositivo o formato (papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información.

En la presente tesis los instrumentos que se aplicaron fueron: Lista de Chequeo para el análisis documental, para la observación: Hojas de campo y Libreta de apuntes; y para los modelos de simulación los softwares GEO5 y SLIDE.

Tabla I  
Técnicas e Instrumentos de Investigación utilizados

No se encuentran elementos de tabla de ilustraciones.	TECNICA	INSTRUMENTO
Recolección de datos	Análisis documental	Fichas Lista de chequeo
	Observación estructurada	Hojas de campo Verificaciones topográficas Verificaciones de suelos
Desarrollo	Modelos de Simulación	Softwares GEO5 y SLIDE
Discusión	Análisis de contenidos	Método de triangulación

Nota: Se presentan en orden de utilización en la tesis

#### 2.4.1 Estudios básicos de ingeniería

La información obtenida in situ, permitió tomar contacto con las limitaciones y dificultades predominantes en el lugar, llevando esto a confirmar la necesidad de concretar el proyecto. Percibiéndose, en estos eventos el nivel de conflicto alcanzado y el creciente malestar generado en torno, a la inestabilidad de las riberas de la quebrada donde se produce el flujo de lodos (huaycos) en forma constante.

Por consiguiente, en las actuales condiciones en que se encuentra las riberas de la quebrada, se afecta en forma directa el nivel de bienestar y calidad de vida de la población en general, por carecer de adecuadas obras de protección, y esto parte de realizar un adecuado análisis de estabilidad de los taludes en ambas márgenes.

##### 2.4.1.1 Estudios topográficos y cartográficos

La zona general de investigación, se encuentra en la denominada “yunga marítima” que se ubica en el flanco occidental de la cordillera de los andes desde los 400 hasta los 2,500 m.s.n.m, su relieve esta conformado por un valle estrecho de quebrada medianamente profunda donde se producen los huaycos.

Este relieve corresponde a lo que se denomina estribaciones andinas occidentales, cuya característica describe a las laderas y crestas marginales de la cordillera con tres tipos de topografía: la de las zonas las altas, llamada de cerros escarpados donde la topografía es abrupta con pendientes muy altas del orden de  $60^{\circ}$  a  $80^{\circ}$  conteniendo rocas granodioríticas meteorizadas;



Fig. 5 Quebrada del AA. HH. Nicolas de Piérola en Lurigancho– Chosica.

Luego viene los llamados depósitos de flujos detriticos en la parte media baja perpendicular al rio rimac, aquí se producen los huaycos arrastrando los depósitos de material erosionado con fragmentos de rocas medianas a pequeñas y en la parte baja las terrazas fluviales influenciadas basicamente por el cauce del rio.

Para la presente tesis, posteriormente al reconocimiento del terreno, en las zonas pre determinadas en gabinete como mejor ubicación para el desarrollo de la investigación, se procedió a ubicar el BM-1 en la intersección de la trocha carrozable y el cerco vivo límite del terreno entrando a la izquierda, monumentándolo para su verificación posterior.

En forma progresiva se ubicaron los puntos de control planimétricos y los niveles respectivos, así como la ubicación de los puntos más importantes del componente físico de la zona de estudio, es decir las viviendas, cerco vivo, árboles, rocas significativas y límites del bordo del río.

En el terreno designado se realizaron triangulaciones con el equipo digital Estación Total y verificaciones con wincha, así mismo se verificaron los datos de los planos del Instituto Geográfico Nacional (IGN), referente a las coordenadas geográficas y UTM, elaborándose el plano topográfico.

Posteriormente, con el plano topográfico se diseñó el plano de perfil longitudinal de la quebrada desde la cota 1000 adyacente al cementerio hasta la cota 970 adyacente a la 5ta

etapa y las sesiones transversales en la intersección de cada cota con el eje de la quebrada (Ver planos en los anexos).

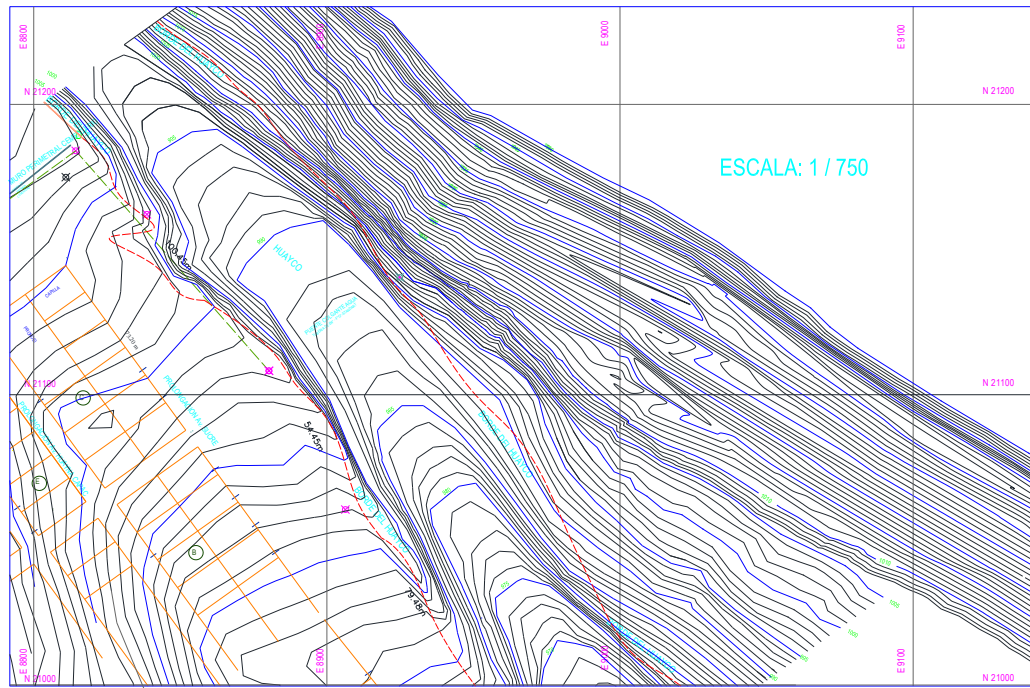


Fig. 6 Plano Topográfico de la zona.

#### 2.4.1.2 Estudios de mecánica de suelos

El estudio geotécnico tuvo por objeto la investigación del suelo para la determinación de los parámetros de cohesión, ángulo de fricción, peso específico y clasificación del suelo principalmente, que fueron los parámetros indispensables para las verificaciones geoinformáticas del talud de las riberas de la quebrada entre las cotas 1000 y 970 msnm según el plano de ubicación de las calicatas que se adjunta. El programa seguido para este propósito fue el siguiente:

- Reconocimiento del terreno
- Ejecución de excavaciones (calicatas).
- Análisis granulométrico y tipo de suelo.
- Ensayo de corte directo.
- Densidad, contenido de humedad y gravedad específica.

##### Reconocimiento del Terreno

El suelo en estudio se encuentra en la zona 3, según el mapa de zonificación sísmica del Perú, de acuerdo a las normas de diseño sismo-resistente de Reglamento Nacional de Edificaciones.

En la margen Izquierda de la quebrada, se ha podido comprobar que los taludes son bastante elevados y existe un corte a media ladera aproximadamente en la cota 1020 msnm que es utilizado como un camino no carrozable.

El material del cual está compuesto el macizo se ha determinado en el presente estudio de suelos: la parte superior es de arena arcillosa – limosa (SC-SM), en la parte media es arena limosa (SM) y en la parte baja es arena bien graduada con arena limosa (SW-SM); a profundidades mayores a 3m se considera roca fija tipo granodiorita que se encuentra bastante alterada y fracturada.

En el talud superior presenta bloques de roca suelta, y que en caso de un sismo pudiera rodar y debe tomarse en cuenta en la presente investigación.

En la margen derecha de la quebrada, está conformada por depósito coluvial tipo huayco, de más de +/- 10m de espesor, que ha formado una terraza, se presenta con buena compactación y está compuesta por grava angulosa con bloques arena limosa (SM). El hecho de mantener una ribera escarpada, nos indica que tiene buena compactación.

En general el terreno corresponde a una configuración de parte baja de un cono deyección de la quebrada, con arenas compactadas en la parte superior del suelo y macizos rocosos en la parte inferior y material coluvial de las riadas en el fondo de la quebrada.



**Fig. 7 Punto de inicio del tramo a investigar en la quebrada y la ribera izquierda.**



Fig. 8 Vista de la margen derecha de la quebrada se observan las viviendas.

#### Ejecución de excavaciones (calicatas).

Para la determinación de los parámetros geotécnicos necesarios para la aplicación del método de equilibrio límite en la evaluación de las riberas, se procedió a la excavación de tres (3) calicatas ubicadas en la margen izquierda que es el talud más desfavorable a ser investigado. La primera se ubicó a 105 metros del punto de inicio del tramo de quebrada elegido para la investigación y se denominó M-2, luego se excavó la calicata ubicada a 40m aguas debajo de la anterior y se denominó M-3 y finalmente se excavó la tercera calicata a 65 m aguas debajo de la anterior denominada M-1.



Fig. 9 Vista satelital de las tres (3) calicatas donde se extrajo el material.

Análisis granulométrico y tipo de suelo.

Se procedió al análisis granulométrico por tamizado de cada una las muestras, tomando como referencia la norma ASTM D6913/D6913M, obteniéndose los siguientes tipos de suelo:

Tabla II  
Tipo de suelos de acuerdo al Análisis granulométrico

CALICATAS	UBICACIÓN	TIPO SUELO	DESCRIPCION
M-1	Parte baja	SW-SM	Arena bien graduada – arena limosa
M-2	Parte Alta	SC-SM	Arena arcillosa – arena limosa
M-3	Parte Media	SM	Arena limosa

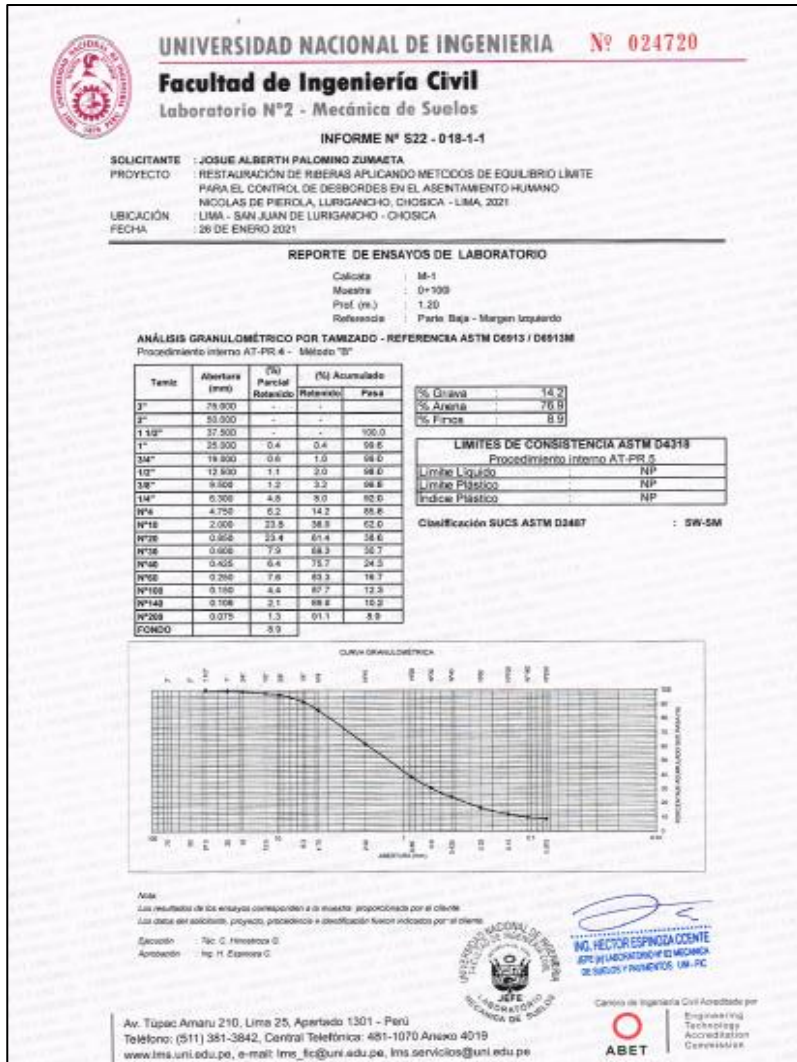


Fig. 10 Informe de análisis granulométrico por tamizado - Anexos.

Ensayo de corte directo.

Luego se realizó el remoldeado de la muestra y se procedió al ensayo de corte directo tomando como referencia la norma ASTM 3080 y el procedimiento interno AT-PR.9, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla III  
Angulo de fricción y Cohesión de las muestras de suelos

CALICATAS	UBICACIÓN	ANGULO FRICCIÓN	COHESION
M-1	Parte baja	32.4°	0.00
M-2	Parte Alta	28.6°	0.00
M-3	Parte Media	30.8°	0.00



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA** N° 024719

**Facultad de Ingeniería Civil**

Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos

**INFORME N° S22 - 018-1-1**

**SOLICITANTE :** JOSUE ALBERTH PALOMINO ZUMAETA  
**PROYECTO :** RESTAURACIÓN DE RIBERAS APLICANDO METODOS DE EQUILIBRIO LIMITE PARA EL CONTROL DE DESBORDES EN EL ASENTAMIENTO HUMANO NICOLAS DE PIEROLA, LURIGANCHO, CHOSICA - LIMA, 2021  
**UBICACIÓN :** LIMA - SAN JUAN DE LURIGANCHO - CHOSICA  
**FECHA :** 26 DE ENERO 2021

---

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO - REFERENCIA ASTM D3080**  
Procedimiento interno AT-PR.9

**Estado :** Remoldeado (material < Tamiz N° 4)  
**Calicata :** M-1  
**Muestra :** 0+100  
**Prof. (m.) :** 1.20  
**Referencia :** Parte Baja - Margen Izquierdo

Especimen N°	I	II	III
Diametro del anillo (cm)	6.40	6.40	6.40
Altura inicial de la muestra (cm)	2.60	2.60	2.60
Densidad húmeda inicial (g/cm <sup>3</sup> )	1.778	1.778	1.778
Densidad seca inicial (g/cm <sup>3</sup> )	1.766	1.766	1.766
Cont. de humedad inicial (%)	0.7	0.7	0.7
<hr/>			
Altura de la muestra antes de aplicar el esfuerzo de corte (cm)	2.56	2.54	2.49
<hr/>			
Altura final de la muestra (cm)	2.55	2.53	2.49
Densidad húmeda final (g/cm <sup>3</sup> )	2.079	2.091	2.117
Densidad seca final (g/cm <sup>3</sup> )	1.798	1.814	1.847
Cont. de humedad final (%)	15.7	15.3	14.6
<hr/>			
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	0.5	1.0	1.5
Esfuerzo de corte máximo (kg/cm <sup>2</sup> )	0.318	0.834	0.951
<hr/>			
Angulo de fricción interna :	<b>32.4 °</b>		
Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> ) :	<b>0.00</b>		

**Nota:**  
 Los especímenes se remoldearon con la densidad seca promedio de las densidades máxima - mínima y la humedad natural de la muestra.  
 Los resultados de los ensayos corresponden a la muestra que fueron proporcionados por el cliente.  
 Los datos del solicitante, proyecto, procedencia e identificación fueron indicados por el cliente.

**Ejecución :** Ing. C. Alencastre G.  
**Aprobado :** Ing. H. Espinoza G.

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Apartado 1301 - Perú  
 Teléfono: (511) 381-3842, Central Telefónica: 481-1070 Anexo 4019  
 www.lms.uni.edu.pe, e-mail: lms\_fo@uni.edu.pe, lms.servicios@uni.edu.pe



**ING. HECTOR ESPINOZA COCOTE**  
JEFE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y FUNDACIONES - UNI-FC

Curso de Ingeniería Civil Acreditado por  
 **ABET** Engineering Technology Accreditation Commission

Fig. 11 Informe de ensayo de corte directo – Anexos.

Densidad, contenido de humedad y gravedad específica.

Los otros ensayos realizados fueron los de densidad inicial y final, máxima y mínima, contenido de humedad y gravedad específica del material sólido a temperatura del ensayo y a 20°C, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla IV Angulo de fricción y Cohesión de las muestras de suelos

CALICATAS	DENSIDAD SECA FINAL (gr/cm <sup>3</sup> )	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	GRAVEDAD ESPECIFICA (gr/cm <sup>3</sup> )
M-1	1.798	0.6	2.745
M-2	1.853	0.9	2.794
M-3	1.844	0.7	2.772

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA** N° 024752  
**Facultad de Ingeniería Civil**  
Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos

**INFORME N° 522 - 018-1-3**

SOLICITANTE : JOSUE ALBERTH PALOMINO ZUMAETA  
PROYECTO : RESTAURACIÓN DE RIBERAS APLICANDO METODOS DE EQUILIBRIO LIMITE PARA EL CONTROL DE DESBORDES EN EL ASENTAMIENTO HUMANO NICOLAS DE PIEROLA, LURIGANCHO, CHOSICA - LIMA, 2021  
UBICACIÓN : LIMA - SAN JUAN DE LURIGANCHO - CHOSICA  
FECHA : 28 DE ENERO 2021

**REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

Calicote : M-1  
Muestra : 0+100  
Prof. (m.) : 1.20  
Referencia : Punto Baja - Margen Izquierdo

**ENSAYO CONTENIDO DE HUMEDAD - REFERENCIA ASTM D2216**  
Procedimiento Interno: AT-PR.1

**Contenido de Humedad (%) : 0.6**  
Método "B"

**Nota**  
Los resultados de los ensayos corresponden a la muestra proporcionada por el cliente.  
Los datos del solicitante, proyecto, procedencia e identificación fueron indicados por el cliente.  
Elaborado: Tlc. C. Hinojosa G.  
Aprobado: Ing. H. Espinosa C.

**ING. HECTOR ESPINOSA CORDERO**  
ABET  
ABET  
Engineering Technology Accreditation Commission

Ax. Túpac Amaru 210, Lima 25, Apartado 1301 - Perú  
Teléfono: (511) 381-3842, Central Telefónica: 481-1070 Anexo 4019  
www.lima.uni.edu.pe, e-mail: lima\_ro@uni.edu.pe, lima.servicios@uni.edu.pe

Fig. 12 Informe de ensayo de contenido de humedad- Anexos

### 2.4.1.3 Estudios hidrológicos e hidráulicos

De la revisión bibliográfica se puede concluir que las partes altas de la zona de investigación es propensa a precipitaciones elevadas que se convierten cada cierto tiempo en extraordinarias por la aparición del fenómeno del niño (ENOS), esto provoca los fenómenos de remoción de masas (huaycos) que en algunos años han causados desastres con desbordes e inundaciones.

En épocas anteriores, se han registrado otros casos de flujos torrenciales en el distrito, siendo los más notables del siglo XX los ocurridos en los años 1909, 1915, 1925, 1926, 1936, 1939, 1950, 1952, 1954, 1955, 1959, 1967, 1972, 1976, 1983 y 1985, donde diferentes quebradas se vieron afectadas. Uno de los eventos comparables al sucedido en 1987 tuvo lugar durante la crisis climática de 1925-1926, durante el Fenómeno El Niño. En este evento, la central eléctrica de Huampaní sufrió daños, entre otros [12].

Como estas referencias, podemos encontrar otras publicadas por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR), el Instituto Nacional de Defensa Civil INDECI a través del Centro de Operaciones de Emergencia nacional (COEN) e instituciones privadas como el Centro de Estudios y Prevención de Desastres (PREDES).

Según la Base de Datos Geo científica del INGENMET (SISBDGEO) para la región de Lima cuenta con un total de 4342 ocurrencias de peligros geológicos, de los cuales 3278 son peligros por movimientos en masa (deslizamientos, flujos, caídas, etc.), 446 por peligros hidrometeorológicos (inundación fluvial, erosión fluvial, etc.) y 618 otros peligros geológicos (erosión de ladera, arenamiento, etc.), figura 2.1 [13].

En el caso particular de la quebrada de Nicolas de Piérola, el canal de escurrimiento conocido también como cauce torrencial, tiene una longitud aproximada de 3.8 Km. En la parte alta. Se presenta con las siguientes características: Alcanza un promedio de 20m de ancho y de altura  $h \geq 15m$ . Llegando en algunos casos hasta 35m. Sus taludes son muy inestables y se encuentran formando escarpas verticales; paralelas al perfil del cauce se observan algunas grietas de tensión que indican una manifestación de desequilibrio provocado por socavación vertical y erosión lateral en su pie del talud. El propio lecho del canal de escurrimiento se encuentra con presencia de boleos de  $\varnothing \geq 2.0m$ ., materiales

que impiden la libre circulación de flujos de lodos de huaicos incrementando de esta manera la erosión lateral por turbulencia, así como el socavamiento.

Para las quebradas de la zona de Chosica, las entidades antes mencionadas han calculado los caudales, como por ejemplo PREDES [13], que para la quebrada del pedregal (que esta al costado de Nicolas de Piérola) nos presenta el siguiente calculo:

Tabla V  
Estudio hidrológico método convencional unitario para Chosica

PERIODO DE RETORNO	DESCARGA DE PIES DE CRECIDA (m <sup>3</sup> /seg)
2	150
5	290
10	380
25	490
50	580
100	660
200	740
500	820
1000	920

En el cuadro anterior podemos observar que los caudales han sido calculados para varios periodos de retorno, pero asumiendo que el tiempo concentración ( $T_c$ ) es igual al de tiempo de duración de la tormenta, del estudio podemos inferir que se debe tomar en cuenta el periodo de retorno de 100 años, por la variabilidad de las condiciones climáticas y además por tratarse de un fenómeno de geodinámica externa que incluye no solamente agua sino principalmente solidos por arrastre; en esa medida el caudal a considerar para la presente investigación, se recomienda  $Q = 660 \text{ m}^3/\text{seg}$ , lo cual genera un tirante máximo de  $t_{\max} \cong 2.00\text{m}$ .

Además, tomando en cuenta a Delgado y Tamayo [14] para las quebradas de Chosica y específicamente la quebrada El Pedregal, el material de arrastre es mixto/ granular, constituido por una mezcla caótica de lodo, gravas, bloques de rocas de diversos tamaños y otros, representando el agua 33% y el material solido 67% de esta mezcla.

#### 2.4.2 Selección de las zonas críticas o muestra a investigar

Ya se ha establecido en las consideraciones anteriores, que la población que corresponde a la presente investigación es finita y está determinada por el tramo de ribera de la margen

izquierda de la quebrada del A.H. Nicolas de Piérola, entre el cementerio y la bajada del primer huayco de la margen derecha, con una longitud de 300 m aproximadamente.

Además, en [15] se explica que la muestra se “caracteriza por escoger casos o unidades por uno o más propósitos, además, no procura que los casos sean estadísticamente representativos de la población”. Pueden clasificarse en: muestreo accidental, muestreo por cuotas, muestreo intencional y muestreo por rastreo.

Siendo el muestreo elegido intencional, según [10]: es “El muestreo que se determina por un esfuerzo premeditado de conseguir muestras representativas mediante la inclusión en la muestra de grupos supuestamente típicos”.

En concordancia con lo expuesto, en el presente proyecto se desarrolló un muestreo no probabilístico intencional, porque se identificaron tres (3) secciones críticas en la ribera de la quebrada, de las cuales se modeló una de ellas la correspondiente a la cota 985 a criterio del investigador, por sus características específicas dentro de la población señalada en el punto anterior mediante un esfuerzo deliberado de observación. Se observa la forma de la pendiente en la ladera de la margen izquierda a investigar. En esa medida, se seleccionaron de las secciones transversales calculadas dentro de la muestra las siguientes secciones críticas:

Tabla VI Población y Muestra (Secciones Críticas) a evaluar

SECCIONES	COTA (msnm)	PROGRESIVA (m)	REFERENCIA
1 – 1	995	0+058.00	A 10m aguas abajo del cementerio
4 – 4	985	0+178.00	A 43 aguas abajo del Puente colgante
5 – 5	980	0+211.00	A 33m de la cota 985

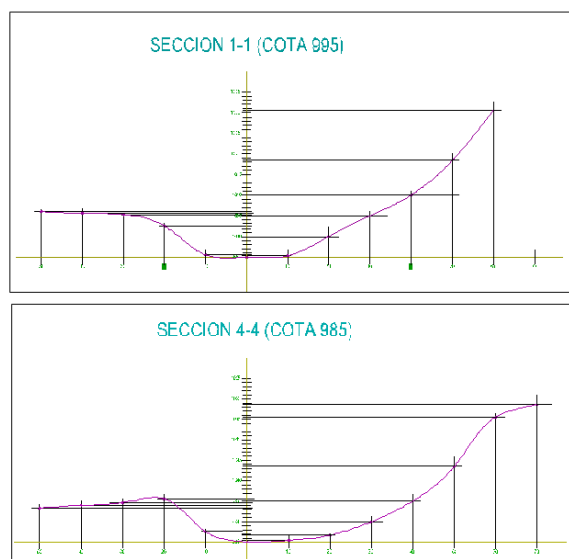


Fig. 13 Secciones transversales 1-1 y 4-4 de la quebrada.

### III: RESULTADOS

#### 3.1 Restauración de riberas

Para poder definir el termino restauración de riberas, primeramente, vamos a establecer los términos quebrada y quebrada seca. Con relación a la Quebrada, según [16] se utiliza para nombrar a la hendidura de una montaña, al paso estrecho entre elevaciones o al arroyo o riachuelo que atraviesa una quiebra. Y para describir lo que es una quebrada seca, recurrimos a lo publicado por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) en [17]: “Este curso de agua es temporal y se mantiene seco durante la mayor parte del año. Es importante señalar que existe una escasez de información y la falta de sistemas de medición, ya que los recursos superficiales son prácticamente inexistentes y se aprovechan de manera limitada.”.

En esa medida, la investigación se realiza en las riberas de una quebrada seca, lo cual corresponde al tramo de quebrada elegido en Nicolas de Piérola. Esta quebrada seca, se activa por eventos hidrológicos extraordinarios que se han presentado en años antecedentes y que han generado huaycos de regular importancia, estos han provocado derrumbes y deslizamientos en las riberas de la quebrada, principalmente en la ribera de la quebrada de la margen izquierda, que es la de mayor altura y talud.

Esta ribera entonces, esta propensa al lavado superficial con el consiguiente arrastre de material y suelto y piedra que incrementa el volumen de la riada en la quebrada, poniendo a la población que esta asentada en zonas cercanas y aguas abajo en extremo peligro.



Fig. 14 Sección crítica a ser evaluada con la modelación.

La restauración de riberas, es un proceso de estabilización de los factores físicos y ambientales circundantes y constitutivos, que parte de un análisis de los taludes para identificar su factor de seguridad al deslizamiento, primero por sus propias fuerzas internas y luego si no cumple con los requisitos mínimos exigidos por las normas

nacionales y/o internacionales, diseñar medidas de restauración o recuperación de las condiciones de seguridad que garanticen la estabilidad de las riberas en la quebrada.



Fig. 15 Zonas características de la margen izquierda de la quebrada.

Según Gonzales [18], “La restauración de los ríos es un enfoque innovador en la disciplina de la ingeniería fluvial que combina los principios de hidráulica y geomorfología fluvial, teniendo en cuenta los valores ambientales de los ríos, su funcionamiento ecológico y las características del paisaje fluvial. El objetivo principal de la restauración de los ríos es restablecer las formas y procesos naturales de los cauces y riberas, con el fin de lograr su estabilización geomorfológica y recuperar su funcionamiento como ecosistemas saludables. La restauración completa implica que el río recupere las características y procesos que tenía antes de su degradación. No obstante, en muchos casos, se busca restituir parcialmente los procesos naturales, teniendo en cuenta los usos actuales de las áreas de inundación, con el objetivo de favorecer la recuperación ecológica en la medida de lo posible.”

Estos conceptos aplicados a quebradas y especialmente a quebradas secas, como la de Nicolas de Piérola que por la irrupción humana han desequilibrado el ecosistema, necesita ser estabilizada para lo cual se analizó la restitución de sus condiciones iniciales y luego con algunos elementos adicionales, teniendo en cuenta que nuestros antepasados utilizaron andenería en toda esta zona.

### 3.1.1 Estabilidad de taludes

Un talud se refiere a una superficie inclinada en relación con la horizontal que es adoptada permanentemente por las estructuras de tierra. El análisis de los taludes es complejo, ya que involucra problemas de mecánica de suelos y mecánica de rocas, además de la importancia de la geología aplicada en la formulación de criterios adecuados. Los taludes

pueden formarse de manera natural o artificial. En el caso de la formación natural, se le llama ladera, mientras que los taludes construidos por el ser humano se denominan cortes o taludes artificiales.

Por otro lado, la estabilidad según Valladares [19], "La estabilidad de taludes se refiere a la capacidad de una masa de tierra para resistir el colapso o deslizamiento. Es fundamental establecer criterios de estabilidad de taludes, los cuales nos permiten determinar la pendiente máxima que puede mantenerse sin colapsar durante un período de tiempo determinado. Este aspecto central constituye el problema principal que motiva el estudio en este campo..

En esa medida, la estabilidad de taludes es la teoría que estudia la estabilidad posible de que un talud a la hora de realizar un proyecto, o llevar a cabo una obra de construcción de ingeniería civil sienta un aspecto directamente relacionado con la geotecnia. Los factores principales que afectan la estabilidad de un talud son:

“La erosión, tanto por el agua como por el viento, es un factor constante que afecta los taludes, provocando su desgaste. Este proceso erosivo altera la geometría del talud y, en consecuencia, los esfuerzos a los que está sometido, lo que resulta en un talud modificado en comparación con su estado inicialmente analizado y en una alteración de las condiciones en las que se encontraba.

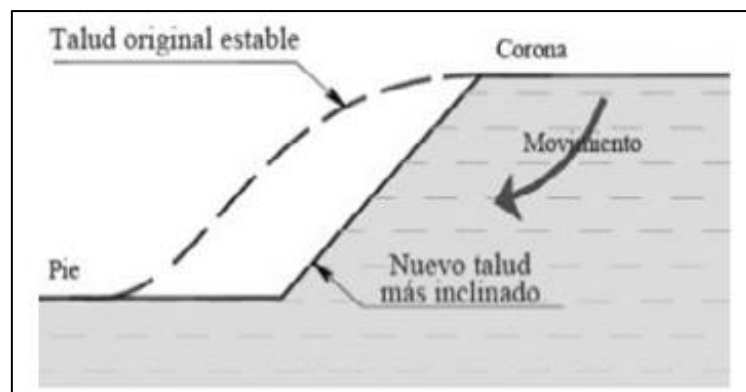


Fig. 16 Efecto de la erosión en el talud.

La Lluvia, Durante la temporada de lluvias, los taludes experimentan diversas influencias negativas debido a la saturación de los suelos que los componen. Esto ocasiona un aumento en el peso de la masa, una reducción en la resistencia al esfuerzo cortante y la erosión de la superficie expuesta. La presencia de agua en las grietas del talud puede generar un incremento en las fuerzas aplicadas o la aparición de fuerzas de filtración, lo que potencialmente puede conducir a la falla del talud

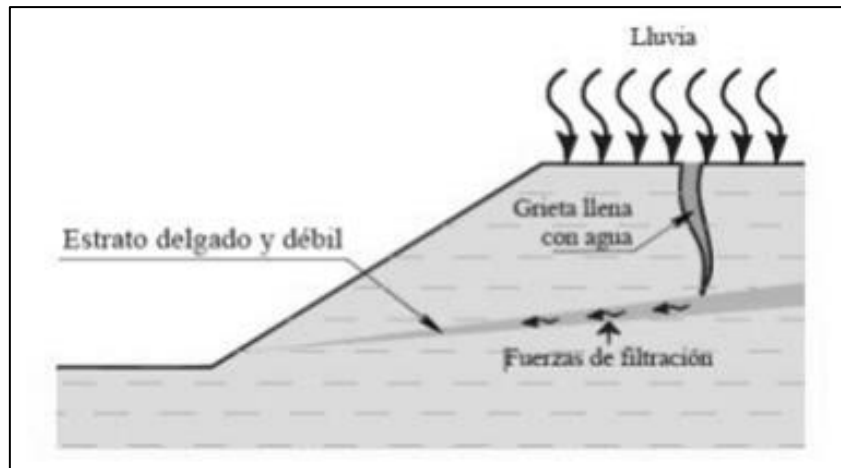


Fig. 17 Talud sometido a la lluvia.

Sismo, Durante los movimientos sísmicos, se agregan fuerzas dinámicas a las fuerzas estáticas que actúan sobre un talud, generando esfuerzos cortantes dinámicos que disminuyen la resistencia al esfuerzo cortante y debilitan el suelo. En los taludes compuestos por materiales granulares, un aumento en la presión de poro puede ocasionar la licuación, un fenómeno en el cual dichos materiales pierden temporalmente su cohesión y adquieren propiedades similares a un líquido. Este proceso puede tener consecuencias significativas en la estabilidad del talud.

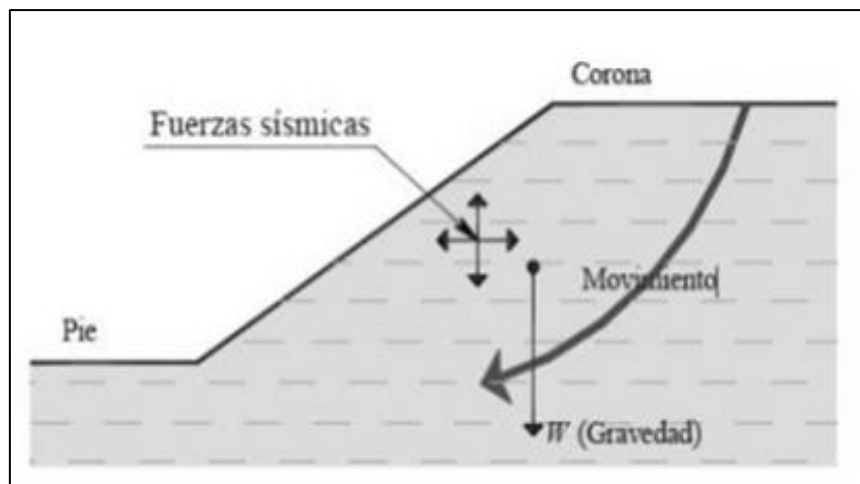


Fig. 18 Talud sometido a fuerzas sísmicas.

Aspectos Geológicos, En ocasiones, las fallas en los taludes pueden ser causadas por factores geológicos que no fueron detectados durante el levantamiento y la exploración en el campo. Estos aspectos no considerados durante la evaluación de la estabilidad del talud incrementan la incertidumbre en el cálculo del factor de seguridad

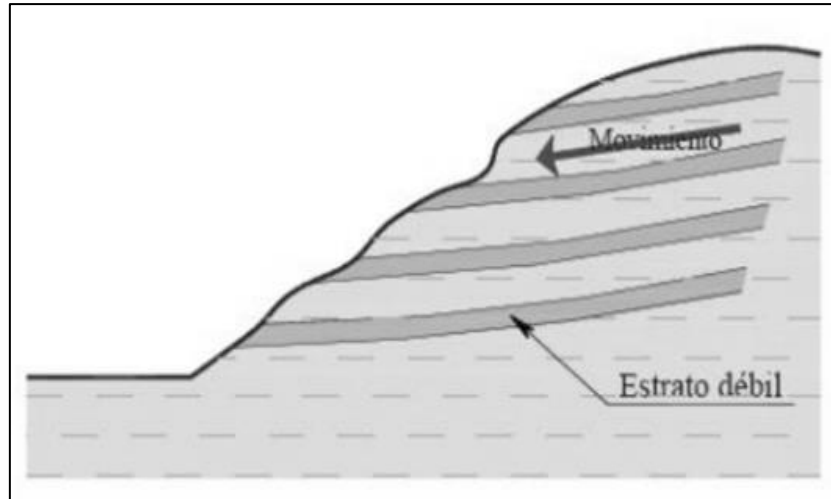


Fig. 19 Aspectos geológicos que pueden provocar una falla

### Cargas Externas

La imposición de cargas en la parte superior del talud resulta en un incremento de las fuerzas aplicadas sobre el suelo, lo cual puede desencadenar su falla si estas cargas no son controladas o consideradas adecuadamente durante la evaluación de la estabilidad del talud. En algunos casos, para contrarrestar esta situación, se lleva a cabo la excavación de una o varias bermas en el cuerpo del talud, lo que disminuye las fuerzas ejercidas sobre él.” [19]

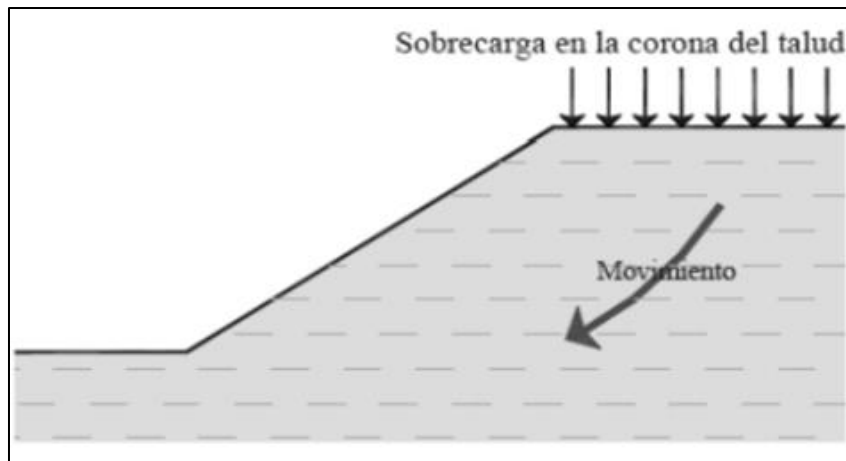


Fig. 20 Sobre carga en la corona del talud.

### **3.1.2 Métodos de cálculo**

Según [19] , Los primeros cálculos analíticos de la estabilidad de taludes fueron realizados por Coulomb en el siglo XVIII (1785), quien desarrolló un método basado en cuñas para estudiar la estabilidad de muros, pero también aplicable a taludes desnudos. Con el advenimiento de la construcción de líneas férreas en el siglo XIX, que implicaba grandes movimientos de tierra, surgieron deslizamientos importantes, lo que generó la

necesidad de encontrar un método para calcular y prevenir estos deslizamientos. Sin embargo, no fue hasta la primera mitad del siglo XX que se desarrollaron métodos analíticos más avanzados, que sentaron las bases para los enfoques utilizados en la actualidad.

### 3.1.2.1 Método de Equilibrio Global

Los métodos más antiguos para el cálculo de la estabilidad de taludes se basan en supuestos de suelos homogéneos, lo que implica considerar que todos los parámetros resistentes de la masa que se desliza son constantes.

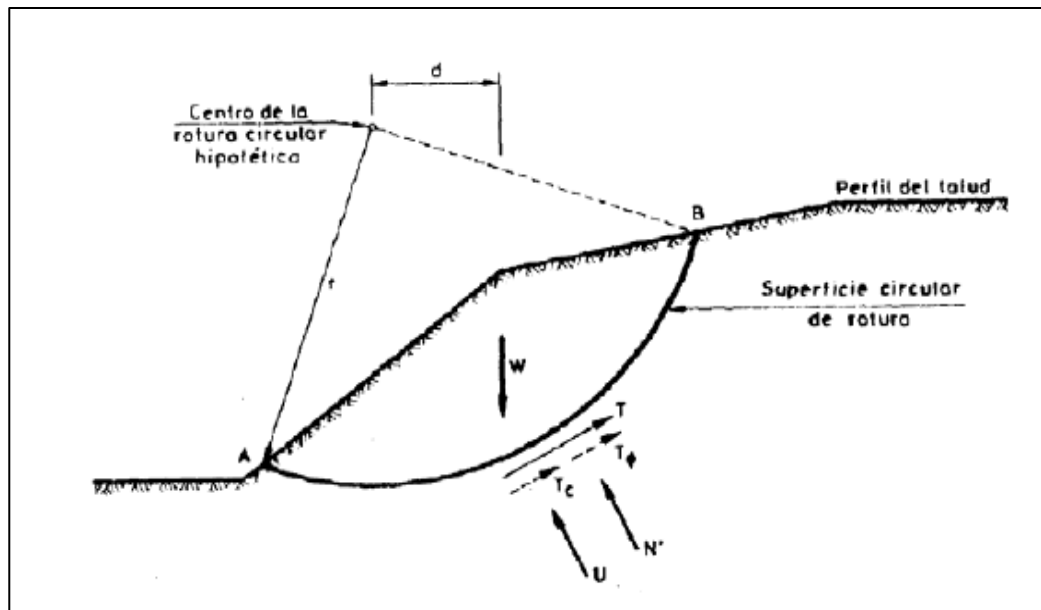


Fig. 21 Fuerzas consideradas en un mecanismo de rotura circular.

Dentro de los enfoques para alcanzar un equilibrio global, es posible examinar la rotura circular, que es ampliamente reconocida como la forma más común, tanto en suelos drenados como no drenados, como se ilustra en el gráfico previo. En este análisis, se determina el factor de seguridad mínimo utilizando los métodos de Taylor o Hoek y Bray. Además, en algunos casos, también se considera la posibilidad de rotura plana.

### 3.1.2.2 Método de las Dovelas

“Los Métodos de las Dovelas se utilizan cuando la superficie de falla del terreno tiene forma circular. En este enfoque, el problema se aborda en dos dimensiones, tomando una sección transversal representativa del talud y dividiéndola en franjas del mismo tamaño. Cada franja, llamada dovela, se analiza individualmente para determinar su nivel de estabilidad. A través de este análisis de las dovelas, se obtiene información sobre la seguridad global del talud y se puede llegar a conclusiones al respecto.” [19].

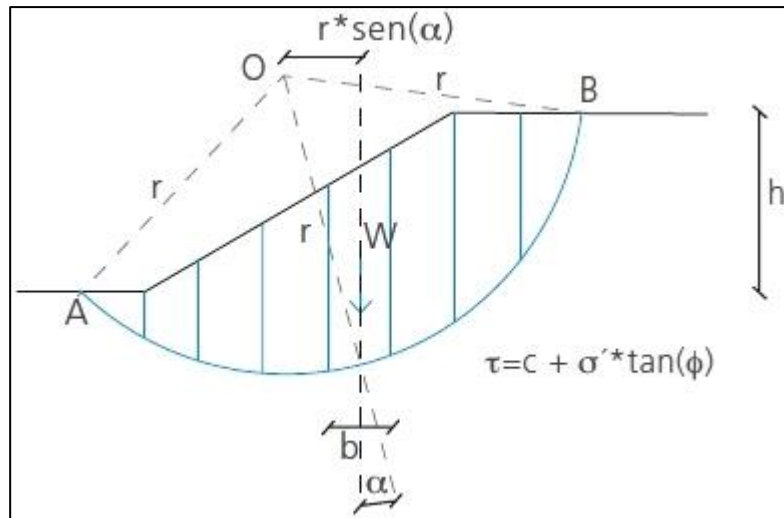


Fig. 22 Esquema del análisis de estabilidad de taludes por el método de las Dovelas.

### Método de Bishop Simplificado

Según [21], El método de las rebanadas o dovelas no es muy preciso para suelos con fricción. Ante esto, Bishop propuso otro método que originalmente se desarrolló para superficies de falla circulares. Este método tiene en cuenta el equilibrio entre las fuerzas de interacción verticales entre las rebanadas. En suelos con fricción ( $\phi > 0$ ), la resistencia al corte depende de los esfuerzos confinantes. Al considerar la condición de equilibrio de las fuerzas verticales (solo se considera el empuje horizontal), se logra una determinación más precisa de las fuerzas normales.

Este método no descarta ninguna contribución de las fuerzas que actúan en las secciones de suelo. Bishop fue el primero en observar y describir los aspectos críticos relacionados con los métodos tradicionales, reconociendo la importancia de considerar las fuerzas verticales y confinantes en el análisis de la estabilidad de taludes.

Las ecuaciones usadas para resolver el problema son:

$\Sigma F_v = 0$ ,  $\Sigma M_0 = 0$ , Criterio de rotura.

$$F = \frac{\Sigma \{ c_i \times b_i + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \phi_i \} \times \frac{\sec \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \phi_i / F}}{\Sigma W_i \times \sin \alpha_i}$$

Al resolver la ecuación que satisface los valores de F y  $\Delta x$  para cada elemento, se obtiene una solución rigurosa al problema. Como aproximación inicial, se suele escribir la suma de las fuerzas horizontales como cero ( $\Sigma X = 0$ ) y realizar iteraciones para calcular el factor de seguridad. Este procedimiento se conoce como el método de Bishop Ordinario. Los errores cometidos en comparación con el método completo son aproximadamente del 1%.

### Método de Fellenius

Con este método (valido solo para superficies de deslizamiento circulares), no se tienen en cuenta las fuerzas entre las rebanadas, por lo tanto, las incógnitas se reducen a:

N valores de las fuerzas normales  $N_i$ ;

N valores de las fuerzas de corte  $T_i$ ;

1 factor de seguridad.

Incógnitas:  $(2n+1)$

Las ecuaciones a disposición son:

n ecuaciones de equilibrio traslación vertical;

n ecuaciones relativas al criterio de rotura;

1 ecuaciones de equilibrio de los momentos globales.

$$F = \frac{\sum \{ c_i \times l_i + (W_i \times \cos \alpha_i - u_i \times l_i) \times \tan \varphi_i \}}{\sum W_i \times \sin \alpha_i}$$

Es cierto que resolver esta ecuación es relativamente sencillo, se ha observado que tiende a generar resultados conservadores, lo que implica factores de seguridad más bajos, especialmente en superficies de falla profundas. Por lo tanto, esta ecuación puede utilizarse como un límite inferior en combinación con otros métodos o como punto de partida en métodos iterativos más avanzados.

Además, se ha comprobado que este enfoque es efectivo en suelos cohesivos, donde la cohesión juega un papel importante en la resistencia al corte. En tales casos, el método de Bishop Ordinario puede proporcionar una estimación razonable de la estabilidad del talud. Sin embargo, es crucial tener en cuenta las limitaciones de este método y considerar el uso de otras técnicas más precisas si se requiere una evaluación más exacta, especialmente en suelos friccionantes o en condiciones específicas del terreno.

### Método de Jambu

Jambu, por su parte, amplió el método de Bishop para abordar superficies de deslizamiento de cualquier forma. En el caso de superficies circulares, el brazo de las fuerzas se mantiene constante e igual al radio. Sin embargo, al considerar superficies de deslizamiento de formas más generales, el brazo de las fuerzas varía, por lo que resulta más apropiado evaluar la ecuación del momento con respecto al ángulo de cada bloque. Este enfoque permite una consideración más precisa de las fuerzas y momentos actuantes

en cada bloque, teniendo en cuenta la geometría específica de la superficie de deslizamiento

$$F = \frac{\sum \{c \times b + (W - u \times b + \Delta X) \times \tan \varphi\} \times \frac{\sec^2 \alpha}{1 + \tan \alpha \times \tan \varphi / F}}{\sum W \times \tan \alpha}$$

Al considerar  $\Delta x = 0$ , se obtiene el método ordinario. No obstante, Jambu propuso una técnica adicional para mejorar la precisión del factor de seguridad obtenido mediante el método ordinario. Esta mejora se realiza aplicando la siguiente fórmula:

$$F_{\text{corregido}} = f_o * F$$

Aquí,  $f_o$  representa un factor de corrección que se determina mediante funciones gráficas, las cuales consideran la geometría del terreno y los parámetros geotécnicos específicos del suelo. Al multiplicar el factor de seguridad inicial (F) por este factor de corrección, se ajusta el valor obtenido por el método ordinario para obtener un resultado corregido y más preciso. De esta manera, se tiene en cuenta de forma más precisa la influencia de la geometría y las propiedades del suelo en el análisis de la estabilidad del talud.

### 3.1.3 Modelos Geo informáticos de aplicación

Como se mencionó previamente, en las décadas de 1950 y 1970 se desarrollaron soluciones numéricas y gráficas para el análisis de la estabilidad de taludes. Estas propuestas evolucionaron en paralelo al avance de la digitalización en la ingeniería civil.

Dentro de estas propuestas, los métodos del equilibrio límite y los métodos de elementos finitos (MEF) han perdurado como los más utilizados. Los métodos del equilibrio límite se basan en el análisis de las fuerzas y momentos que actúan en el talud para evaluar su estabilidad. Por otro lado, los métodos de elementos finitos utilizan modelos matemáticos para simular el comportamiento del talud, considerando la interacción entre el suelo y la estructura.

Tanto los métodos del equilibrio límite como los métodos de elementos finitos son ampliamente utilizados en la práctica de la ingeniería geotécnica. La elección entre ellos dependerá de las características del proyecto y los requisitos de precisión del análisis.

En conclusión, los métodos del equilibrio límite y los métodos de elementos finitos han demostrado ser opciones confiables y se han convertido en herramientas fundamentales para el análisis de la estabilidad de taludes en la ingeniería civil. “En la actualidad, hay una amplia variedad de programas disponibles para el análisis de la estabilidad de taludes. Además de los métodos clásicos, muchos de estos programas han incorporado la capacidad de utilizar el análisis basado en elementos finitos, que implica la consideración de la reducción de la resistencia al corte. Entre los programas más utilizados en este campo se encuentran el SLIDE, SLOPE/W, PHASE2, GSTABL7, GEO5, y otros. Estas herramientas permiten realizar análisis de estabilidad tanto utilizando métodos tradicionales como mediante el enfoque de elementos finitos. La elección del programa dependerá de las necesidades específicas del proyecto y las preferencias del usuario.”. [22]

### 3.1.3.1 Modelo Geo Informático GEO5

Es “un conjunto de software, que proveen soluciones para la mayoría de las tareas geotécnicas.

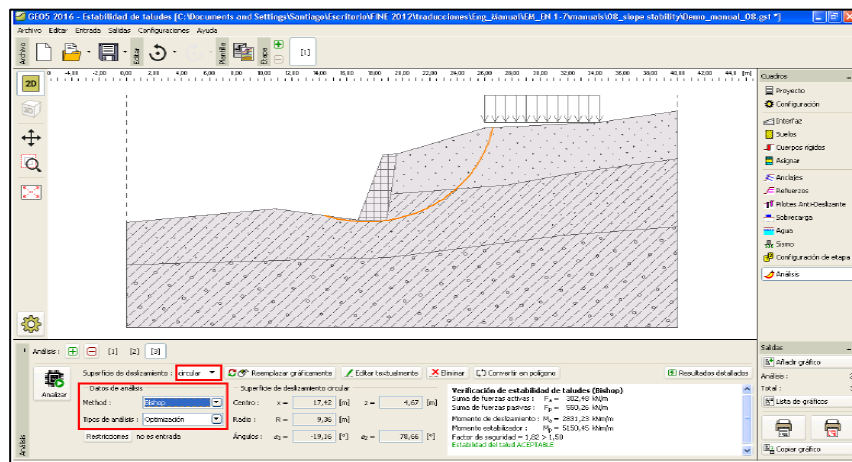


Fig. 23 Esquema del análisis de estabilidad de taludes por el método de las Dovelas.

Los distintos programas comparten una interfaz de usuario común y se integran entre sí, cada uno especializado en el análisis de un tipo específico de estructura. Uno de los programas se enfoca en el análisis de la estabilidad de taludes con superficies circulares o poligonales, ofreciendo la capacidad de optimizar automáticamente la superficie de deslizamiento. Además, permite la incorporación de elementos como anclajes, elementos rígidos, geo refuerzos, sobrecargas y modelado de efectos sísmicos. Esta herramienta

brinda una amplia gama de funciones para el análisis detallado y la modelización de taludes en diversas condiciones geotécnicas”.

### 3.1.3.2 Modelo Geo Informático SLIDE

“Slide2 es una herramienta informática avanzada y accesible para el análisis de la estabilidad de taludes en 2D. Este programa emplea el método del equilibrio límite y ofrece amplias aplicaciones en diversos tipos de suelos y situaciones, como pendientes rocosas, terraplenes, presas de tierra y muros de contención. Una de sus características destacadas es la capacidad de realizar análisis de filtración de agua subterránea mediante elementos finitos integrados en el programa. También ofrece funcionalidades de análisis probabilístico, permitiendo considerar la incertidumbre en los resultados. Además, Slide2 permite modelar múltiples escenarios y facilita el diseño de elementos de soporte necesarios en el proyecto. En resumen, Slide2 es una valiosa herramienta que combina potencia y facilidad de uso para el análisis de la estabilidad de taludes, abarcando diversos tipos de suelos y brindando funciones avanzadas como análisis de filtración, análisis probabilístico, modelado de escenarios y diseño de soporte”. [21]

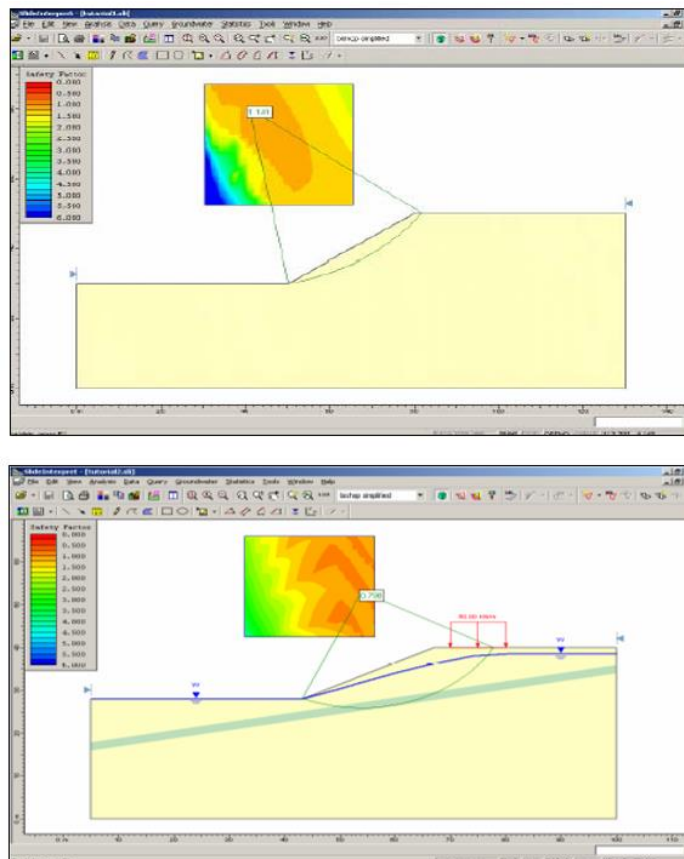


Fig. 24 Esquema del análisis de estabilidad de taludes por el método de las Dovelas.

### 3.1.4 Evaluación comparativa de la estabilidad de taludes

Para evaluar la estabilidad de taludes, hemos realizado un estudio comparativo de la situación actual en el talud crítico elegido en la muestra, aplicando dos modelos geoinformáticos: El GEO5 y el SLIDE, pero además en cada modelo hemos comparado tres (3) metodologías de equilibrio límite, tales como: el método de Bishop simplificado, el método de Jambu y método de Spencer.

En todos los casos, se han realizado los cálculos del factor de seguridad en tres (3) estados de carga: en el estado inicial de construcción, en el estado aplicando cortes para los tramos desfavorables y en el estado con sismo.

#### 3.1.4.1 Ubicación y descripción de taludes inestables

De la revisión y trabajo con los planos topográficos, especialmente los planos de secciones transversales, se han identificado que las secciones más críticas señaladas anteriormente, esto nos permitió describir la situación en cada uno de los taludes inestables que a continuación presentamos.

##### Talud de la sección 1 – 1

Ubicado a 10 metros aguas arriba de la pared de ingreso al cementerio en la progresiva 0+058 (a 58m del punto inicial de la investigación) en la cota 995 msnm.

Considerado en la evaluación de suelos como la parte alta, corresponde a la muestra M-2, con suelos SC-SM areno arcillosos y areno limosos, con desprendimientos de pequeñas piedras fragmentadas. En la margen derecha de la quebrada se observa la pared del cementerio.



Fig. 25 Vista de la zona correspondiente a la sección 1-1.

#### Talud de la sección 4 - 4

Ubicado a 43 metros aguas abajo del puente colgante del sistema de agua potable en la progresiva 0+178 (a 178m del punto inicial de la investigación) en la cota 985 msnm.

Considerado en la evaluación de suelos como la parte media, corresponde a la muestra M-3, con suelos SM areno limosos, algunas áreas ocupadas por viviendas en forma dispersa y precaria, lo que definió esta sesión como la sección crítica a modelar. En la margen izquierda de la quebrada se observa las viviendas



Fig. 26 Vista de la zona correspondiente a la sección 4-4.

#### Talud de la sección 5 - 5

Ubicado a 33 metros aguas debajo de la cota 985 msnm en la progresiva 0+211 (a 211m del punto inicial de la investigación) en la cota 980 msnm.

Considerado en la evaluación de suelos como la parte baja, corresponde a la muestra M-1, con suelos SW-SM arena bien graduada y arena limosos, cuenta con mayores áreas ocupadas por viviendas, que tienen algunos muros precarios de sostenimientos. En la margen izquierda de la quebrada se observa las viviendas.



Fig. 27 Vista de la zona correspondiente a la sección 5-5.

### 3.1.4.2 Verificación geo informática del estado actual del talud

Una vez definidos los parámetros topográficos, geotécnicos, hidrológicos, hidráulicos y de riesgo, se procedió a las verificaciones geo informáticas del talud critico elegido.

#### Modelación del Talud con GEO5

Como ya se mencionó, el programa GEO5 realiza la modelación del análisis de taludes aplicando los métodos de equilibrio límite, específicamente los métodos de las dovelas a través de las formulaciones de Bishop simplificado, Jambu y Spencer, sin embargo, también realiza el cálculo de los factores de seguridad para otros métodos que ha modo de referencia presentaremos.

Antes de describir el procedimiento, recordaremos lo que se establece en la Norma peruana CE-020 sobre Estabilización de suelos y taludes [22]: “El Profesional Responsable deberá evaluar la condición de estabilidad del talud para solicitaciones estáticas y sísmicas. El factor de seguridad mínimo del talud deberá ser 1.5 para solicitaciones estáticas y 1.25 para solicitaciones sísmicas. Si estos factores de seguridad no son cumplidos, el Profesional Responsable deberá seleccionar un método de estabilización o la combinación de varios métodos de estabilización y probarlos hasta que la solución propuesta alcance la aprobación de ambos factores de seguridad. La solución de forma complementaria, pero necesaria, deberá prever protección adecuada de la superficie del talud contra la erosión”.

La modelación se inició ingresando los datos del *Proyecto*, que en este caso son el nombre de la Tesis, la ubicación, la fecha y el autor. Se observa la ventana principal de GEO5 donde se encuentra en la parte superior los menús y en la parte derecha las acciones a realizar. En este caso los datos del proyecto

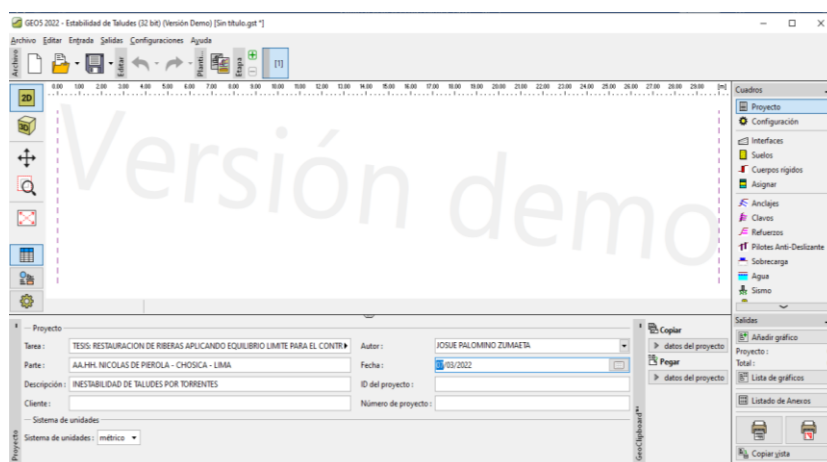


Fig. 28 ventana de GEO5 - Datos del Proyecto.

A continuación, se realiza la *Configuración* donde se define el área de trabajo en la ventana, la metodología de verificación del factor de Seguridad, el tipo de análisis de

estabilidad de taludes y los valores mínimos de los factores de seguridad para el análisis estático y pseudo estático (con sismo) del talud y de los refuerzos (muros). Se observa en la figura 29, la ventana de configuración de GEO5 donde se define el método estándar para el cálculo del factor de seguridad, existen otras alternativas de acuerdo al país y a las normas. Se observa en la figura 30 que la ventana de configuración donde se colocan los factores de seguridad mínimos de acuerdo a las normas en este caso 1.5.

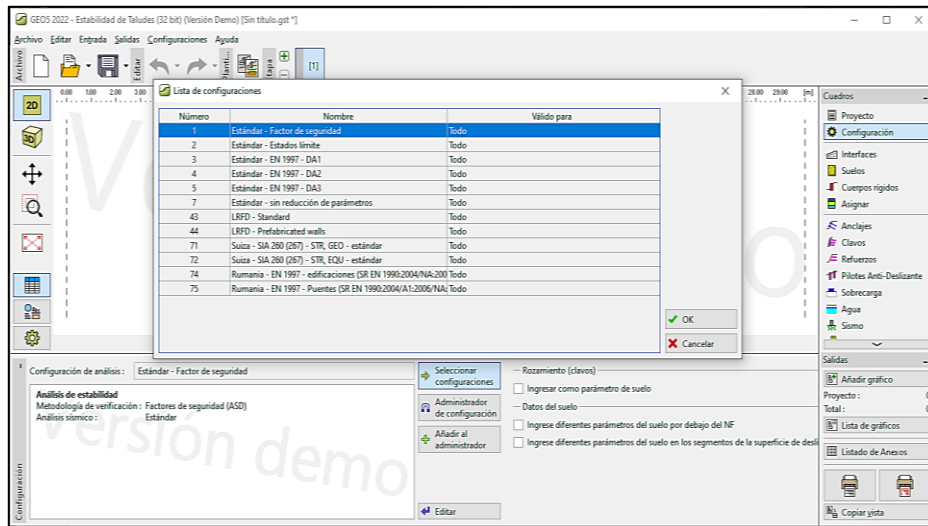


Fig. 29 ventana de configuración de GEO5 –Método estándar .

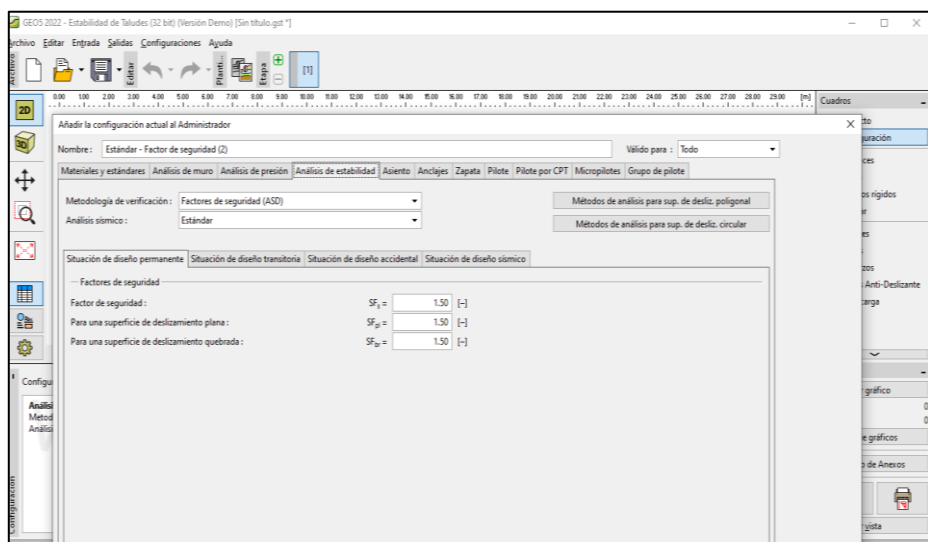


Fig. 30 ventana de configuración de GEO5- Factores de seguridad mínimos.

Luego se ingresan las *interfaces*, que son las capas de suelo o divisiones que se generen por la incorporación de nuevos materiales o refuerzos que se necesiten para estabilizar el talud. En nuestro caso, de los planos de secciones transversales se obtuvieron las coordenadas del talud crítico elegido y con ello se ingresaron los valores, quedando definida una sola interface, pues se ha considerado de acuerdo al estudio de suelos un

suelo homogéneo. En la Fig. 31 se observa la ventana de interfaces de GEO5 donde se define primeramente el área de trabajo en coordenadas globales. Y en la figura 32 se observa la ventana interfaces de GEO5 donde se definen las coordenadas del talud crítico elegido .Las cuales se obtienen del plano topográfico de secciones transversales

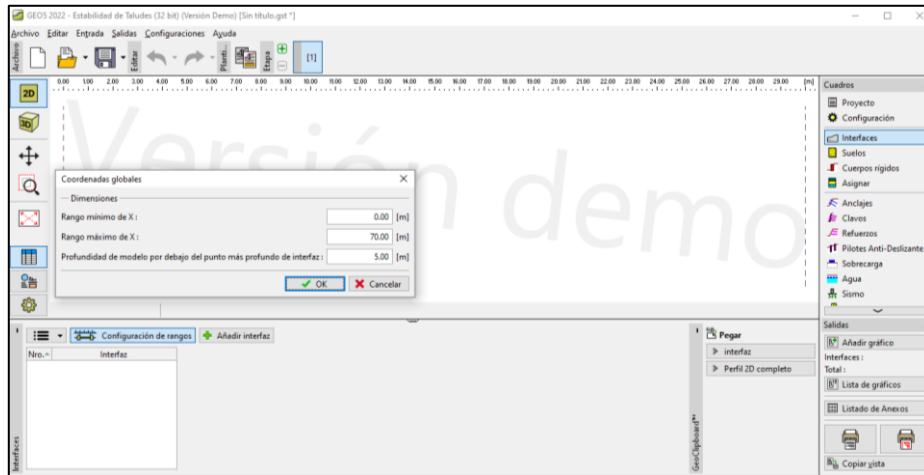


Fig. 31 Ventana de interfaces de GEO5- definición de área.

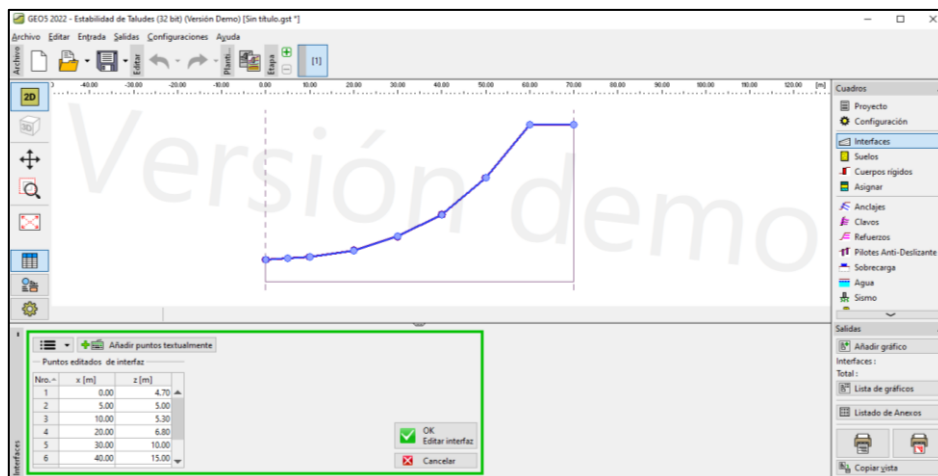


Fig. 32 Ventana de interfaces de GEO5 - Coordenadas del talud

A continuación, se trabajaron los datos de *suelos*, de acuerdo a los resultados del estudio realizado, ingresando los valores de tipo de suelo, peso específico, cohesión, ángulo de fricción y otros. El programa también tiene un conjunto de tipos de suelos conocidos en su base de datos que pueden ser utilizados como soporte preliminar. Luego de añadir, se puede observar en la pantalla los valores ingresados para su comprobación.

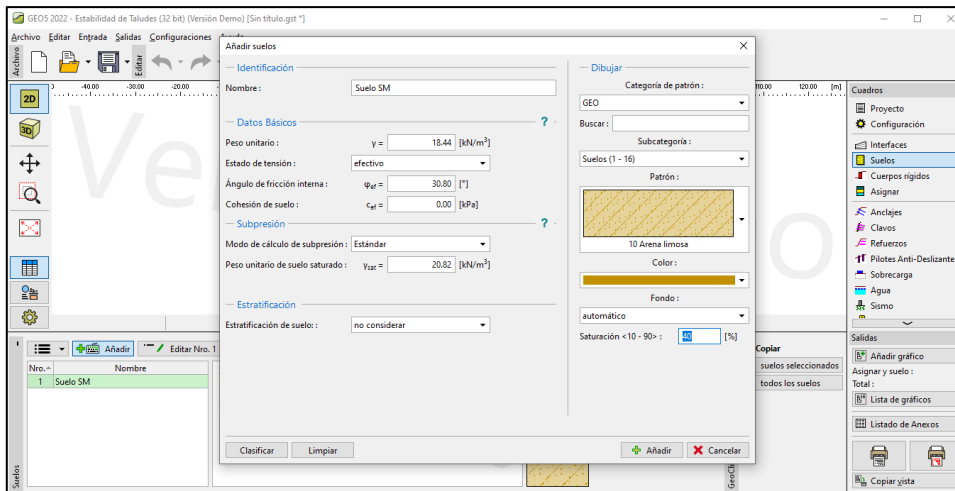


Fig. 33 Ventana de Suelos de GEO5

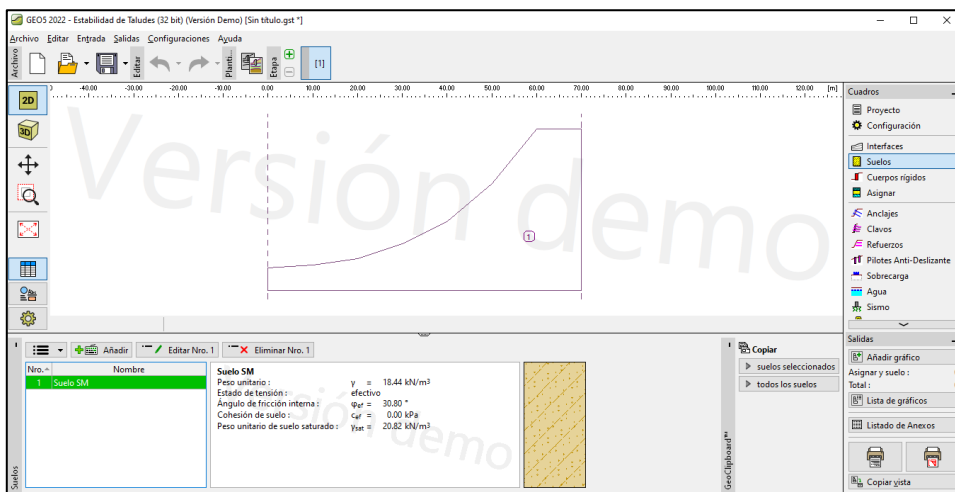


Fig. 34 Ventana de Suelos de GEO5 - Análisis de verificación.

El siguiente paso es asignar los suelos definidos anteriormente a las interfaces del talud, que en nuestro fue solo uno.

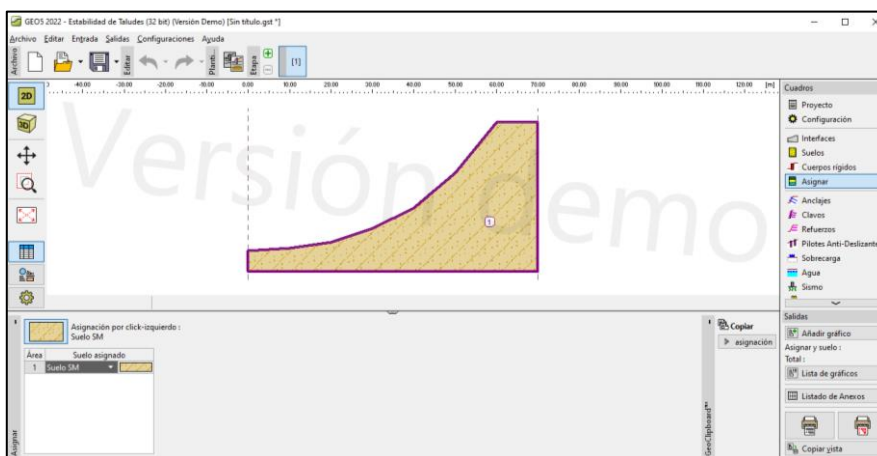


Fig. 35 Ventana de Asignar de GEO5

Con ello queda listo para la primera modelación del estado actual con la opción *Análisis*, y con ello verificar si el factor de seguridad es mayor de 1.5 y así establecer la estabilidad, en caso de no cumplirse pueden incorporarse, cuerpos rígidos, anclajes, clavos o refuerzos al talud.

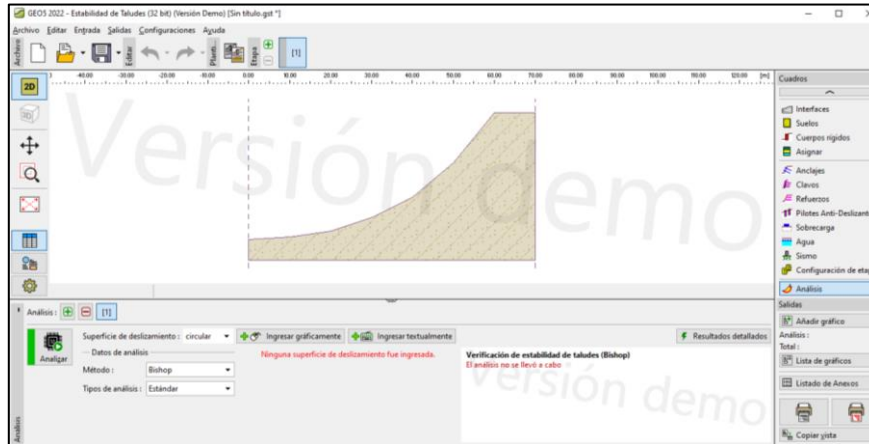


Fig. 36 Se observa la ventana de Análisis de GEO5.

A continuación, presentamos el modelamiento del primer tramo del talud definido comenzando por la parte baja de 0 a 20 metros:

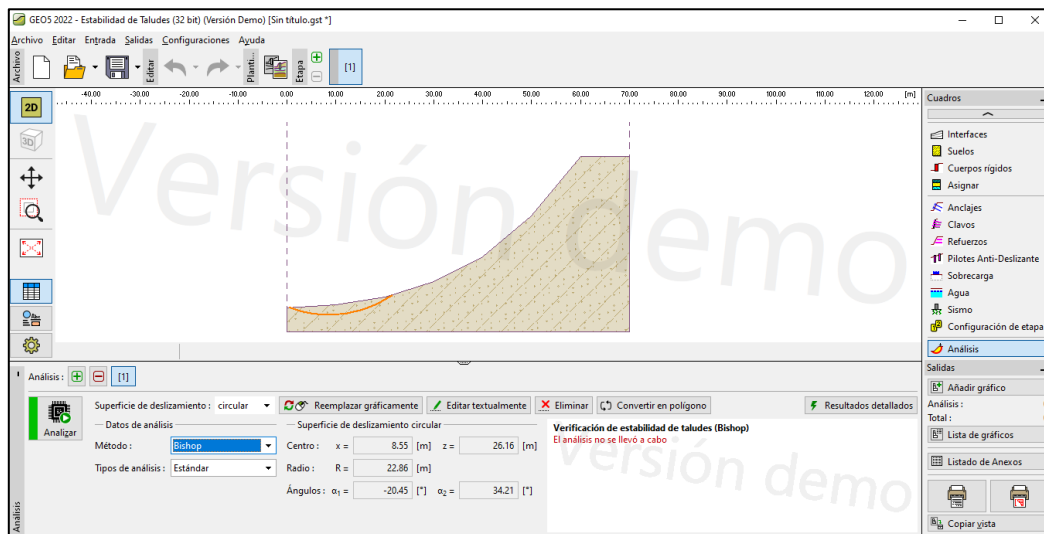


Fig. 37 Ventana de Análisis de GEO5 - Estabilidad del talud- Primera etapa.

Primeramente, aplicación el método de Bishop simplificado para una superficie de deslizamiento circular ingresada gráficamente y tenemos un factor de seguridad  $F.S. = 5.78 > 1.50$  lo cual significa que el tramo es estable. Además, en los resultados se muestran los valores de las fuerzas activas y pasivas, así como los valores del momento de deslizamiento y estabilizador.

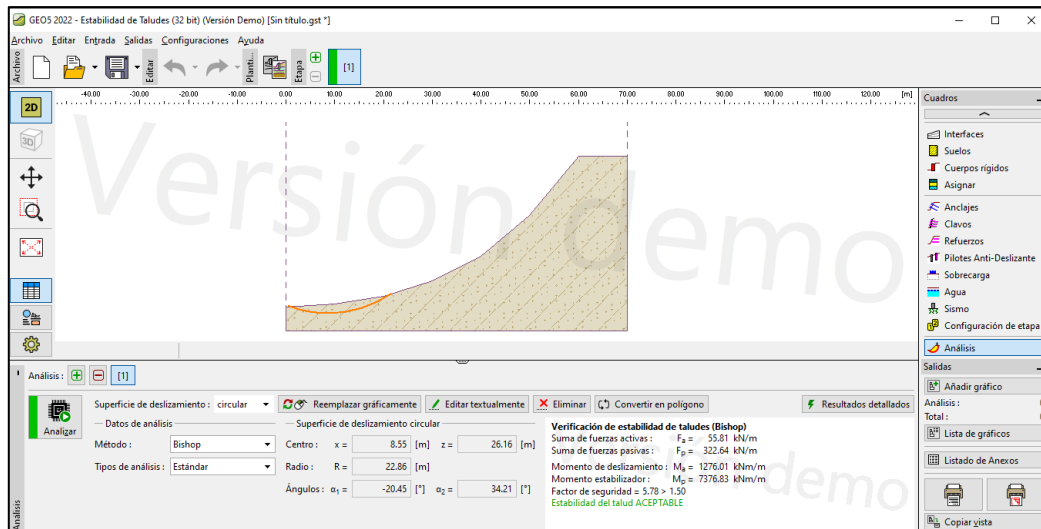


Fig. 38 Ventana de Análisis de GEO5- Método Bishop – Primera etapa.

Seguidamente, aplicación el método de Janbu para una superficie de deslizamiento circular ingresada gráficamente y finalmente se activa la opción todos los métodos que se presentan a continuación:

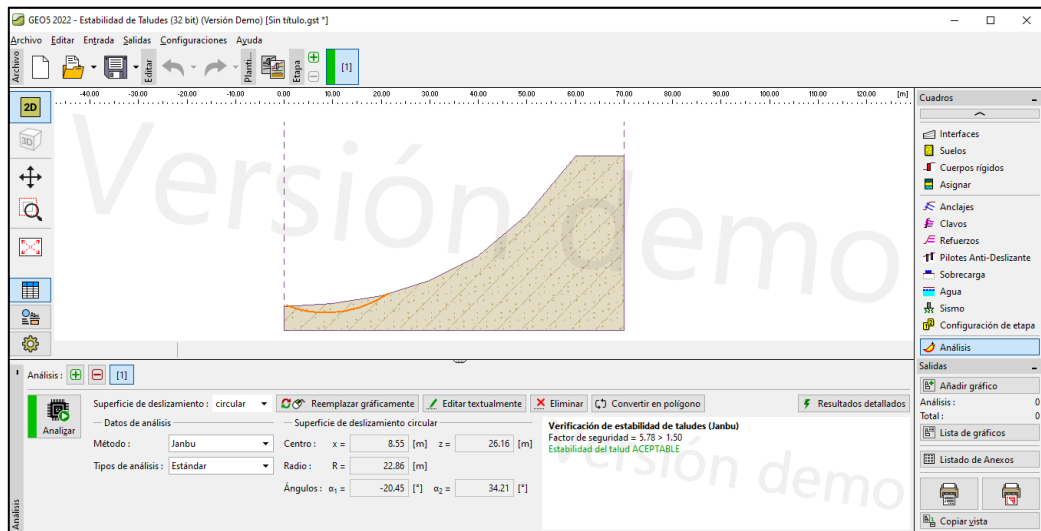


Fig. 39 Ventana de Análisis de GEO5 – Método Janbu – Primera Etapa.

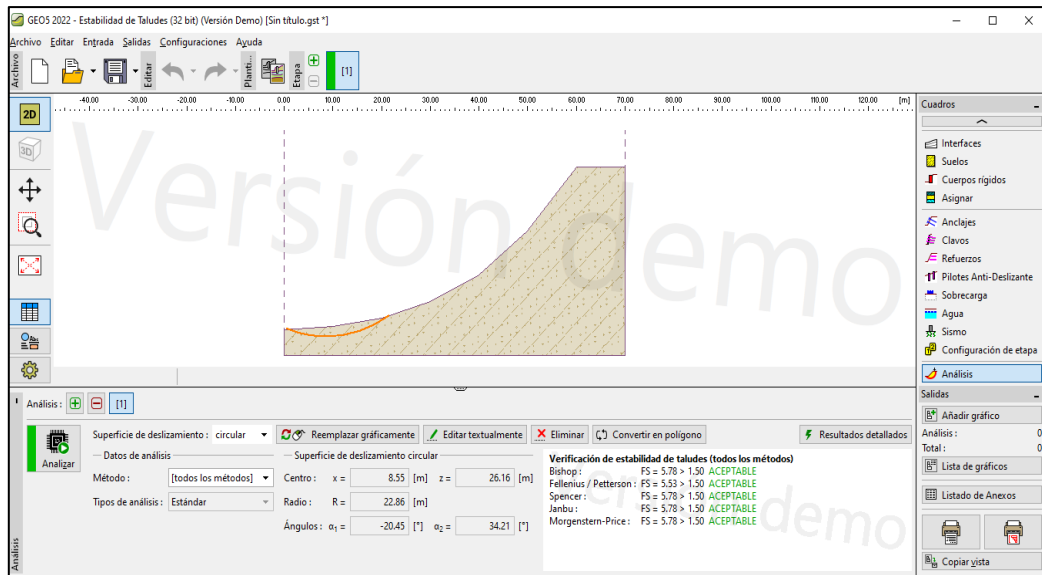


Fig. 40 Ventana de Análisis de GEO5-Todos los Métodos –Primera etapa

Presentamos el modelamiento del Segundo tramo del talud definido que comprende la parte media de 20 a 40 metros del eje x aproximadamente, en este caso el factor de seguridad  $F.S. = 1.63 > 1.50$  por el método de Bishop, lo cual significa que el tramo es estable.

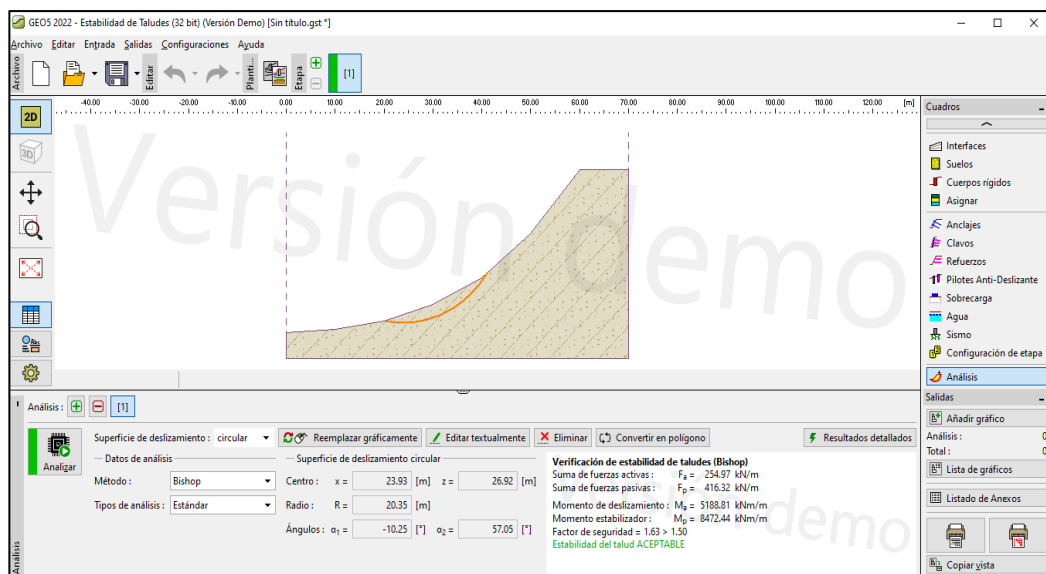
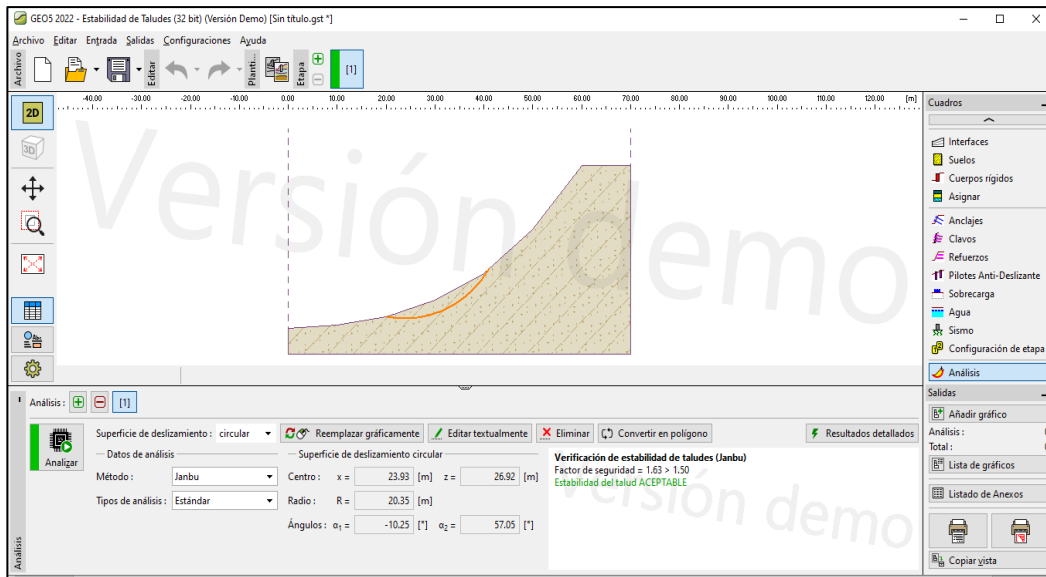
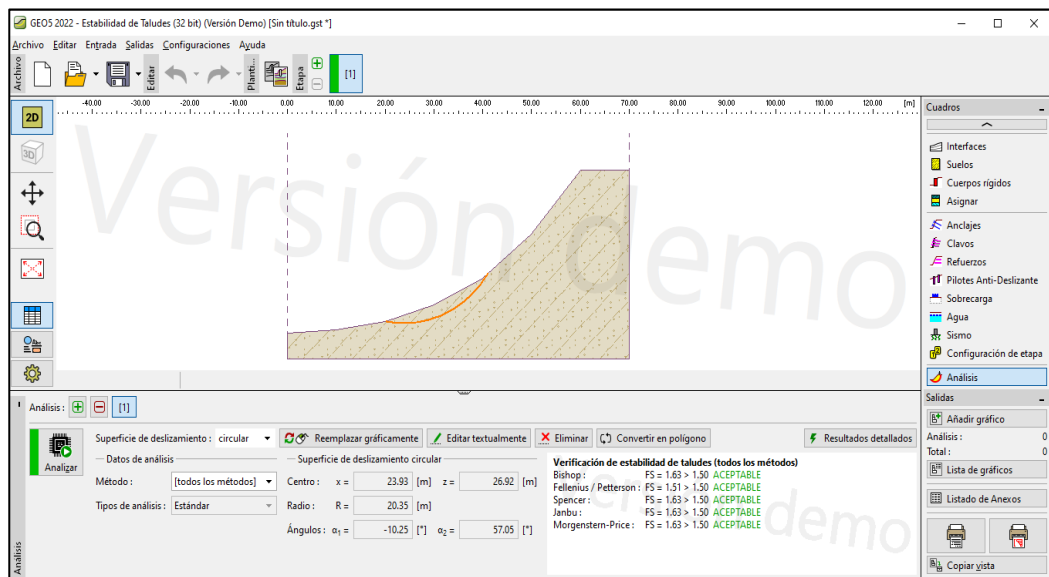


Fig. 41 Ventana de Análisis de GEO5- Método Bishop –Segunda etapa.

A continuación, tenemos modelamiento por el método de Jambu y posteriormente los resultados por todos los métodos disponibles en el GEO5, y en todos los casos



En el caso de los resultados del factor de seguridad por todos los métodos que aporta el GEO5 para este segundo tramo, todos son mayores que 1.5, por lo cual el tramo es estable.



Finalmente, presentamos el modelamiento del Tercer tramo del talud definido que comprende la parte alta de 40 a 60 metros del eje x aproximadamente, el método aplicado es de Bishop y el factor de seguridad  $F.S.=0.98 < 1.5$ , con lo cual se demuestra que el tramo es inestable.

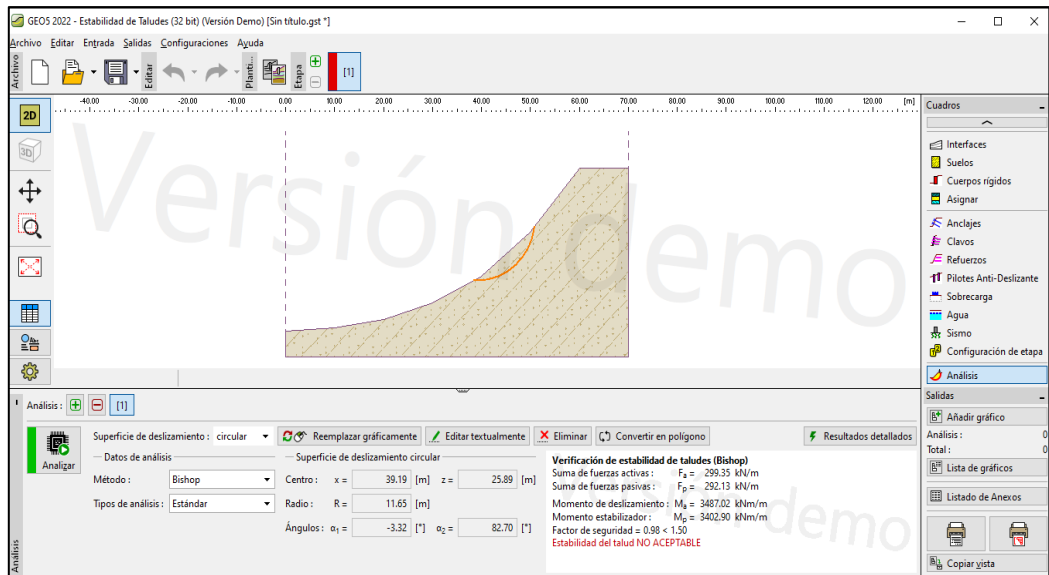


Fig. 44 Ventana de Análisis de GEO5-Metodo Bishop -Tercer etapa.

Lo mismo sucede con los resultados de la modelación por el método de Jambu en el tercer tramo, aunque aumenta un poco, pero sigue siendo  $F.S. = 1.15 < 1.5$ , es decir se verifica que el tramo es inestable.

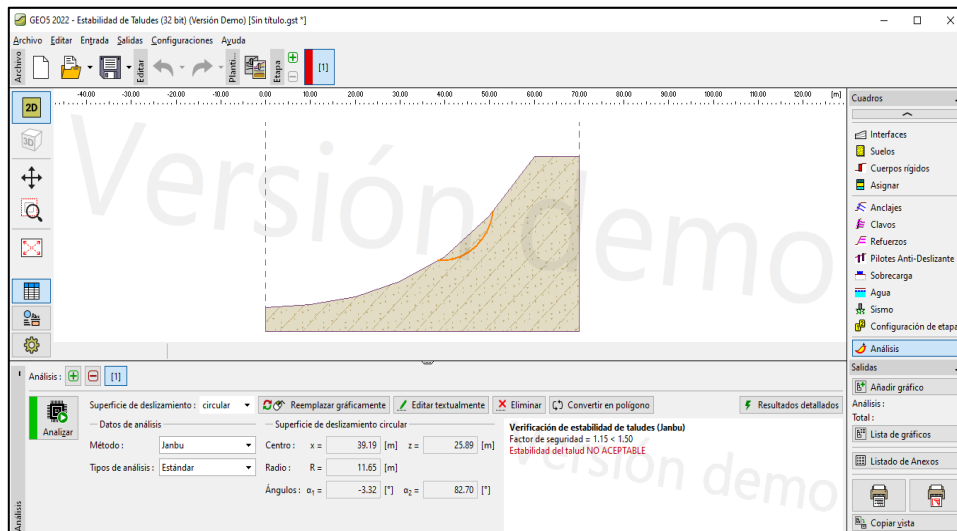


Fig. 45 Ventana de Análisis de GEO5 - Método de Jambu - Tercera etapa.

Y finalmente cuando se modela en la opción todos los métodos, se comprueba que los resultados son menores a 1.5 que es el mínimo aceptado por la norma peruana para la estabilidad de taludes.

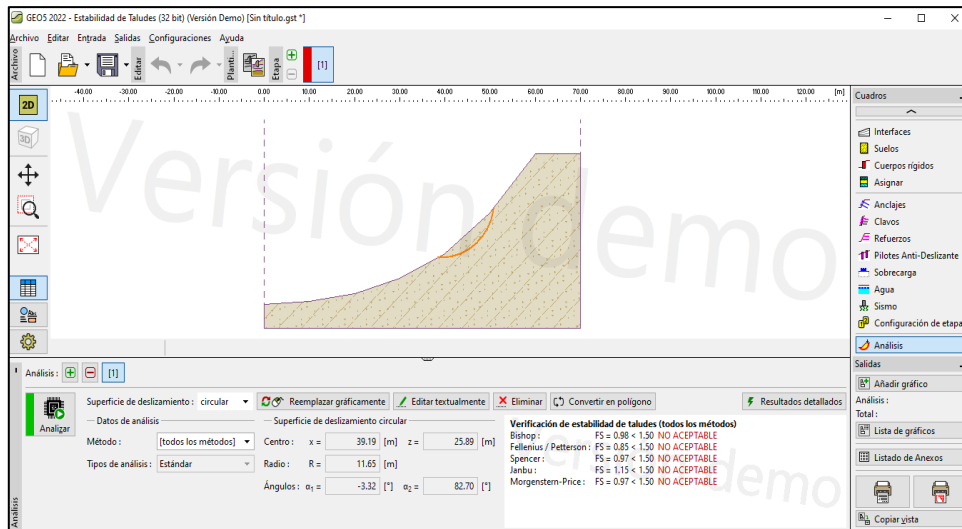


Fig. 46 Ventana de Análisis de GEO5-Todos los métodos - Tercera etapa.

### Modelación del Talud con SLIDE

El programa SLIDE, es una herramienta para el análisis de estabilidad de taludes que trabaja mediante tres componentes: el Modelador (Modeler), el Motor (Engine) y el Intérprete que visualiza los resultados de los cálculos del factor de seguridad de acuerdo al método de equilibrio limite definido.

Las etapas que se cumplieron para la modelación con SLIDE fueron: La creación de la geometría del talud, la creación de los bordes del modelo, la asignación de los materiales y sus propiedades, la definición de la superficie de rotura, el calculo o “compute” y la interpretación del coeficiente de seguridad resultante.

Para esta modelación, se utilizaron los mismos datos topográficos, geotécnicos e hidráulicos de la sección critica elegida en la muestra: sección 4-4 en la cota 985 msnm.

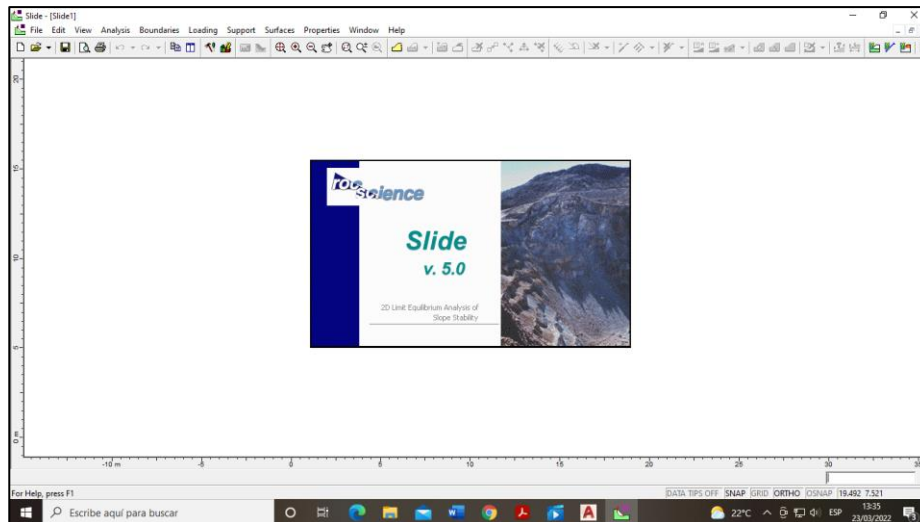


Fig. 47 Ventana del programa SLIDE.

Luego de abrir el programa, se realizó la configuración del proyecto a través del menú principal *Analysis* y la opción *Project setting*; donde se determinó el sistema de unidades, tipos de los datos de salida (Standard), dirección de la falla y número máximo de propiedades a ingresar en el sub menú general.

En el sub menú *Method*, se eligen los métodos de análisis de estabilidad de taludes que se van a aplicar, en este caso Bishop simplificado, Jambu y Spencer para poder realizar la comparación de resultados con el programa anterior. No se activaron en esta opción más datos ya que se analizó en el estado de carga más desfavorable que es sin intervención del flujo en la quebrada.

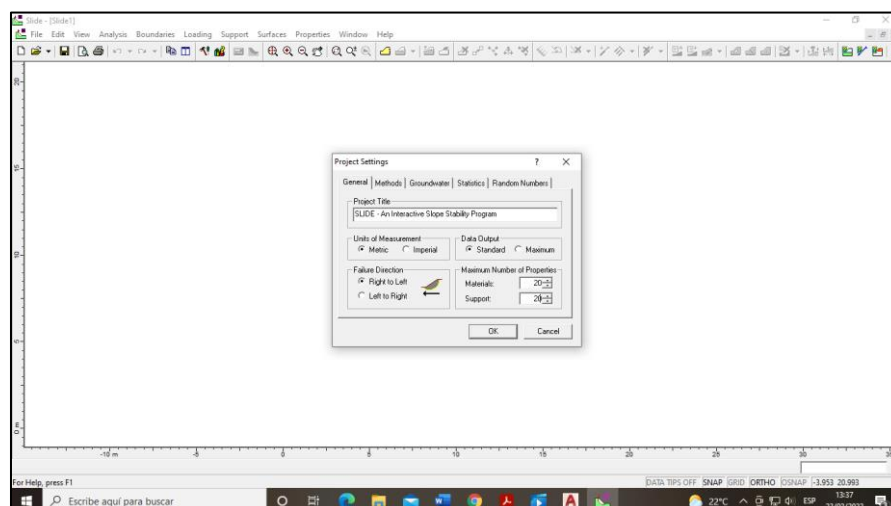


Fig. 48 Menú Analysis - Project setting.

A continuación, se definieron los bordes externos del talud, es decir la conformación topográfica del talud, de acuerdo a las coordenadas utilizadas en la modelación anterior,

para ello se activa el menú principal *boundaries* y la opción *add external boundaries*, y se ingresan las coordenadas formándose el perfil del talud.

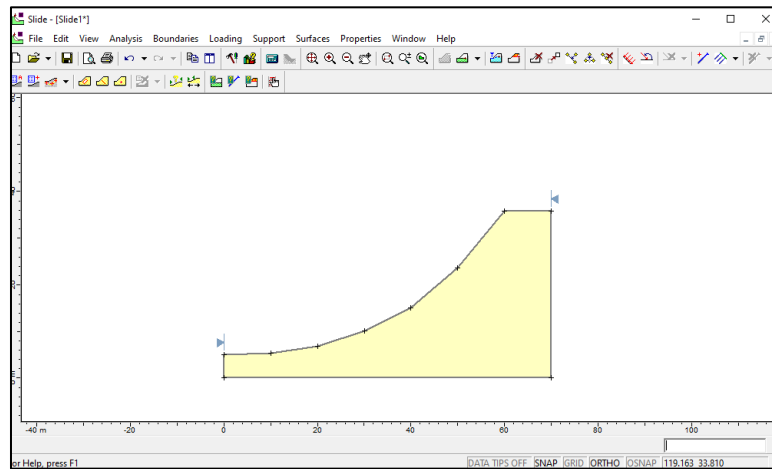


Fig. 49 Menú Bourdaries - Add external boundaries.

El paso siguiente fue definir el área donde se ubicará el centro de los radios de falla que cada método elige en forma automática para determinar el factor de seguridad, eso se logra con el menú *Surfaces* y la opción *Autogrid*.

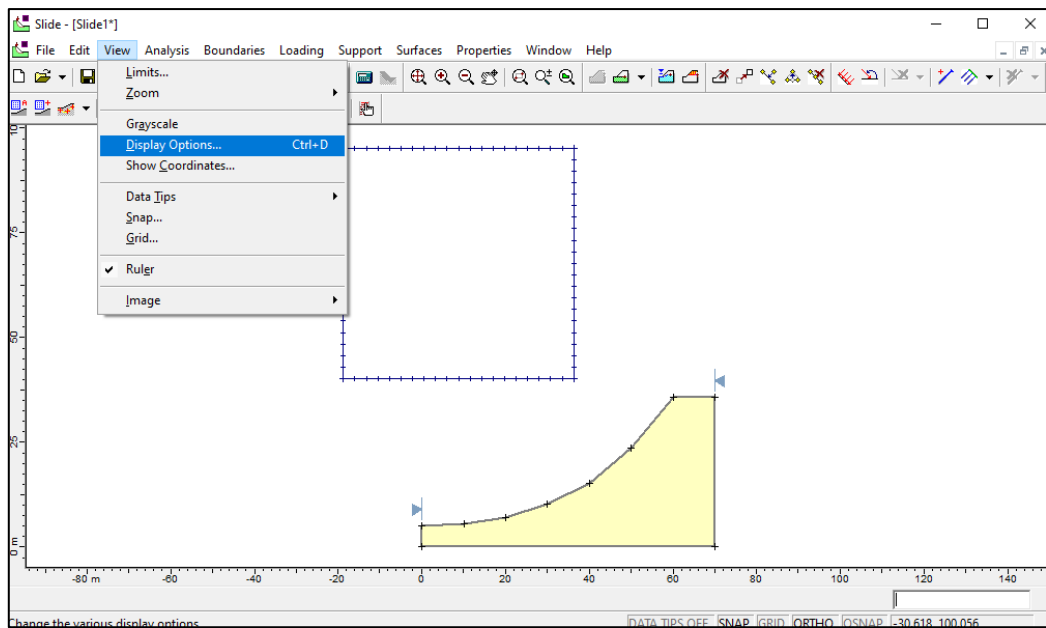


Fig. 50 Ventana de Análisis de GEO5- Autogrid.

Si se considera se puede disponer observar la grilla, para eso vamos a *View* y a la opción *display options*.

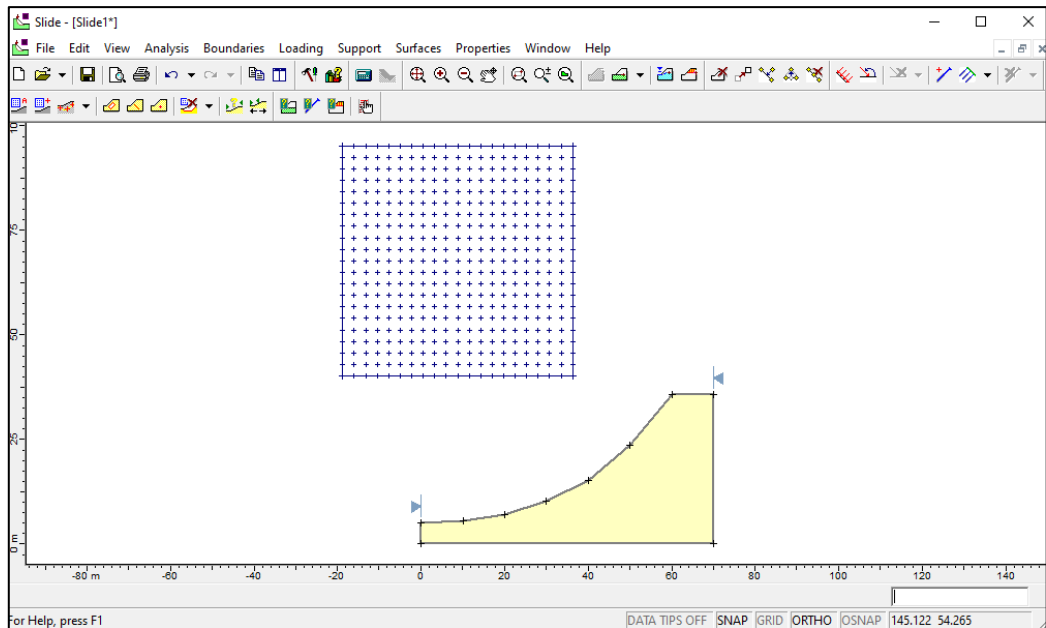


Fig. 51 Grilla -Centro del radio de falla analizado.

Luego se delimita en el perfil las coordenadas donde deseo que analice, para nuestro caso lo hemos dividido en 3 etapas: la primera de 0 a 20 metros, la segunda de 20 a 40 metros y la tercera de 40 a 60 metros en el eje x.

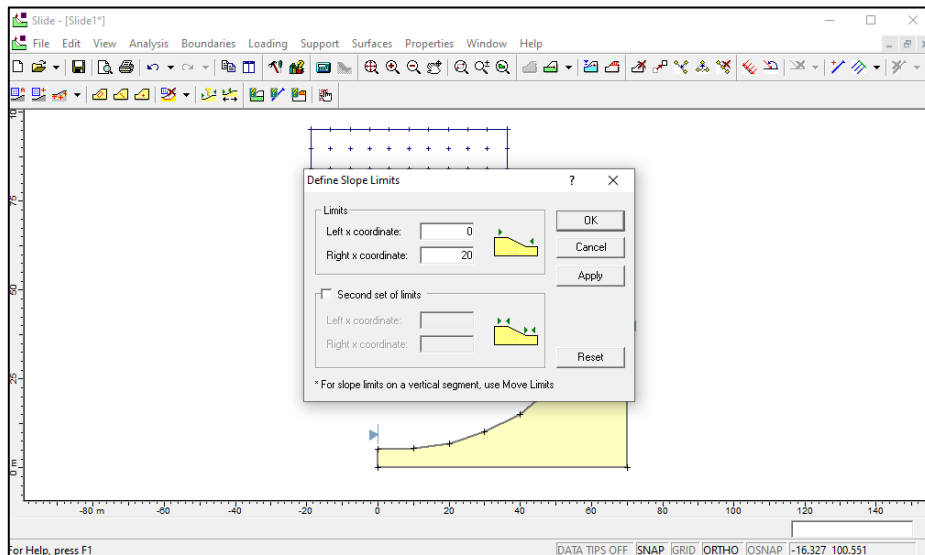


Fig. 52 Limites para las etapas en el talud.

Un punto importante fue elegir el tipo de falla circular y los rangos en los cuales se ir variando el radio inicial de falla, eso se realizó en el menú *Surfaces* y en la opción *Surfaces options*.

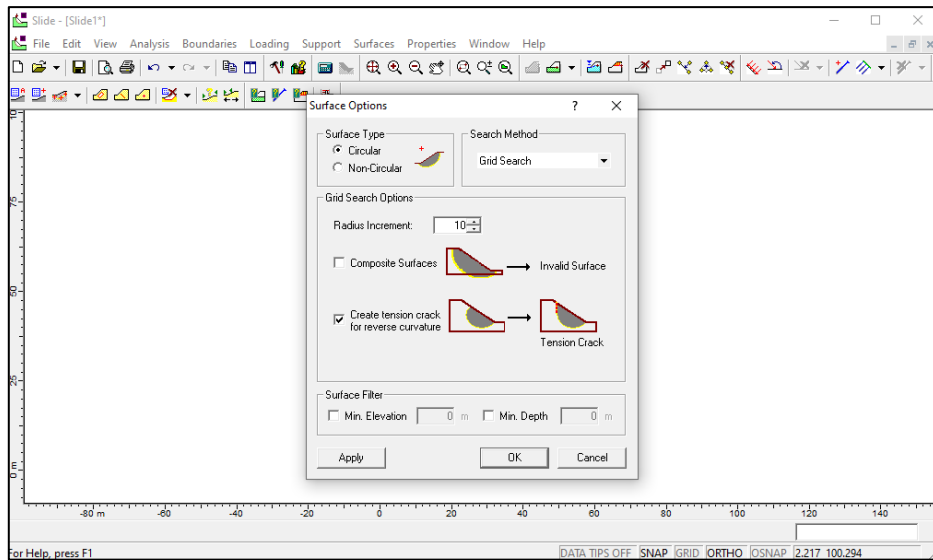


Fig. 53 Tipo de falla y incremento del radio.

Posteriormente se ingresaron los datos del suelo, de acuerdo a los resultados del estudio de suelo preliminar para cada etapa. Esto se realizó en el menú *Propiedades* y con la opción *Define materials*.

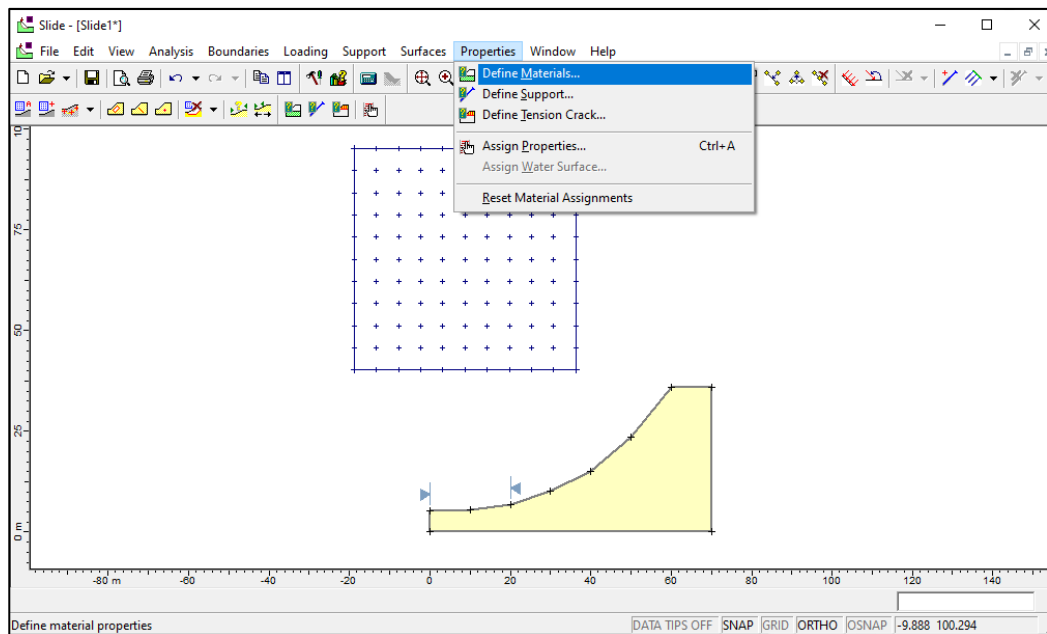


Fig. 54 Menú *Propiedades* -*Define Materials*.

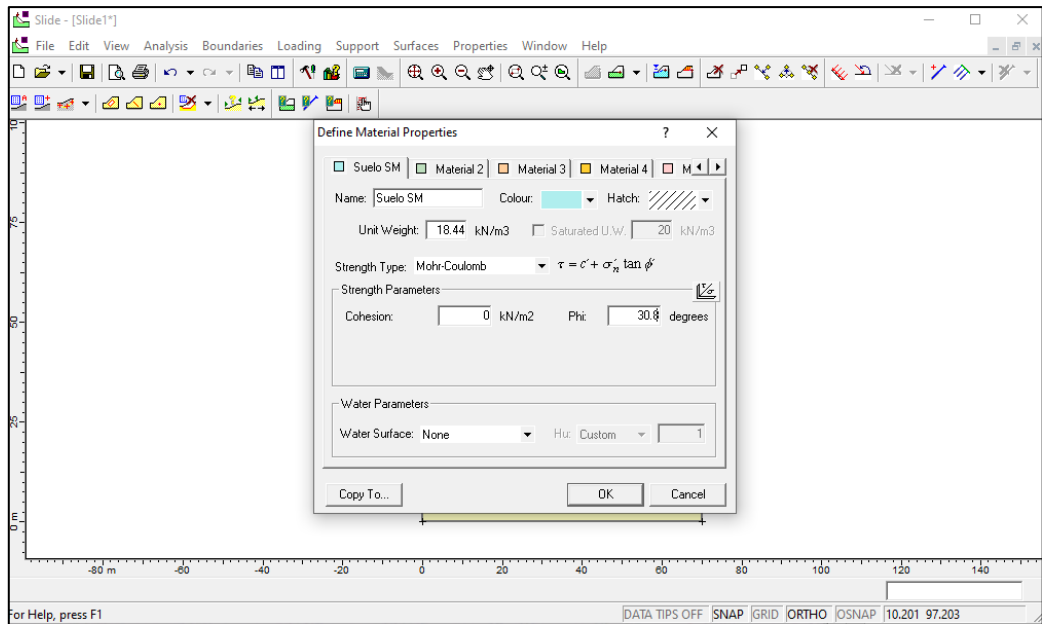


Fig. 55 Ingresando datos de suelo

Ingresados los datos de configuración, del tipo de análisis, topográficos y de los materiales del talud, se procedió a la modelación por etapas iniciándose por la parte más baja. Para ello se aplica primero el menú *Analisis* opción *Compute* y después la opción *Interprete* para que aparezcan los resultados que presentamos a continuación:

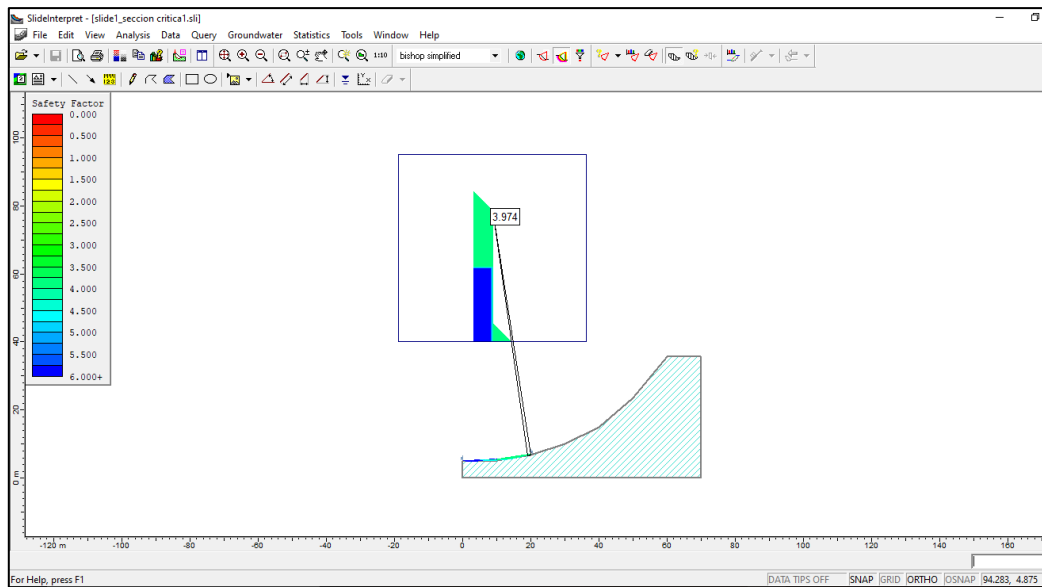


Fig. 56 Programa Slide- Método de Bishop simplificado-Primera etapa.

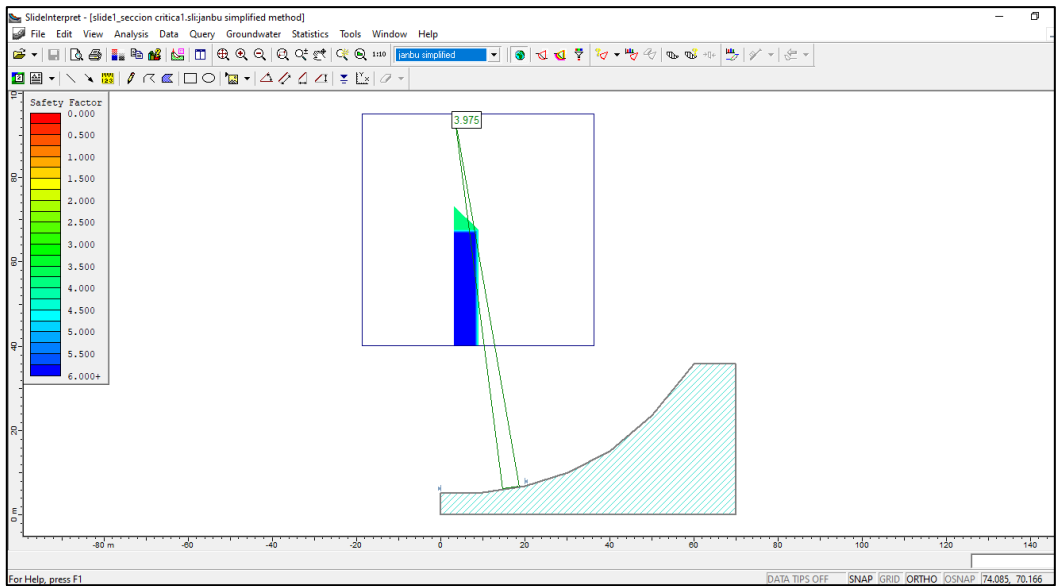


Fig. 57 Programa Slide- Método de Jambu simplificado-Primera etapa.

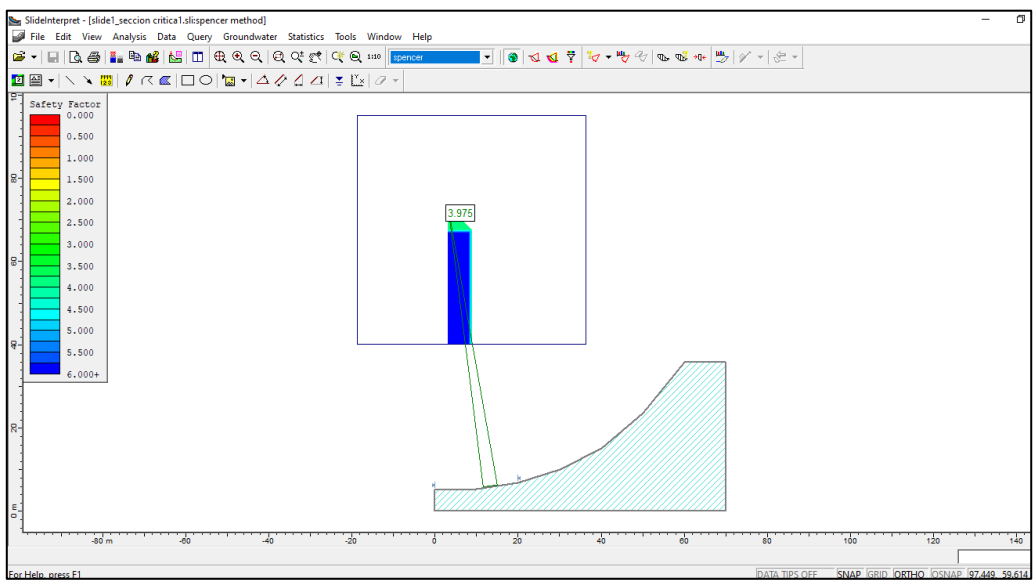


Fig. 58 Programa Slide- Método de Spencer-Primera etapa.

Para realizar la modelación de las otras etapas se siguieron los mismos pasos anteriores y con ello se lograron los siguientes resultados:

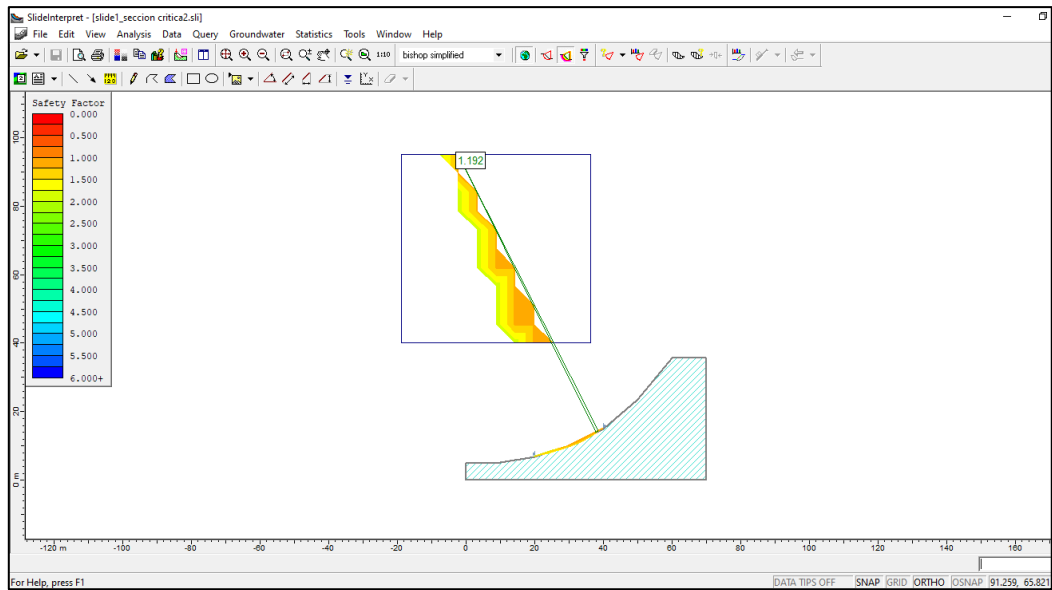


Fig. 59 Programa Slide- Método de Bishop simplificado -segunda etapa.

Para terminar de presentar los resultados de esta primera modelación por el método de SLIDE, se hicieron los cálculos para la tercera etapa, obteniéndose valores menores a lo exigido por el reglamento por lo cual no cumple. Presentamos el resultado por el método de Bishop simplificado.

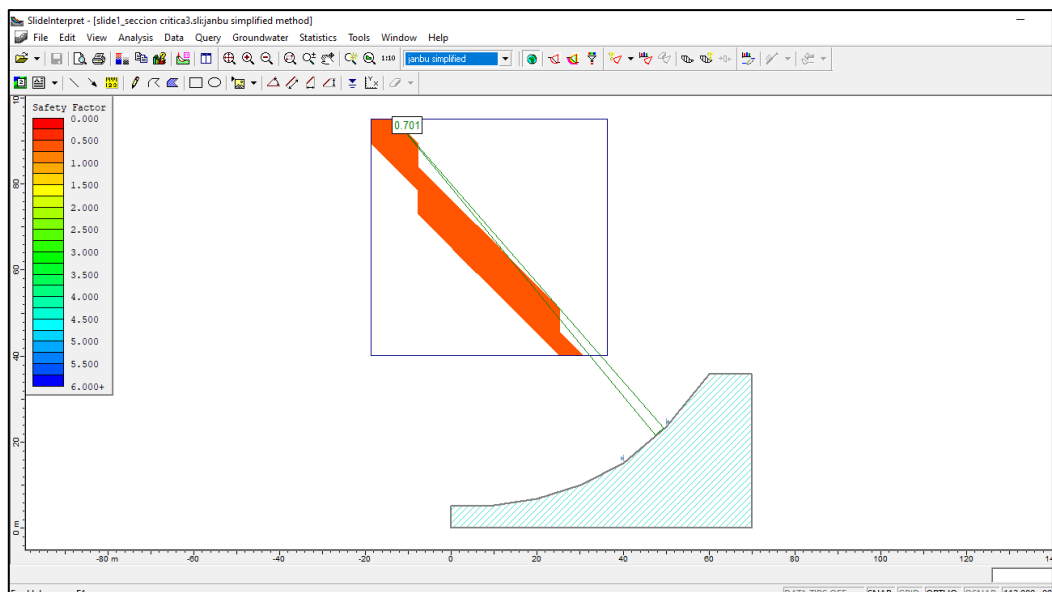


Fig. 60 Programa Slide-Método de Bishop simplificado - tercera etapa.

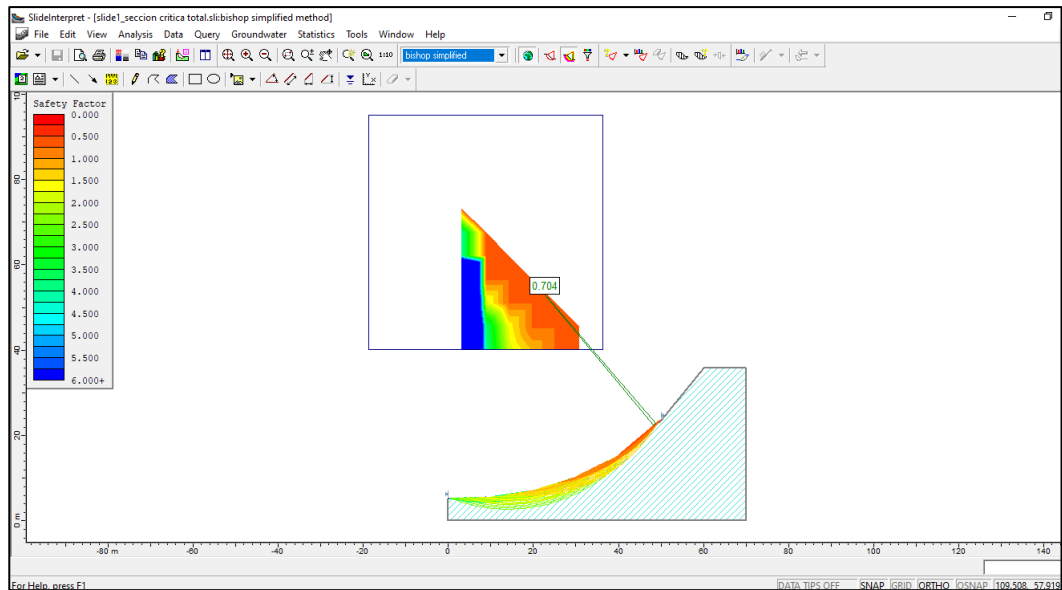


Fig. 61 Programa Slide- método de Bishop simplificado -Tercera etapa- círculos de falla.

### 3.1.4.3 Evaluación geo informática del factor de seguridad de los taludes

En este punto, presentamos los resultados de las evaluaciones del factor de seguridad del talud crítico aplicando sismo y a su vez presentamos una evaluación con el programa GEO5 considerando la inclusión de un *cuerpo rígido* en la tercera etapa que es donde el factor de seguridad no cumple las normas internacionales y nacionales.

#### Consideraciones para la modelación con Sismo

La estabilidad sísmica de un talud está fuertemente influenciada por su estabilidad estática. Actualmente los métodos más utilizados para análisis estático de estabilidad de taludes son:

- a) Los análisis basados en equilibrio límite
- b) Los análisis esfuerzo-deformación.

Los análisis de equilibrio límite consideran el equilibrio de fuerzas y/o momentos de una masa de suelo sobre un plano potencial de falla. Este análisis tiene cierta simplificaciones:

- El suelo sobre la potencial superficie de falla se asume rígida (*lo cual implica que el corte se puede desarrollar únicamente sobre la superficie de falla*).
- Se asume que la resistencia por corte disponible se moviliza en la misma proporción en todos los puntos a lo largo de la superficie de falla.
- El factor de seguridad se considera constante a lo largo de toda la superficie de falla.

- El análisis de equilibrio límite no suministra información respecto a las deformaciones del talud.

En el análisis sísmico de Estabilidad de Taludes intervienen los siguientes aspectos:

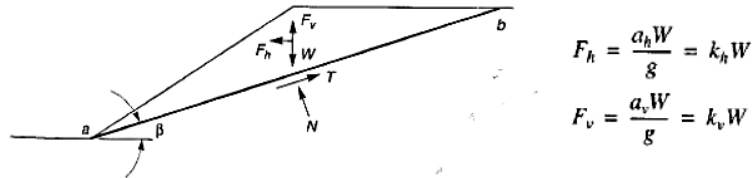
- 1) Los esfuerzos dinámicos inducidos por el terremoto.
- 2) Los efectos de los esfuerzos en el comportamiento resistencia/deformación de los materiales del talud.

La inestabilidad sísmica puede ser agrupada en dos categorías:

- a) Inestabilidad Inercial: La resistencia al corte del suelo permanece relativamente constante, pero las deformaciones del talud se producen mediante excedencia temporal de la resistencia debido a esfuerzos dinámicos del sismo.
- b) Inestabilidad por Debilitamiento: El sismo debilita el suelo lo suficiente como para que el mismo no pueda permanecer estable bajo el efecto de esfuerzos inducidos.

### Análisis Pseudo - estático

Los efectos del sismo se representan mediante el uso de aceleraciones horizontales y verticales que se asumen constantes.



Donde:

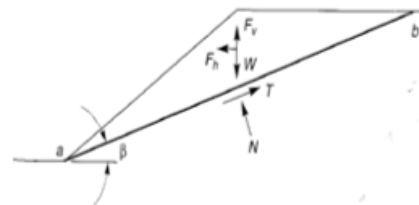
- $F_h, F_v$  = Fuerzas inerciales que actúan a través del centroide de la masa de suelo potencialmente inestable.
- $a_h, a_v$  = aceleraciones pseudoestáticas horizontal y vertical respectivamente.
- $k_h, k_v$  = coeficientes pseudoestáticos adimensionales de aceleración horizontal y vertical.
- $W$  = Peso de la masa de suelo potencialmente inestable.

El F.S. asociado al comportamiento con presencia de fuerzas sísmicas se obtiene mediante:

$$FS = \frac{c l_{ab} + [(W - F_v) \cos \beta - F_h \sin \beta] \tan \phi}{(W - F_v) \sin \beta + F_h \cos \beta}$$

Donde:

- $c, \phi$  = Parámetros de resistencia al corte Mohr-Coulomb.
- $l_{ab}$  = Longitud del plano de falla.



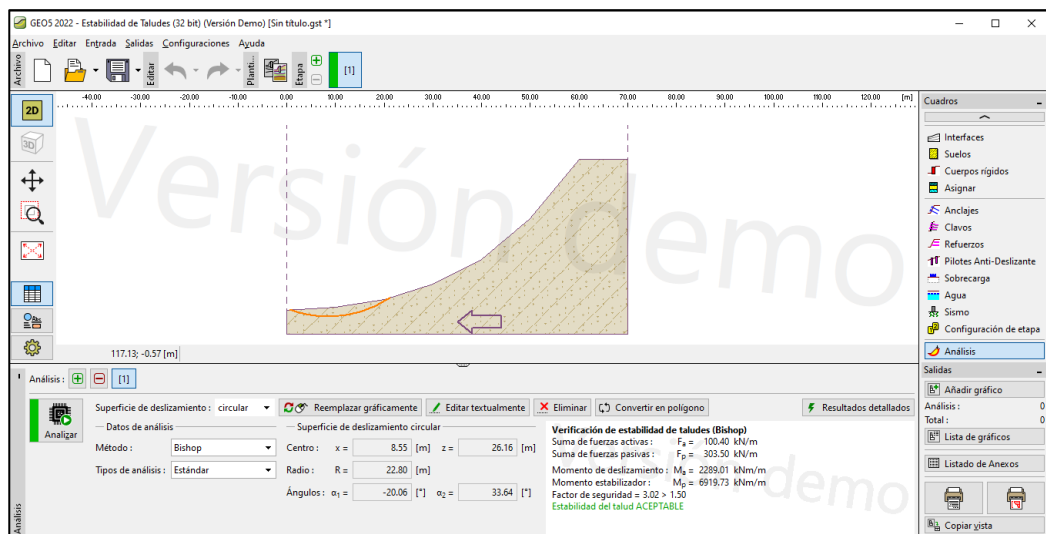
Estos análisis pueden ser efectuado en superficies planares, circulares y no-circulares

La fuerza “Fh” reduce el factor de seguridad (reduce la fuerza resistente para  $\phi > 0$ ) e incrementa la fuerza desestabilizadora sobre el talud.

La fuerza vertical, por lo general, tiene poca influencia en el cálculo del factor de seguridad debido a que reduce (o incrementa, dependiendo de la dirección) tanto la fuerza desestabilizadora como la fuerza resistente. El efecto de la aceleración vertical, por lo general, no se tiene en cuenta en análisis pseudo - estáticos.

Para iniciar la modelación podemos seleccionar los coeficientes pseudo estáticos horizontales de Terzaghi (1950):  $K_h=0.1$  (Terremotos severos),  $K_h=0.2$  (Violentos, Destructivos),  $K_h=0.5$  (Catastróficos destructivos) y los coeficientes pseudo estáticos verticales de Marcuson (1981):  $\frac{1}{2}$  a  $\frac{1}{3}$  de la aceleración horizontal máxima.

Aplicando los fundamentos teóricos y eligiendo la opción de *Terzagui* para sismos severos que corresponden a la zona, presentamos los resultados de la modelación para las tres etapas, las dos primeras cumplen con las normas nacionales e internacionales y la tercera no cumple:



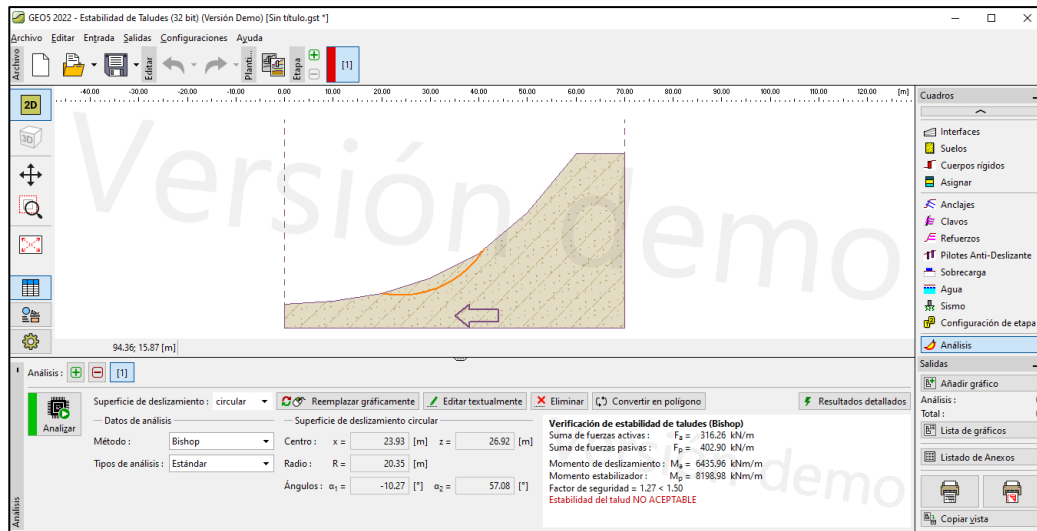


Fig. 63 Programa GEO5-Método de Bishop –Segunda etapa –Aplicando Sismo.

Para la modelación del tercer tramo con sismo, presentamos los resultados con la opción de todos los métodos que considera el GEO5, sin embargo, en el cuadro de resultados finales solo tomaremos en cuenta los métodos que hemos seleccionado.

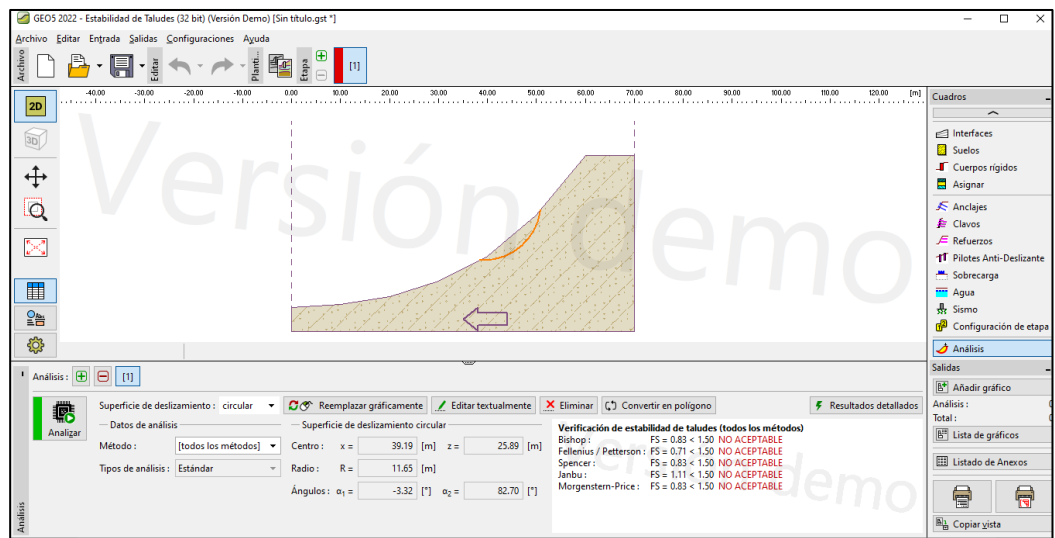


Fig. 64 Programa GEO5 - Método de Bishop –Tercera etapa – Aplicando Sismo

### Consideración para la modelación con refuerzos y cortes

Diversas son las opciones que nos brinda la bibliografía y las experiencias de campo para resolver el problema de inestabilidad de taludes, tal como sucede con el tercer tramo del talud analizado; pero para poder desarrollar las propuestas de restauración de riberas, debemos primeramente estabilizar el talud.

La primera consideración, es diseñar corte del terreno, es decir bajar la pendiente de acuerdo a futuras terrazas que se pueden plantear, en nuestro caso en el tramo de 40 a 60 metros, se modelo varios cortes a diversas alturas y con diversas pendientes logrando resultados positivos con 6.50 metros.

Posteriormente se colocó un refuerzo rígido (muro de piedra) a diferentes alturas, logrando la pendiente final del talud a una altura de 3.00m. Los *cuerpos rígidos* se introducen en el programa como regiones con alta resistencia por lo que no pueden cruzarse con una superficie de deslizamiento.

A continuación, presentamos los resultados de las medidas para estabilizar el talud y poder realizar la restauración de las riberas en la quebrada. Primeramente, el procedimiento para realizar los cortes de terreno y generar las terrazas en la tercera etapa, se inició identificando el ancho a cortar en la parte superior, tratando de generar banquetas.

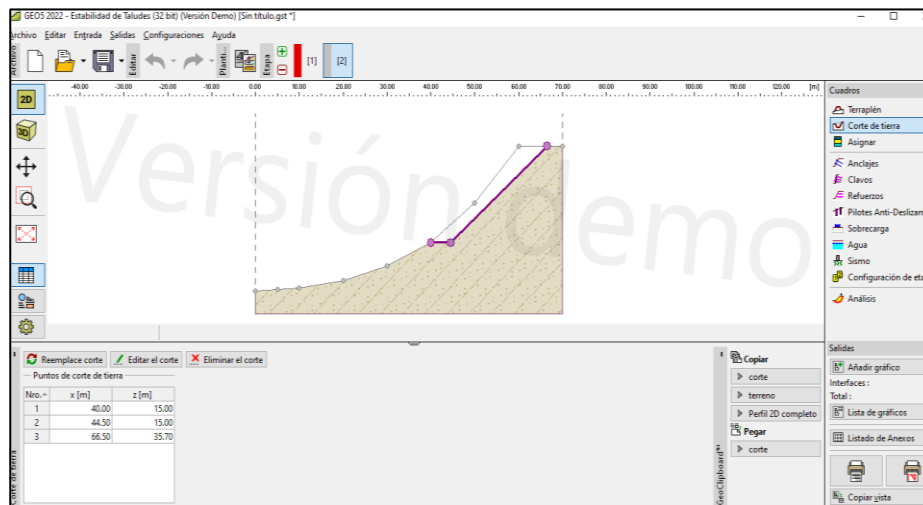


Fig. 65 Programa GEO5 - Corte de tierra – Coordenadas.

Luego, se trabajó con las interfaces para adecuar el corte al futuro cuerpo rígido que se diseñó.

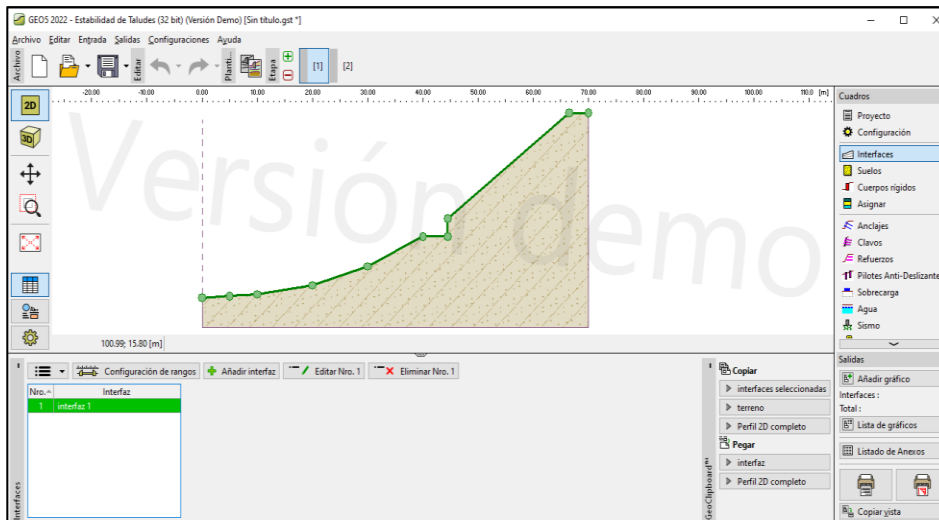


Fig. 66 Programa GEO5 - Interfaces - Coordenadas para cuerpo rígido.

Por lo cual, se creo una interfaz 2 para el cuerpo rígido ingresando las coordenadas respectivas.

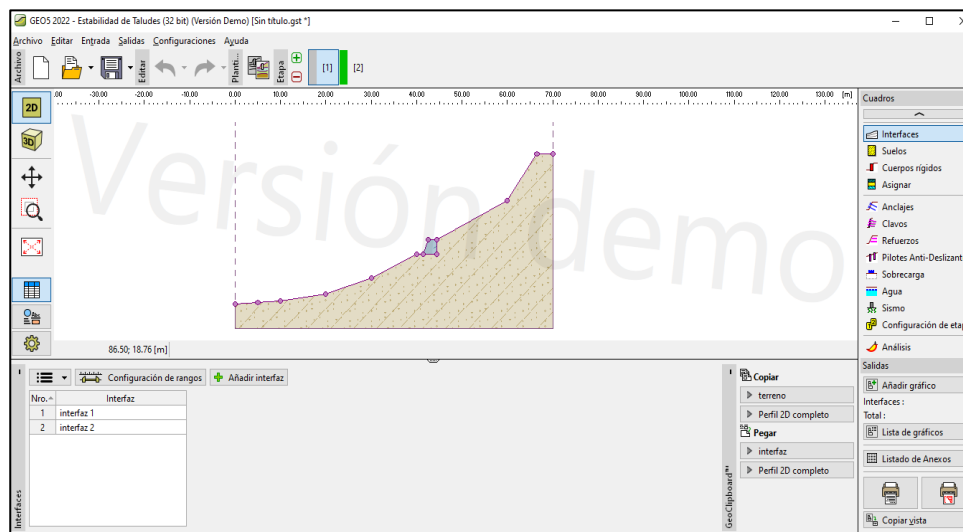


Fig. 67 Programa GEO5 -Interfaces para el cuerpo rígido.

A continuación, se activó la opción Asignar para ingresar los datos del material a la segunda interfaz y así contar con el cuerpo rígido que funcionara con un muro de sostenimiento y mejorar la pendiente del talud en esta etapa.

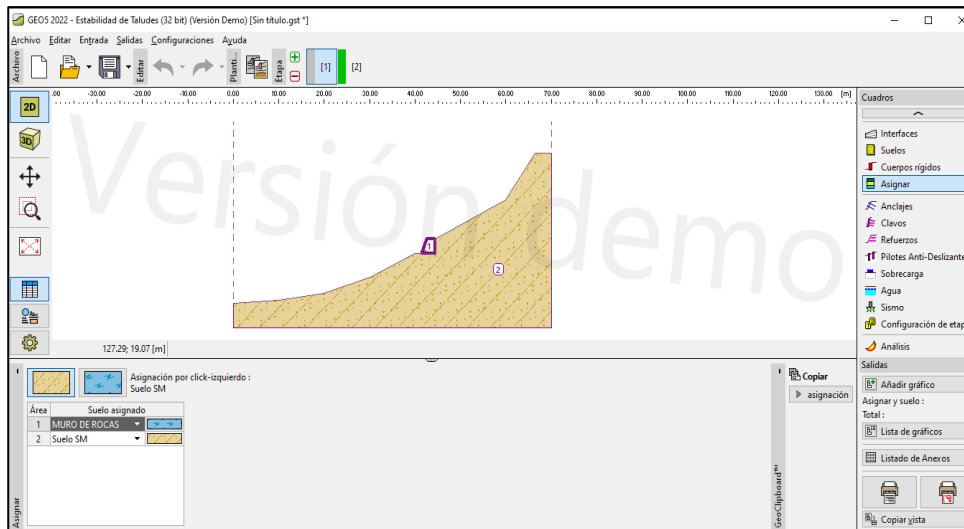


Fig. 68 Programa GEO5- Asignar - interface 2.

Ingresados todos los datos se procedió a la modelación por el método de Bishop simplificado con radio de falla circular, obteniéndose el factor de seguridad de  $1.93 > 1.5$  con lo cual el talud cumple con su estabilidad.

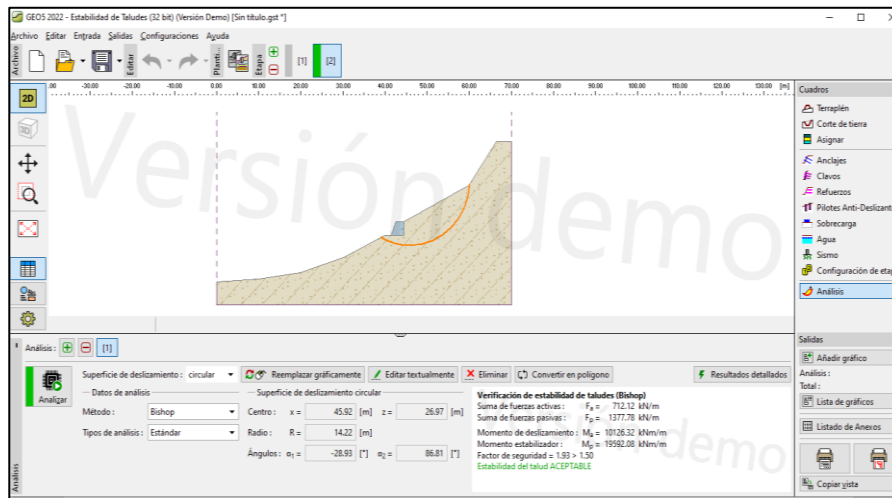


Fig. 69 Programa GEO5-Análisis- Método bishop simplificado - Cuerpo rígido.

Luego se realizó la modelación del mismo tramo con el cuerpo rígido pero esta vez con Sismo y se obtuvo como resultado el factor de seguridad de  $1.58 > 1.5$  lo cual también cumple en estas condiciones la estabilidad.

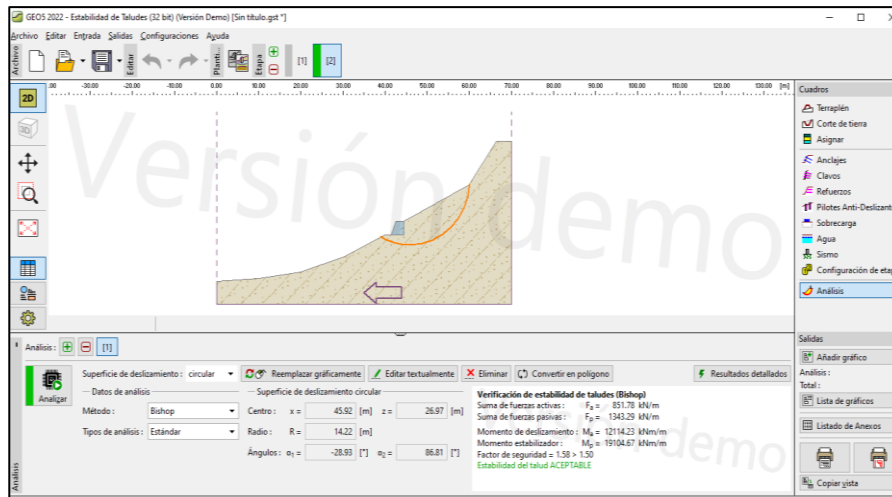


Fig. 70 Análisis –Aplicando sismo - Cuerpo rígido.

Para ratificar los resultados obtenidos por el método de Bishop, se calculó el factor de seguridad por todos los otros métodos que nos permite el programa GEO5 y los resultados fueron todos mayores a 1.5, ratificándose que esta alternativa si cumple con las condiciones de estabilidad.

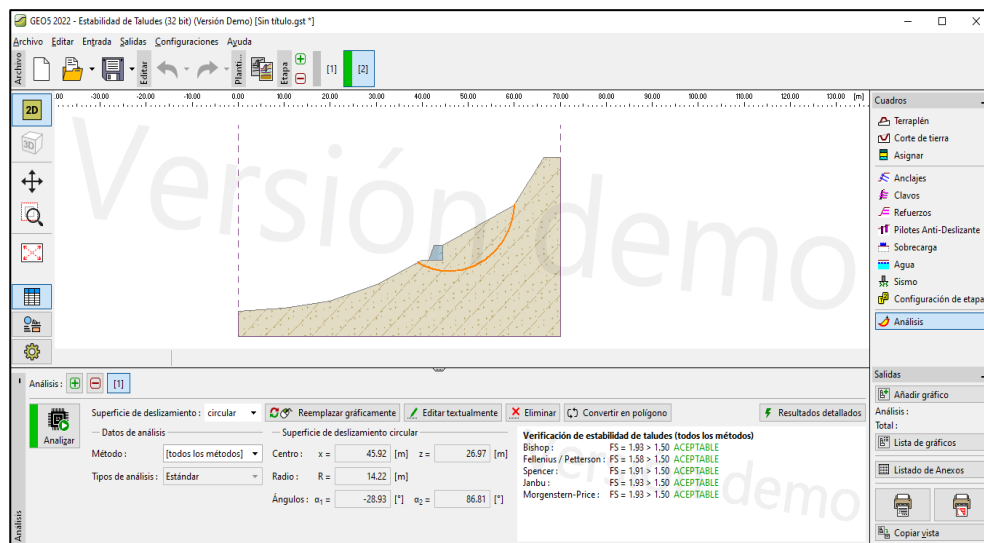


Fig. 71 Programa GEO5-Análisis de todos los métodos –cuerpo rígido.

Finalmente, se realizó la modelación con Sismo para todos los métodos y la mayoría de los resultados fueron mayores a 1.5, con la excepción del método de Fellenius que en nuestro caso no se aplica, ya que mayormente procede para suelos cohesivos.

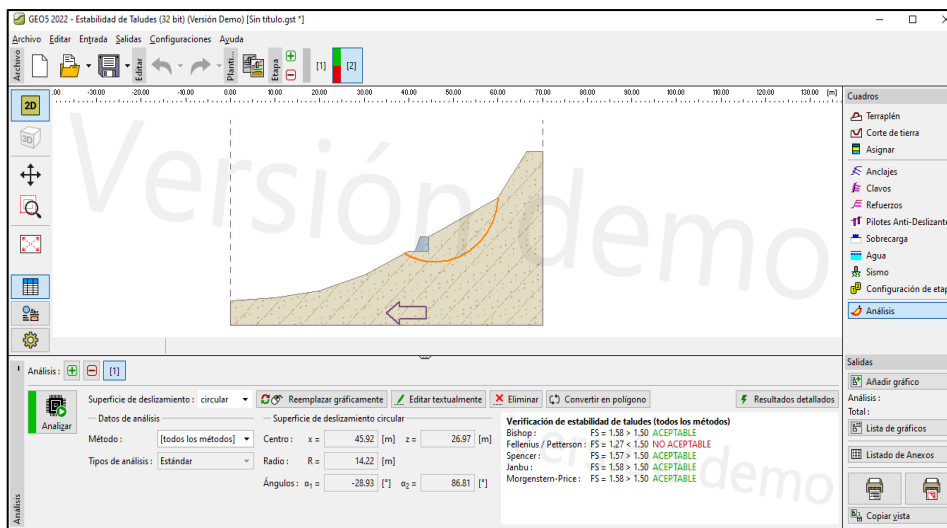


Fig. 72 Programa GEO5 – Análisis de todos métodos -Aplicando Sismo-Cuerpo rígido.

A continuación, presentamos los cuadros resumen de los resultados de las modelaciones realizadas para el cálculo del factor de seguridad del talud crítico estudiado, incluyendo su estado inicial a condiciones normales, luego incluyendo sismo y finalmente incluyendo muros de refuerzo en la zona determinada donde no cumple.

Tabla VII Resumen de los resultados aplicando GEO5

METODOS DE EQUILIBRIO LIMITE	MODELAMIENTO CON GEO5 - Factor de Seguridad		
	1era Etapa	2da Etapa	3era Etapa
Bishop	5.78	1.63	0.98
Fellenius*	5.53	1.51	0.85
Jambu	5.78	1.63	1.15
Spencer	5.78	1.63	0.97
Morgensen - Price	5.78	1.63	0.97

Tabla VIII Resumen de los resultados aplicando SLIDE

METODOS DE EQUILIBRIO LIMITE	MODELAMIENTO CON SLIDE –Factor se Seguridad		
	1era Etapa	2da Etapa	3era Etapa
Bishop	3.974	1.192	0.704
Jambu	3.975	1.192	0.701
Spencer	3.975	1.192	0.701

Tabla IX Resumen de los resultados aplicando GEO5 con SISMO

METODOS DE EQUILIBRIO LIMITE	MODELAMIENTO CON GEO5 INCLUYE SISMO		
	Factor de Seguridad		
	1era Etapa	2da Etapa	3era Etapa
Bishop	3.02	1.27	0.83

Tabla X Resumen de los resultados aplicando GEO5 con REFUERZO

METODOS DE EQUILIBRIO LIMITE	MODELAMIENTO CON GEO5 INCLUYE REFUERZO	
	Sin sismo	Con sismo
Bishop	1.93	1.58
Fellenius*	1.58	1.27
Jambu	1.93	1.58
Spencer	1.91	1.57
Morgensen-Price	1.93	1.58

\*Este método se aplica preferentemente para suelos arcillosos, que no es el caso.

### 3.2 Control de desbordes

Según INDECI [23], “El huayco es un fenómeno natural que se caracteriza por el desplazamiento violento de una gran masa de agua mezclada con lodo y grandes bloques de roca. Este desplazamiento ocurre a alta velocidad a lo largo de quebradas o valles. Los huaycos se originan en las zonas altas de las microcuencas, donde la saturación del suelo es elevada, y suelen ocurrir durante la temporada de lluvias.”.

Este fenómeno es recurrente en todas las quebradas de Chosica, especialmente en las quebradas de Pedregal, Santa Eulalia y Quirio, esta última es el lugar donde realizamos la investigación. Y según los antecedentes presentados anteriormente los desbordes en la quebrada se produjeron por avenidas extraordinarias de los huaycos en relación al fenómeno del niño.

Por lo cual debemos tomar en cuenta en la evaluación, la acción que generan estos flujos de agua y sólido, esto como un complemento al análisis de la situación desde el punto de vista de tomar en cuenta todos los aspectos que intervienen en las medidas de restauración de las riberas con fines de seguridad.

Utilizando las relaciones hidráulicas de la hidráulica fluvial, podemos determinar el ancho del cauce estable y otros parámetros. Para el cálculo se ha usado los valores señalados en el estudio hidrológico e hidráulico realizado por PREDES.

### Cálculo del ancho del cauce estable

Procedemos a calcular el ancho estable en el tramo de la quebrada investigada con un periodo de diseño de 100 años, estos eventos son clasificados como extraordinarios, por lo tanto, tenemos se consideramos un caudal de  $Q_{100} = 660.00 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Aplicando el Método de Blench - Altunin:

$$B = 1.81 \sqrt{\frac{Q * F_b}{F_s}}$$

Donde:

Q: Caudal de diseño = 660 m<sup>3</sup>/s

F<sub>b</sub>: Factor de fondo=1.20 (ver Tabla N°11)

F<sub>s</sub>: Factor de orilla =0.20 (ver Tabla N°11)

Tabla XI Coeficientes de factor de fondo y factor de orilla

B = 1.81(Q .F <sub>B</sub> /F <sub>S</sub> ) <sup>1/2</sup>	
FACTOR DE FONDO (FB)	FACTOR DE ORILLA (FS)
0.80 – MAT. FINOS (Dm <0.5 MM)	0.10 – MAT. SUELTOS
1.20 – MAT. GRUESOS (Dm >0.50 MM)	0.20 – MAT. LIGERAMENTE COHESIVOS
	0.30 – MAT. COHESIVOS

Reemplazando datos:

$$B = 113.90 \text{ m}$$

Aplicando el Método de Manning – Strickler:

$$B = (Q^{1/2}/S^{1/5}) * (n * K^{5/3})^{3/(3+5m)}$$

Donde:

S: Pendiente del tramo critico = 0.083

n: Coef. rugosidad cauce del Rio, con derrubio e irregular = 0.034

k: Coef. tipo de material, aluvial = 12

m: Coef. del cauce, ríos cauces aluviales = 0.5

Reemplazando datos:

$$B = 63.98 \text{ m}$$

De los dos (2) valores calculados tomamos el promedio por ser una quebrada irregular:

$$B = 88.92 \text{ m}$$

Cálculo del tirante máximo

Aplicamos la relación de Manning – Stricker:

$$t = [ Q / (K_s * B * S^{1/2}) ]^{3/5}$$

Donde:

Ks: Coef. del material del cauce natural, con derrubio irregular = 30 (tabla)

S: Pendiente del tramo critico = 0.083

B: Ancho del cauce estable = 88.92 m

Tabla XII Coeficiente del material del cauce natural (Ks)

Valores de Ks para cauces naturales	Ks
Cauce con fondo solido sin irregularidades	40
Cauce del rio con acarreo irregular	33-35
Cauces de ríos con vegetación	30-35
Cauces naturales con derrubio e irregularidades	30
Cauces de rio con fuerte transporte de acarreo	28
Torrentes con piedras de tamaño de una cabeza	25-28
Torrentes con derrubio grueso y acarreo movil	19-22

Reemplazando datos:

$$t = [ 660 / (30 * 88.92 * 0.083^{1/2}) ]^{3/5}$$

$$t = 0.92 \text{ m}$$

Con los datos del levantamiento topográfico (B=75m): t = 1.02 m

Cálculo de la altura del Dique recomendada:

La altura que tendrá el Dique de encauzamiento será:

$$H = t + B.L$$

Donde:

BL: Borde Libre, calculado por el programa RIVER = 1.98 m

$$H = 1.02 \text{ m} + 1.98 \text{ m}$$

$$H = 3.00 \text{ m}$$

CALCULOS HIDRAULICOS - DIQUES LATERALES

PROCESAR PAGINA IMPRIMIR

PROYECTO: TESIS: RESTAURACION DE RIBERAS EN CHOSICA

Informacion Inicial			Dimensiones del Dique		Diseño Preliminar Sugerido	
Caudal (Q)	P. Retomo	Pendiente	Forma Dique	Tipo de Suelo	D.Recto	D.Curva
660.00	100.00	0.08330	<input checked="" type="radio"/> Recto <input type="radio"/> Curva	<input checked="" type="radio"/> No Cohesivo <input type="radio"/> Cohesivo	Ancho Corona (m)	1.50
Ancho Estable del Cauce (B)			Dm (mm)	Radio Curva	Altura Dique (m)	3.00
Recomendacion Practica			40.00		Altura Enrocado	2.80
Metodo de Petts			Metodo de U. List Van Levedev		Altura Uña (m)	2.30
79.37					Ancho de Uña (m)	3.40
Metodo de Simons y Hardison			Dique en Recta		Altura Total (m)	5.30
74.50			Dique en Curva			
Metodo de Drench y Altun			Tirante de Socavacion (m)			
93.00			3.29			
Metodo de Manning y Stickler			Profundidad de Socavacion (m)			
63.93			2.26			
Seccion Teorica del Cauce			Altura de Uña			
Metodo de Manning			2.30			
Plantilla (B)			Altura de Dique			
75.00			3.00			
Tirante (Y)			Altura Total (m)			
1.02			5.30			
Ancho (T)						
77.05						
Talud (Z)						
1.00						
Area (A)						
77.85						
Perimetro						
77.90						
B. Libre (B)						
1.98						
Velocidad						
8.485						
Nº Froude						
2.677						
Rugosidad						
0.0340						

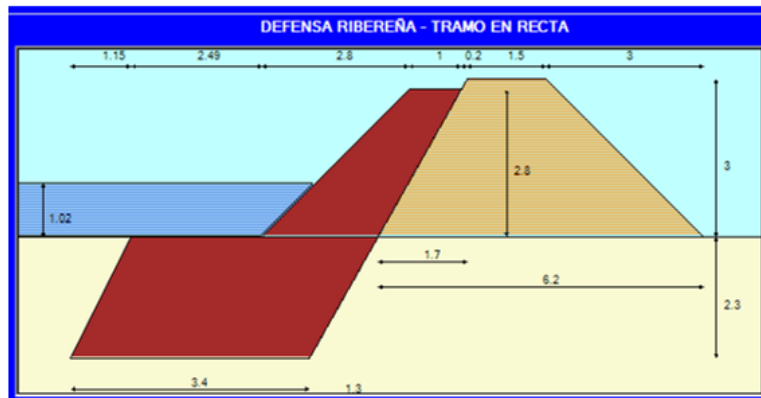


Fig. 73 Pantallas del Programa RIVER -Ancho estable, tirante, altura del Dique, socavación y enrocado de protección.

## IV: DISCUSION

### 4.1 Propuesta para la restauración de riberas

Según SENAMHI [26],

“Comprendemos que los procesos de remoción en masa o movimiento en masa tienen grandes repercusiones en el territorio nacional. Estas repercusiones están principalmente relacionadas con la intensidad de la precipitación, que interactúa estratégicamente con las condiciones de vulnerabilidad física de la cuenca. Estas condiciones están vinculadas principalmente a características geológicas como la pendiente del terreno, el tipo de suelos y las zonas deforestadas y degradadas. Esta combinación de factores da origen a diversos tipos de flujos de lodo y materiales a lo largo de las laderas de la cuenca, generando impactos significativos en la infraestructura civil y en la población. Estos impactos pueden ser adversos y causar daños considerables en la región afectada.”. [26]

Esta situación que se presenta en varios lugares del territorio nacional, se agudiza en la zona de la investigación, por lo cual se hizo necesario analizar el estado actual del talud y la quebrada; y a partir de allí identificar propuestas viables que garanticen la seguridad de la población asentada en las inmediaciones en forma sostenible.

A continuación, presentamos algunas propuestas que consideramos pertinentes luego de la evaluación de experiencias anteriores nacionales e internacionales, así como de la revisión bibliográfica practicada.

#### 4.1.1 Estabilidad y protección longitudinal

Camero Iriarte et. al. [27] menciona que “Las riberas desempeñan un papel fundamental en los ecosistemas fluviales, ya que funcionan como una zona de transición entre el medio acuático y el entorno terrestre circundante. Son consideradas como ecotonos, donde se produce una interacción hidrológica entre el agua y el suelo. Estas áreas comparten y participan activamente en el ciclo del agua, el transporte de sedimentos y el ciclo de nutrientes.”.

Lo cual ratifica la importancia de estudiar los procesos y componentes de las riberas tanto en río o quebradas, como en nuestro caso.

Mas adelante expresa que “La restauración fluvial comprende un conjunto de acciones destinadas a restituir la estructura y el funcionamiento de un río como ecosistema, de acuerdo con los procesos y la dinámica que le corresponderían en condiciones naturales o que se establecen como referentes de un buen estado ecológico.” [26].

En ese sentido la evaluación del comportamiento de los taludes de la ribera y de la quebrada propiamente nos permiten realizar las siguientes propuestas:

#### Muros de Contención en Taludes

De los resultados del análisis de estabilidad de taludes aplicando los métodos de equilibrio limite, se identifica que los dos primeros tramos (etapas) analizados comenzando desde la parte baja, son estables por su configuración topográfica y por la dinámica de los materiales que la constituyen, expresado por factores de seguridad mayores a 1.5 lo que garantizan su estabilidad.

Sin embargo, el tercer tramo (etapa) en la parte más alta del talud es inestable porque su factor de seguridad está por debajo de uno (1), siendo muy inestable.

Ante ello se modelo un corte de terreno para bajar la pendiente del talud y se le coloco un muro de refuerzo con material pétreo logrando que el factor de seguridad supere el valor de 1.5 en condiciones sin sismo y con sismo.

Por ello, proponemos el corte del terreno y la construcción muros de contención longitudinales de material pétreo, como mínimo de una altura de 3 metros en las cotas indicada en los planos para la tercera etapa. Además, en la etapa 2 recomendamos colocar muros de contención longitudinales en la cota baja de esta etapa, pero con muros de 1.5 metros como mínimo como medida de seguridad.



Fig. 74 Muros de contención de piedra - Distrito de Ricardo Palma en Lima

#### Enrocado de encauzamiento en quebrada

En los resultados del análisis de control de quebradas, se estableció que existe un flujo de agua y lodo periódico que se activa con las precipitaciones estacionales y se vuelve crítico por los eventos extraordinarios en la zona de investigación; esto produce “huaycos” con caudales del orden de los 660 m<sup>3</sup>/seg para un periodo de retorno de 100 años, velocidades

superiores a 8 m/seg y un numero de Froude mayor a 2.5, es decir son volúmenes extraordinarios y velocidades erosivas que generan desbordes y daños a las riberas adyacentes, comprometiendo los taludes.

Por lo cual proponemos que se debe construir una estructura de protección longitudinal en la parte baja de la etapa 1 donde se une con el fondo de la quebrada, consistente en un enrocado de 3 metros de altura desde el fondo y 2.30 metros de profundidad de la uña de protección contra la socavación, siendo en total una estructura de 5.30 metros. También proponemos que en las zonas críticas se garantice un ancho estable del cauce de la quebrada de 75 metros en promedio para mantener constantes las variables hidráulicas.



Fig. 75 Enrocados en la quebrada - Distrito de Los Molinos en Ica.

#### 4.1.2 Obras de protección transversal

Las obras de protección propuestas en el punto anterior, deben ser complementadas con obras de protección transversal para que se garantice la seguridad total de la zona, por lo tanto, proponemos:

##### Diques deflectores

Son muros transversales de piedra sentada con mortero, que si son pequeñas las quebradas pueden cubrir todo el ancho a distancias de 10 metros a 25 metros aguas abajo. La altura dependerá de la forma de la sección transversal de la quebrada, pudiendo ser de 2 a 3 metros. Se acostumbra dejar una rebaja en el centro a modo de vertedero.

Si la quebrada es un poco ancha, se recomienda colocar los muros transversales en forma de “riflería”, es decir empotrado en un solo lado de la quebrada y que cubra mas del 50% del ancho, el muro siguiente aguas abajo debe anclarse en el lado opuesto de la quebrada y cubrir también más del 50% del ancho y así sucesivamente.

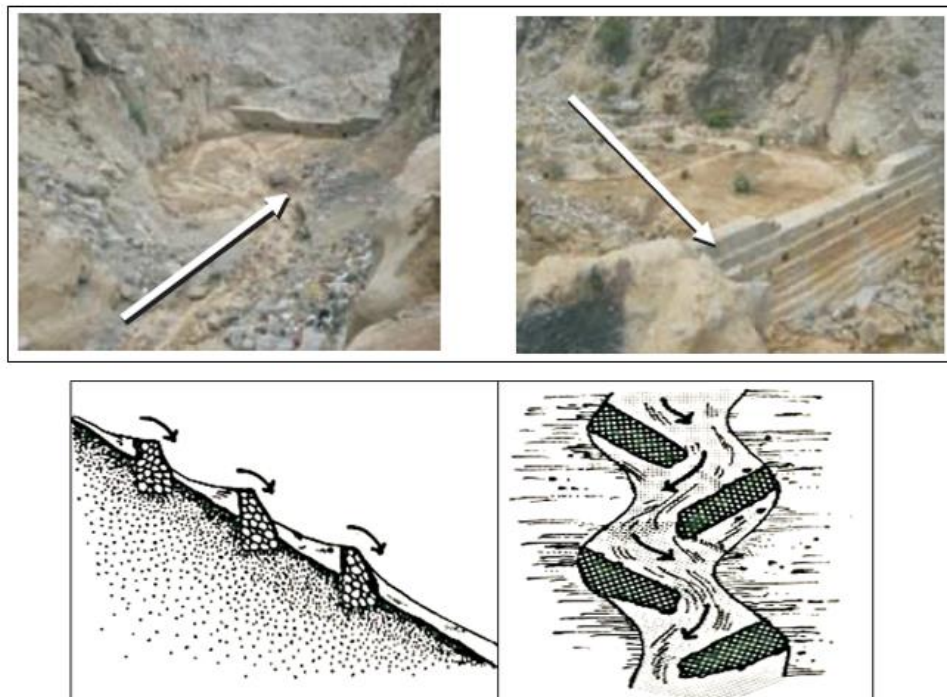


Fig. 76 Arriba ,diques deflectores en la quebrada de pedregal -Abajo , diques en forma de rifleria (zigzag).

### Mallas metálicas de protección

Son protecciones transversales a las pequeñas quebradas que se conectan a la quebrada principal, compuesta por estructuras metálicas flexibles con el fin de protección contra el flujo de detritos, esto se logra con un sistema de anillos metálicos de alta resistencia que forman una malla, cables de soporte en el contorno y anclajes flexibles de cable espiroidal.

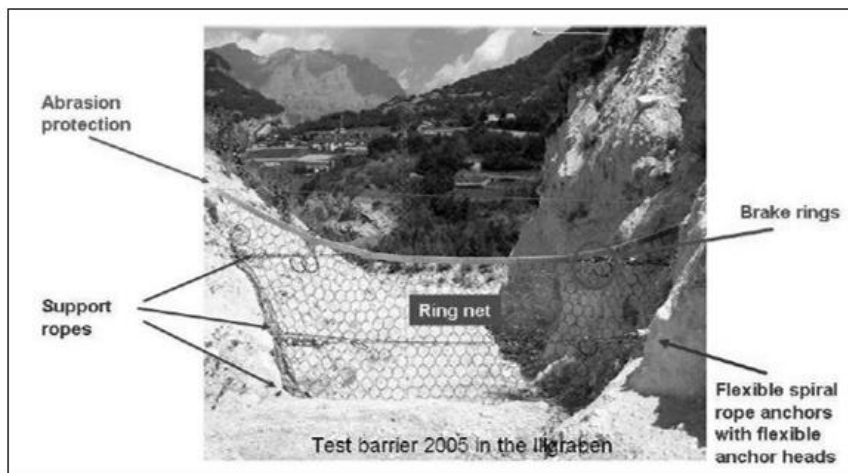


Fig. 77 Arriba, foto frontal de mallas metálicas.-Abajo, foto lateral

#### 4.2 **Discusión de los resultados**

La discusión se ha realizado aplicando el análisis entre los resultados y las metas planteadas en los objetivos y estos contrastados con la hipótesis y los antecedentes de la investigación.

1. De acuerdo al objetivo 1, la primera meta fue “Identificar la relevancia de los estudios topográficos y de geotecnia en la restauración de riberas aplicando

métodos de equilibrio limite”, en relaciona ello, las verificaciones topográficas demostraron que son imprescindibles para la aplicación de los métodos de equilibrio limite, pues determinaron el perfil geométrico del talud, sin lo cual no se hubiese identificado las tres etapas de análisis; y en referencia a las verificaciones geotécnicas, los resultados de los ensayos de suelos fueron totalmente necesarios para determinar los factores de seguridad, tanto en estado normal como con sismo e incluso para el caso con refuerzo para la tercera etapa. Ahora, en relación a la contrastación de la relevancia de los resultados topográficos y geotécnicos para la definición de los procesos de restauración de riberas, Sackschewski [27] en su investigación sobre soluciones a la estabilidad de taludes, confirma que los ensayos fueron determinantes en la aplicación del método de equilibrio limite y que los procesos de corte de terreno identificados en el levantamiento topográfico crearon inestabilidades.

2. El objetivo 2 plantea como meta “Calcular el factor de seguridad más óptimo para la restauración de riberas aplicando métodos de equilibrio limite”, en la parte concerniente a la aplicación de los métodos de equilibrio limite hemos utilizado las herramientas geo informáticas GEO5 y SLIDE y calculado todos los factores de seguridad posibles para los escenarios sin sismo y con sismo, obteniendo en los cuadros resumen el factor de seguridad más óptimo, que nos permitió proponer en el siguiente punto medidas de restauración a las riberas y a la quebrada. En esa medida, Barrero [28] explica en los antecedentes que el cálculo de los factores de seguridad mediante los métodos de Jambu y Bishop pueden salir mayores de 1 pero menores de 1.5 lo que se identifica como talud inestable, pero nosotros hemos obtenido valores mayores a 1.5 en todos los casos incluidos con sismo y colocando refuerzos en la tercera etapa, lo que garantiza procesos sostenibles en la restauración de las riberas. Por ello, se ratifica que el factor de seguridad más óptimo es el que garantiza procesos sostenibles de restauración de riberas aplicando métodos de equilibrio limite.
3. En cuanto al objetivo 3, que es Determinar las medidas de estabilidad y protección de riberas que influyen en el control de desbordes en el A.H. Nicolas de Piérola – Chosica - región Lima, los resultados obtenidos nos permitieron precisar las propuestas más adecuadas que se resumen en construir muros de contención obligatoriamente en la cota de la tercera etapa del talud y adicionalmente un enrocado en la etapa 1 parte baja zona de la quebrada. Esto se complementa con

diques transversales y mallas metálicas de protección. Es decir, se comprueba que la determinación de las medidas de estabilidad y protección de riberas influyen en el control de desbordes en el A.H. Nicolas de Piérola – Chosica - región Lima; a ello debemos agregar lo mencionado por Castro, García, Sackschewski et. Al [29], [30] y [27] sobre la necesidad de las obras de protección y su influencia directa y positiva en la protección de riberas y el control de desbordes.

## V: CONCLUSIONES

Las conclusiones son las proposiciones finales de todo el argumento desarrollado en la presente investigación, y son las siguientes:

- ❖ La población de la presente investigación es finita y corresponde al tramo de ribera de las márgenes izquierda y derecha de la quebrada del A.H. Nicolas de Piérola, que se inicia a 38.50 metros aguas arriba de los muros frontales del Cementerio sobre el eje de la quebrada en la cota 1000 y se extiende aguas debajo de la quebrada con una longitud de 450 metros.
- ❖ La muestra no probabilística intencional ha sido la sección transversal de talud más crítica, tomando en cuenta las condiciones topográficas, geotécnicas, hidrológicas e hidráulicas, ubicada a 43 metros aguas abajo del puente colgante del sistema de agua potable en la progresiva 0+178 (a 178m del punto inicial de la investigación) en la cota 985 msnm y que corresponde a la sección 4-4.
- ❖ Del estudio de suelos, se ha considerado para la evaluación como la parte media, corresponde a la muestra M-3, con suelos SM areno limosos, cuenta con algunas áreas ocupadas por viviendas en forma dispersa y precaria, lo que definió esta sesión como la sección crítica a modelar.
- ❖ Del análisis de estabilidad del talud aplicando el modelo GEO5 sin sismo, se concluye que los factores de seguridad para los métodos de equilibrio límite de Bishop, Fellenius, Jambu, Spencer y Morgenstern -Price, en la parte baja del talud es de 5.78, en la parte media de 1.63 y en la parte alta 0.98 menos de 1.5, es decir esta última no cumple con lo establecido en la Norma CE – 020. Es necesario aclarar que el método de Fellenius no fue tomado en cuenta pues su aplicación mayormente corresponde a suelos arcillosos, que no es el caso de la presente investigación.
- ❖ Del análisis de estabilidad de taludes aplicando el modelo SLIDE sin sismo, se concluye que los factores de seguridad para los métodos de equilibrio límite de Bishop, Jambu y Spencer, en la parte baja del talud es de 3.97, en la parte media de 1.19 y en la parte alta 0.704 menos de 1.5, es decir en las dos últimas no cumple con lo establecido en la Norma CE – 020.
- ❖ Del análisis de estabilidad de taludes aplicando el modelo GEO5 con sismo, se concluye que los factores de seguridad para los métodos de equilibrio límite de Bishop, Fellenius, Jambu, Spencer y Morgenstern -Price, en la parte baja del talud es de 3.02, en la parte media de 1.27 y en la parte alta 0.83, es decir en la última no cumple con lo establecido en la Norma CE – 020, aclarando que para el caso de sismo la norma acepta el valor de 1.2 como mínimo.

- ❖ Del análisis de estabilidad de taludes aplicando el modelo GEO5 con sismo, corte de terreno y refuerzo con muro solamente en la parte alta que no cumple con el factor de seguridad mínimo, se concluye que los factores de seguridad para los métodos de equilibrio límite de Bishop, Fellenius, Jambu, Spencer y Morgenstern -Price, es de 1.57 y 1.58 respectivamente a excepción de Fellenius con 1.27 pero ya se aclaró que este método no aplica. Pero para irnos por la seguridad reiteramos que la Norma CE – 020, para el caso de sismo acepta el valor de 1.2 como mínimo. En conclusión, con esta alternativa de solución el talud más crítico es estable.
- ❖ Con respecto al control de desbordes se concluye que se debe ejecutar el encauzamiento en la zona estudiada, que comprenda garantizar el ancho del cauce estable de la quebrada con 75 metros de ancho, lo cual nos garantiza que la velocidad, tirante y caudal máximo permanezcan constantes y de esa manera diseñar las obras de protección, especialmente la altura. Se verifica que existe una velocidad erosiva que supera los 8 m/seg con caudales de 660 m<sup>3</sup> /seg para un periodo de retorno de 100 años, que provoca una socavación de 2.30m.
- ❖ Ante la situación identificada en el talud y en la quebrada, se propone la construcción de obras de protección longitudinales tales como: Muros de Contención en la parte media y alta, en esta última con carácter obligatorio de una altura de 3m. En la parte media a modo de reforzar ya que por en la modelación con el SLIDE existen factores de seguridad por debajo de 1.5, se debe construir muros de contención de 1.5 metros. También se deben construir un enrocado en ambas márgenes de 150 metros y de 3 m de altura para controlar el tirante máximo de 1.02 m, con unauña de cimentación de 2.30m para evitar las acciones socavación.
- ❖ Además, se propone construir diques deflectores o transversales en forma de riflería (zigzag) para quebradas medianamente anchas que tributen a la quebrada principal, serán de piedra asentada con mortero y con pequeño vertedor trapezoidal en la parte superior central. Y para las quebradas angostas, colocar barreras con mallas metálicas de anillos de acero y anclajes con cables de alta resistencia.

## VI: RECOMENDACIONES

Como un complemento a las propuestas centrales de restauración de riberas en la quebrada del A.H. Nicolas de Piérola, se recomienda:

- ❖ Como las riberas se encuentran comprometidas con algunas viviendas, en la margen izquierda debe zonificarse para diseñar vías y zonas verdes en las áreas libres y controlar la instalación de viviendas en zonas muy sensibles como parte baja de los conos de deyección de las pequeñas quebradas tributarias a la quebrada principal.
- ❖ Generar proyectos de intervención en quebradas como enfoque ecológico, ya que la topografía de la quebrada en la mayoría es accidentada, en algunos casos con difícil acceso lo que determina una condicionante frente a la ecología de quebrada. La vegetación en ecosistema de ríos o quebrada juega un papel fundamental en su ciclo ecológico.
- ❖ Siembra de vegetación nativa, ya que las bandas de reforestación en suelo erosionado, ayudan a restaurar los bosques autóctonos, estas intervenciones deben realizarse siguiendo las curvas de nivel.
- ❖ Reubicación de viviendas, ya que existen construcciones informales que se deben desmontar, porque interrumpen la ecología de la quebrada y la visión de ser un “bien” público. Por otra parte, existen construcciones dentro de la margen de protección, que alteran el ciclo ecológico.
- ❖ Promover programas de reducción de la vulnerabilidad sísmica en edificación con el reforzamiento de viviendas de adobe con mallas electro soldadas y otras técnicas alternativas.

## VII: REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] A. J. Sandoval Ricci, Evaluación del riesgo por geodinámica externa y propuesta de medidas estructurales y no estructurales en la microcuenca de Pampachecta, 2017, Lima: Universidad Nacional Federico Villareal, 2019.
- [2] F. M. Mas, «Las riberas fluviales,» *Ambienta*, vol. I, n° 104, pp. 90-101, 2013.
- [3] D. E. Canales Rivas, y . Y. S. Cornejo Falcón, Influencia de la geotécnica en la vulnerabilidad de las quebradas secas en Chosica, Lima: Universidad Ricardo Palma, 2014.
- [4] S. Araújo Ortega, Estabilización de talud en la vía Cahuají-Pillate-Cotaló empate (Ambato-Baños) en el tramo entre los PKs 3+900 a 4+180 (Pichincha, Ecuador), Valencia: Universidad Politecnica de Valencia, 2016.
- [5] K. F. U. Madrigal, Alternativas para la estabilización de taludes en el cantón de León Cortés, Cartago: Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2015.
- [6] E. J. Castro Montes, Evaluación de muros de contención para estabilización de taludes como propuesta ante, Lima: Universidad César Vallejo, 2019.
- [7] R. L. García Chaca, Alternativas para estabilizar la Quebrada Cantuta II con fines de mitigación de huaycos, Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina, 2016.
- [8] A. A. Alvarado Salazar y A. R. Cornejo Guardia, Estabilización de taludes en la Costa Verde – Callao. Tramo. Av. Santa Rosa – Jr. Virú. (1.3 km), Lima: Universidad San Martín de Porres, 2014.
- [9] R. Hernández Sampieri, C. Fernández Collado y P. Baptista Lucio, Metodología de la investigación, Mexico: Mcgraw Hill, 2014.
- [10] F. Arias, El proyecto de investigación, Caracas: Episteme, 1997.
- [11] S. Valderrama Mendoza , Metodología del trabajo universitario, Lima: San Marcos, 2010.
- [12] C. Abad Pérez, «Bulletin de l'Institut français d'études andine,» 01 junio 2010. [En línea]. Available: <https://journals.openedition.org/bifea/2272#:~:text=Los%20huaycos%20que%20afectaron%20al,a%C3%B1os%2C%20ha%20ignorado%20el%20peligro..> [Último acceso: 11 junio 2022].
- [13] PREDES, Centro de Estudios y Prevención de Desastres -, «Estudio de riesgo y de prevención de la quebrada pedregal,» PREDES, Lima, 2000.
- [14] C. J. Delgado Ascarza y G. A. Tamayo López, Plan de gestión integral para reducir daños ocasionados por huaicos, quebrada El Pedregal, Chosica, Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2020.
- [15] I. Espinoza Salvadó, «<http://www.bvs.hn/>,» 31 Octubre 2017. [En línea]. Available: [http://www.bvs.hn/Honduras/UICFCM/Discapacidad/Escolares/Tipos.de.Muestreo.Rev.IE\\_31\\_Oct\\_17.pdf](http://www.bvs.hn/Honduras/UICFCM/Discapacidad/Escolares/Tipos.de.Muestreo.Rev.IE_31_Oct_17.pdf). [Último acceso: 31 Julio 2022].
- [16] J. Perez Porto y A. Gardey, «Definición.de,» 16 Noviembre 2011. [En línea]. Available: <https://definicion.de/quebrada/>.

- [17] Agua-ANA, Autoridad Nacional del Agua, «ANA,» 23 Junio 2022. [En línea]. Available: <http://www.ana.gob.pe/2019/consejo-de-cuenca/tumbes/Hidrograf%C3%ADa>.
- [18] M. González de Tánago, «Escuela de Negocios EOI, Master en Ing. Medio ambiental y Gestión del Agua,» 17 Noviembre 1987. [En línea]. Available: <https://static.eoi.es/savia/componente45493>. [Último acceso: 22 Mayo 2022].
- [19] P. D. Valladares Ibarra, Estabilidad de Taludes con Anclas, D.F México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2015.
- [20] V. V. Estrada Bautista y J. J. Soberanis Bello, Estabilidad de taludes en suelos, Nezahualcóyolt: UNAM -Universidad Nacional Autónoma de México, 2014.
- [21] L. Rodríguez Cifuentes y C. Sanhueza Plaza, «Análisis comparativo de métodos de cálculo de estabilidad de taludes finitos aplicados a laderas naturales,» Abril 2013. [En línea]. Available: [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-915X2013000100003](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-915X2013000100003). [Último acceso: 23 julio 2022].
- [22] A. A. Ramos Vásquez, Analisis de estabilidad de taludes en rocas simulación con LS-DYNA y comparación con SLIDE, Madrid: Universidad Politecnica de Madrid, 2013.
- [23] Rocscience, «Guía de uso Rápido del SLIDE Versión 6.0,» 2012. [En línea]. Available: [https://www.rocsience.com/downloads/slide/spanish/Tutorial%2001%20-%20Quick%20Start%20\(Spanish\).pdf](https://www.rocsience.com/downloads/slide/spanish/Tutorial%2001%20-%20Quick%20Start%20(Spanish).pdf). [Último acceso: 24 Julio 2022].
- [24] Edificaciones, Reglamento Nacional de, Norma CE020, sobre Estabilización de Suelos y Taludes, Lima: Ministerio de Vivienda ,Construcción y Saneamiento, 2006.
- [25] Moquegua, Centro de operaciones de emergencia regional, «Centro de operaciones de emergencia regional Moquegua - COER,» [En línea]. Available: <https://www.coer.regionmoquegua.gob.pe/huaico/#:~:text=Es%20el%20desplazamiento%20violento%20de,producen%20en%20%C3%A9poca%20de%20lluvia..> [Último acceso: 28 Julio 2022].
- [26] Senamhi, «Senamhi,» 2019. [En línea]. Available: [https://repositorio.senamhi.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12542/291/Movimiento-en-masa-por-lluvias-intensas-en-el-Per%c3%ba\\_2019.pdf?sequence=6&isAllowed=y](https://repositorio.senamhi.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12542/291/Movimiento-en-masa-por-lluvias-intensas-en-el-Per%c3%ba_2019.pdf?sequence=6&isAllowed=y). [Último acceso: Julio 2022].
- [27] F. Camero Iriarte, Restauración de riberas, 2008.
- [28] M. González del Tánago, «observatorioagua,» [En línea]. Available: [http://observatoriaigua.uib.es/repositori/gf\\_restauracion\\_gonzalez.pdf](http://observatoriaigua.uib.es/repositori/gf_restauracion_gonzalez.pdf). [Último acceso: 2 Agosto 2022].
- [29] C. E. Sackschewski Chapman, Soluciones para la estabilidad de taludes de la carretera Canta-Huayllay entre las progresivas del km 102 al km 110, Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2017.
- [30] D. A. Barrero Sanchez, C. M. Cardona Cortes y J. D. Soto Marroquin, Análisis de estabilidad del talud ubicado en el sector “Predio La Cascada” (zona veredal del municipio de Ibagué – corregimiento Cay vereda La cascada), Tolima: Universidad cooperativa de Colombia, 2018.

- [31] J. C. Yépez Arboleda, Bordes de quebradas, taludes y esteros como elementos integradores del espacio urbano en la Parroquia Urbana Zaracay de Santo Domingo-Ecuador, Quito: Universidad Central del Ecuador, 2018.
- [32] A. A. Baron Ramirez, «Criterios de Sostenibilidad Aplicables a la Gestión de Proyectos Viales de Orden Terciario basado en las Guías de Sostenibilidad a nivel Nacional e Internacional,» Fundación Universidad de America, Bogota, 2020.
- [33] M. Ochoa Z. y S. Nuñez J., «Evaluación Geológica de las zonas afectadas por el Niño costero 2017 en las regiones de Lima e Ica,» Agosto 2017. [En línea]. Available: <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/818>. [Último acceso: 26 Julio 2022].
- [34] estadiworld.blogspot, «estadiworld.blogspot,» 5 Setiembre 2013. [En línea]. Available: <http://estadiworld.blogspot.com/2013/09/tipos-de-muestreo.html>. [Último acceso: 01 Agosto 2022].
- [35] peruana, Universidad privada de la selva, «Universidad privada de la selva peruana,» 28 febrero 2020. [En línea]. Available: [https://ups.edu.pe/transparencia/files/Guia\\_Procedimientos\\_TesisV3.pdf](https://ups.edu.pe/transparencia/files/Guia_Procedimientos_TesisV3.pdf). [Último acceso: 28 julio 2022].
- [36] Marino, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y, «Observatorioagua,» Noviembre 2008. [En línea]. Available: [http://observatoriaigua.uib.es/repositori/gf\\_restauracion\\_segura.pdf](http://observatoriaigua.uib.es/repositori/gf_restauracion_segura.pdf). [Último acceso: 2 Agosto 2022].
- [37] Agua-ANA, Autoridad Nacional del, «Autoridad Nacional del Agua,» 27 Marzo 2019. [En línea]. Available: <https://www.ana.gob.pe/publicaciones/ley-no-29338-ley-de-recursos-hidricos>.

## VIII:ANEXOS

### 8.1 Mapas , Informes y Gráficos de la zona de estudio











UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Nº 024720

Facultad de Ingeniería Civil

Laboratorio Nº2 - Mecánica de Suelos

INFORME Nº S22 - 018-1-1

SOLICITANTE : JOSUE ALBERTH PALOMINO ZUMAETA
PROYECTO : RESTAURACIÓN DE RIBERAS APLICANDO METODOS DE EQUILIBRIO LIMITE
PARA EL CONTROL DE DESBORDES EN EL ASENTAMIENTO HUMANO
NICOLAS DE PIEROLA, LURIGANCHO, CHOSICA - LIMA, 2021
UBICACIÓN : LIMA - SAN JUAN DE LURIGANCHO - CHOSICA
FECHA : 26 DE ENERO 2021

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Calicata : M-1
Muestra : 0+100
Prof. (m.) : 1.20
Referencia : Parte Baja - Margen Izquierdo

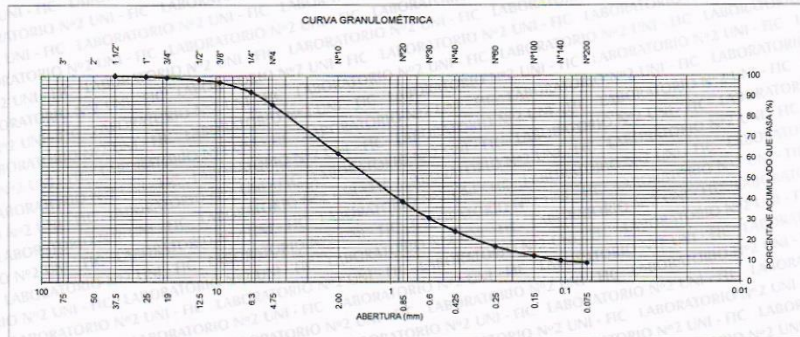
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - REFERENCIA ASTM D6913 / D6913M
Procedimiento interno AT-PR.4 - Método "B"

Table with 5 columns: Tamiz, Abertura (mm), (%), Parcial Retenido, (%), Retenido, Pasa. Rows include various sieve sizes from 3" down to FONDO.

Summary table: % Grava : 14.2, % Arena : 76.9, % Finos : 8.9

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318
Procedimiento interno AT-PR.5
Limite Líquido : NP
Limite Plástico : NP
Indice Plástico : NP

Clasificación SUCS ASTM D2487 : SW-SM



Nota: Los resultados de los ensayos corresponden a la muestra proporcionada por el cliente.
Los datos del solicitante, proyecto, procedencia e identificación fueron indicados por el cliente.
Ejecución : Téc. C. Hinojosa G.
Aprobación : Ing. H. Espinoza C.



ING. HECTOR ESPINOZA CCENTE
JEFE (e) LABORATORIO Nº 02 MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS UNI-FIC

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Engineering Technology Accreditation Commission

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Apartado 1301 - Perú
Teléfono: (511) 381-3842, Central Telefónica: 481-1070 Anexo 4019
www.lms.uni.edu.pe, e-mail: lms\_fic@uni.edu.pe, lms.servicios@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Nº 024719

Facultad de Ingeniería Civil

Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos

INFORME N° S22 - 018-1-1

SOLICITANTE : JOSUE ALBERTH PALOMINO ZUMAETA  
PROYECTO : RESTAURACIÓN DE RIBERAS APLICANDO METODOS DE EQUILIBRIO LÍMITE PARA EL CONTROL DE DESBORDES EN EL ASENTAMIENTO HUMANO NICOLAS DE PIEROLA, LURIGANCHO, CHOSICA - LIMA, 2021  
UBICACIÓN : LIMA - SAN JUAN DE LURIGANCHO - CHOSICA  
FECHA : 26 DE ENERO 2021

ENSAYO DE CORTE DIRECTO - REFERENCIA ASTM D3080

Procedimiento interno AT-PR.9

Estado : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)  
Calicata : M-1  
Muestra : 0+100  
Prof. (m.) : 1.20  
Referencia : Parte Baja - Margen Izquierdo

Especimen N°	I	II	III
Diametro del anillo (cm)	6.40	6.40	6.40
Altura Inicial de la muestra (cm)	2.60	2.60	2.60
Densidad húmeda inicial (g/cm <sup>3</sup> )	1.778	1.778	1.778
Densidad seca inicial (g/cm <sup>3</sup> )	1.766	1.766	1.766
Cont. de humedad inicial (%)	0.7	0.7	0.7
Altura de la muestra antes de aplicar el esfuerzo de corte (cm)	2.56	2.54	2.49
Altura final de la muestra (cm)	2.56	2.53	2.49
Densidad húmeda final (g/cm <sup>3</sup> )	2.079	2.091	2.117
Densidad seca final (g/cm <sup>3</sup> )	1.798	1.814	1.847
Cont. de humedad final (%)	15.7	15.3	14.6
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	0.5	1.0	1.5
Esfuerzo de corte máximo (kg/cm <sup>2</sup> )	0.318	0.634	0.951

Angulo de fricción interna : 32.4 °  
Cohesión (kg/cm<sup>2</sup>) : 0.00

Nota:

Los especímenes se remoldearon con la densidad seca promedio de las densidades máxima - mínima y la humedad natural de la muestra.

Los resultados de los ensayos corresponden a la muestra que fueron proporcionadas por el cliente.

Los datos del solicitante, proyecto, procedencia e identificación fueron indicados por el cliente.

Ejecución : Téc. C. Hinostraza G.

Aprobación : Ing. H. Espinoza C.



ING. HECTOR ESPINOZA CCENTE  
JEFE (e) LABORATORIO N° 02 MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS UNI-FIC

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Engineering Technology Accreditation Commission

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Apartado 1301 - Perú  
Teléfono: (511) 381-3842, Central Telefónica: 481-1070 Anexo 4019  
www.lms.uni.edu.pe, e-mail: lms\_fic@uni.edu.pe, lms.servicios@uni.edu.pe



Facultad de Ingeniería Civil
Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos

INFORME N° S22 - 018-1-1

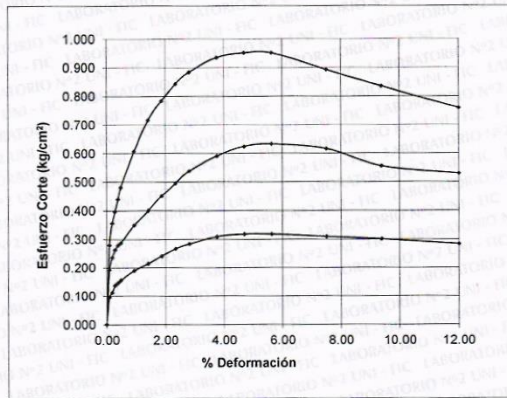
SOLICITANTE : JOSUE ALBERTH PALOMINO ZUMAETA
PROYECTO : RESTAURACIÓN DE RIBERAS APLICANDO METODOS DE EQUILIBRIO LÍMITE
PARA EL CONTROL DE DESBORDES EN EL ASENTAMIENTO HUMANO
NICOLAS DE PIEROLA, LURIGANCHO, CHOSICA - LIMA, 2021
UBICACIÓN : LIMA - SAN JUAN DE LURIGANCHO - CHOSICA
FECHA : 26 DE ENERO 2021

ENSAYO DE CORTE DIRECTO - REFERENCIA ASTM D3080

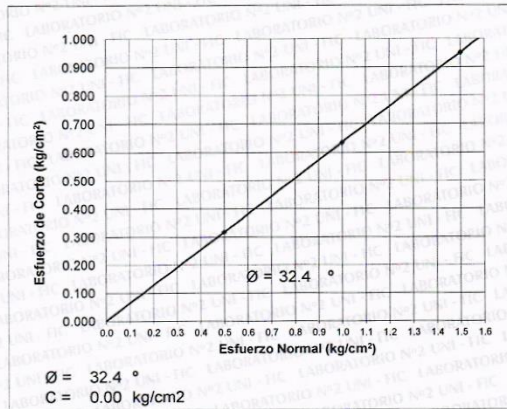
Procedimiento interno AT-PR.9

Estado : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)
Calicata : M-1
Muestra : 0+100
Prof. (m.) : 1.20
Referencia : Parte Baja - Margen Izquierdo

% DEFORMACIÓN TANGENCIAL vs. ESFUERZO DE CORTE



ESFUERZO NORMAL vs. ESFUERZO DE CORTE



ING. HECTOR ESPINOZA CCENTE
JEFE (e) LABORATORIO N° 02 MECANICA
DE SUELOS Y PAVIMENTOS UNI - FC

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Apartado 1301 - Perú
Teléfono: (511) 381-3842, Central Telefónica: 481-1070 Anexo 4019
www.lms.uni.edu.pe, e-mail: lms\_fic@uni.edu.pe, lms.servicios@uni.edu.pe

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Engineering
Technology
Accreditation
Commission



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Nº 024753

## Facultad de Ingeniería Civil

Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos

INFORME N° S22 - 018-1-2

SOLICITANTE : JOSUE ALBERTH PALOMINO ZUMAETA  
PROYECTO : RESTAURACIÓN DE RIBERAS APLICANDO METODOS DE EQUILIBRIO LÍMITE  
PARA EL CONTROL DE DESBORDES EN EL ASENTAMIENTO HUMANO  
0 NICOLAS DE PIEROLA, LURIGANCHO, CHOSICA - LIMA, 2021  
UBICACIÓN : LIMA - SAN JUAN DE LURIGANCHO - CHOSICA  
FECHA : 26 DE ENERO 2021

### RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Calicata : M-1  
Muestra : 0+100  
Prof. (m.) : 1.20  
Referencia : Parte Baja - Margen Izquierdo

#### MATERIAL QUE PASA LA MALLA N° 4

##### DENSIDAD MAXIMA NLT-205

Densidad máxima (g/cm<sup>3</sup>) : 2.076

##### DENSIDAD MINIMA NLT-204

Densidad mínima (g/cm<sup>3</sup>) : 1.456

#### Nota:

Los resultados de los ensayos corresponden a la muestra proporcionada por el cliente.

Los datos del solicitante, proyecto, procedencia e identificación fueron indicados por el cliente.

Ejecución : Téc. C. Hinostrza G.

Aprobación : Ing. H. Espinoza C.



ING. HECTOR ESPINOZA CCENTE  
JEFE (a) LABORATORIO N° 02 MECANICA  
DE SUELOS Y PAVIMENTOS UNI - FIC

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Apartado 1301 - Perú  
Teléfono: (511) 381-3842, Central Telefónica: 481-1070 Anexo 4019  
www.lms.uni.edu.pe, e-mail: lms\_fic@uni.edu.pe, lms.servicios@uni.edu.pe



Engineering  
Technology  
Accreditation  
Commission



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Nº 024752

Facultad de Ingeniería Civil

Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos

INFORME N° S22 - 018-1-3

SOLICITANTE : JOSUE ALBERTH PALOMINO ZUMAETA
PROYECTO : RESTAURACIÓN DE RIBERAS APLICANDO METODOS DE EQUILIBRIO LÍMITE
PARA EL CONTROL DE DESBORDES EN EL ASENTAMIENTO HUMANO
NICOLAS DE PIEROLA, LURIGANCHO, CHOSICA - LIMA, 2021
UBICACIÓN : LIMA - SAN JUAN DE LURIGANCHO - CHOSICA
FECHA : 26 DE ENERO 2021

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Calicata : M-1
Muestra : 0+100
Prof. (m.) : 1.20
Referencia : Parte Baja - Margen Izquierdo

ENSAYO CONTENIDO DE HUMEDAD - REFERENCIA ASTM D2216
Procedimiento Interno: AT-PR.1

Contenido de Humedad (%) : 0.6
Método "B"

Nota:
Los resultados de los ensayos corresponden a la muestra proporcionada por el cliente.
Los datos del solicitante, proyecto, procedencia e identificación fueron indicados por el cliente.
Ejecución : Téc. C. Hinostroza G.
Aprobación : Ing. H. Espinoza C.



Signature and name of Ing. Hector Espinoza Ccente, Jefe (6) Laboratorio N° 02 Mecánica de Suelos y Pavimentos UNI-FIC

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Apartado 1301 - Perú
Teléfono: (511) 381-3842, Central Telefónica: 481-1070 Anexo 4019
www.lms.uni.edu.pe, e-mail: lms\_fic@uni.edu.pe, lms.servicios@uni.edu.pe





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Nº 024751

Facultad de Ingeniería Civil

Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos

INFORME N° S22 - 018-1-4

SOLICITANTE : JOSUE ALBERTH PALOMINO ZUMAETA  
PROYECTO : RESTAURACIÓN DE RIBERAS APLICANDO METODOS DE EQUILIBRIO LIMITE  
PARA EL CONTROL DE DESBORDES EN EL ASENTAMIENTO HUMANO  
NICOLAS DE PIEROLA, LURIGANCHO, CHOSICA - LIMA, 2021  
UBICACIÓN : LIMA - SAN JUAN DE LURIGANCHO - CHOSICA  
FECHA : 26 DE ENERO 2021

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Calicata : M-1  
Muestra : 0+100  
Prof. (m.) : 1.20  
Referencia : Parte Baja - Margen Izquierdo

GRAVEDAD ESPECIFICA RELATIVO DE SOLIDOS - REFERENCIA ASTM D854

Procedimiento interno AT-PR.3 - Método "A"

Masa del suelo seco(gr)	104.54
Masa del frasco + Masa del suelo + Masa del agua(gr)	736.78
Masa del frasco + Masa del agua(gr)	670.32

Gravedad Especifica Relativo de Sólidos a Temperatura de Ensayo	: 2.745
Temperatura de Ensayo (°C)	: 25.2
Gravedad Especifica Relativo de Sólidos a 20 °C	: 2.742

Nota:

Los resultados de los ensayos corresponden a la muestra proporcionada por el cliente.  
Los datos del solicitante, proyecto, procedencia e identificación fueron indicados por el cliente.  
Ejecución : Téc. C. Hinojosa G.  
Aprobación : Ing. H. Espinoza C.



ING. HECTOR ESPINOZA COENTE  
JEFE (a) LABORATORIO N°02 MECANICA  
DE SUELOS Y PAVIMENTOS UNI - FIC

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Apartado 1301 - Perú  
Teléfono: (511) 381-3842, Central Telefónica: 481-1070 Anexo 4019  
www.lms.uni.edu.pe, e-mail: lms\_fic@uni.edu.pe, lms.servicios@uni.edu.pe

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Engineering  
Technology  
Accreditation  
Commission



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Nº 024750

Facultad de Ingeniería Civil

Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos

INFORME N° S22 - 018-2-1

SOLICITANTE : JOSUE ALBERTH PALOMINO ZUMAETA
PROYECTO : RESTAURACIÓN DE RIBERAS APLICANDO METODOS DE EQUILIBRIO LÍMITE
PARA EL CONTROL DE DESBORDES EN EL ASENTAMIENTO HUMANO
NICOLAS DE PIEROLA, LURIGANCHO, CHOSICA - LIMA, 2021
UBICACIÓN : LIMA - SAN JUAN DE LURIGANCHO - CHOSICA
FECHA : 26 DE ENERO 2021

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Calicata : M-2
Muestra : 0+000
Prof. (m.) : 1.20
Referencia : Parte Alta - Margen Izquierdo

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - REFERENCIA ASTM D6913 / D6913M

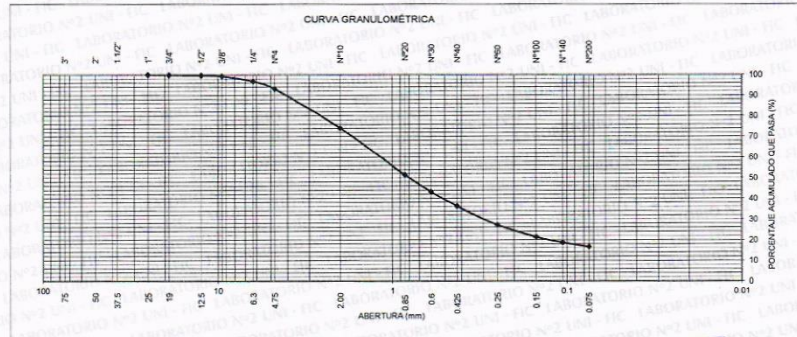
Procedimiento interno AT-PR.4 - Método "B"

Table with 5 columns: Tamiz, Abertura (mm), (%) Parcial Retenido, (%) Acumulado Retenido, (%) Acumulado Pasa. Rows include various sieve sizes from 3" down to FONDO.

Summary table: % Grava : 6.9, % Arena : 76.6, % Finos : 16.5

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318
Procedimiento interno AT-PR.5
Limite Líquido : 21
Limite Plástico : 15
Indice Plástico : 6

Clasificación SUCS ASTM D2487 : SC-SM



Nota: Los resultados de los ensayos corresponden a la muestra proporcionada por el cliente. Los datos del solicitante, proyecto, procedencia e identificación fueron indicados por el cliente.

Ejecución : Téc. C. Hinojosa G.
Aprobación : Ing. H. Espinoza C.



ING. HECTOR ESPINOZA CCENTE
JEFE (e) LABORATORIO N° 02 MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS UNI-FIC

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Apartado 1301 - Perú
Teléfono: (511) 381-3842, Central Telefónica: 481-1070 Anexo 4019
www.lms.uni.edu.pe, e-mail: lms\_fic@uni.edu.pe, lms.servicios@uni.edu.pe

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Engineering Technology Accreditation Commission

**Facultad de Ingeniería Civil**  
**Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos**

INFORME N° S22 - 018-2-1

SOLICITANTE : JOSUE ALBERTH PALOMINO ZUMAETA  
PROYECTO : RESTAURACIÓN DE RIBERAS APLICANDO METODOS DE EQUILIBRIO LÍMITE  
PARA EL CONTROL DE DESBORDES EN EL ASENTAMIENTO HUMANO  
NICOLAS DE PIEROLA, LURIGANCHO, CHOSICA - LIMA, 2021  
UBICACIÓN : LIMA - SAN JUAN DE LURIGANCHO - CHOSICA  
FECHA : 26 DE ENERO 2021

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO - REFERENCIA ASTM D3080**

Procedimiento interno AT-PR.9

Estado : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)  
Calicata : M-2  
Muestra : 0+000  
Prof. (m.) : 1.20  
Referencia : Parte Alta - Margen Izquierdo

Especimen N°	I	II	III
Diametro del anillo (cm)	6.40	6.40	6.40
Altura Inicial de la muestra (cm)	2.60	2.60	2.60
Densidad húmeda inicial (g/cm <sup>3</sup> )	1.813	1.813	1.813
Densidad seca inicial (g/cm <sup>3</sup> )	1.795	1.795	1.795
Cont. de humedad inicial (%)	1.0	1.0	1.0
Altura de la muestra antes de aplicar el esfuerzo de corte (cm)	2.53	2.50	2.43
Altura final de la muestra (cm)	2.52	2.49	2.41
Densidad húmeda final (g/cm <sup>3</sup> )	2.139	2.155	2.216
Densidad seca final (g/cm <sup>3</sup> )	1.853	1.877	1.938
Cont. de humedad final (%)	15.5	14.8	14.3
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	0.5	1.0	1.5
Esfuerzo de corte máximo (kg/cm <sup>2</sup> )	0.271	0.554	0.817

Angulo de fricción interna : **28.6 °**  
Cohesión (kg/cm<sup>2</sup>) : **0.00**

**Nota:**

Los especímenes se remoldearon con la densidad seca promedio de las densidades máxima - mínima y la humedad natural de la muestra.

Los resultados de los ensayos corresponden a la muestra que fueron proporcionadas por el cliente.

Los datos del solicitante, proyecto, procedencia e identificación fueron indicados por el cliente.

Ejecución : Téc. C. Hinostraza G.

Aprobación : Ing. H. Espinoza C.



ING. HECTOR ESPINOZA CCENTE  
JEFE (a) LABORATORIO N° 02 MECANICA  
DE SUELOS Y PAVIMENTOS UNI - FC

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Apartado 1301 - Perú  
Teléfono: (511) 381-3842, Central Telefónica: 481-1070 Anexo 4019  
www.lms.uni.edu.pe, e-mail: lms\_fic@uni.edu.pe, lms.servicios@uni.edu.pe

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Engineering  
Technology  
Accreditation  
Commission



Facultad de Ingeniería Civil
Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos

INFORME N° S22 - 018-2-1

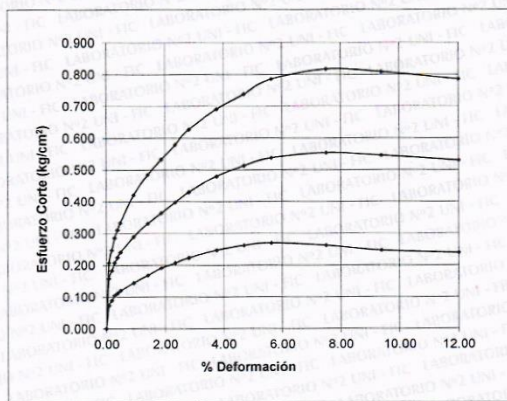
SOLICITANTE : JOSUE ALBERTH PALOMINO ZUMAETA
PROYECTO : RESTAURACIÓN DE RIBERAS APLICANDO METODOS DE EQUILIBRIO LÍMITE
PARA EL CONTROL DE DESBORDES EN EL ASENTAMIENTO HUMANO
NICOLAS DE PIEROLA, LURIGANCHO, CHOSICA - LIMA, 2021
UBICACIÓN : LIMA - SAN JUAN DE LURIGANCHO - CHOSICA
FECHA : 26 DE ENERO 2021

ENSAYO DE CORTE DIRECTO - REFERENCIA ASTM D3080

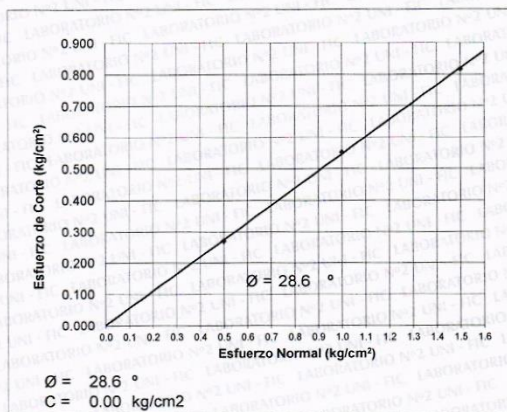
Procedimiento interno AT-PR.9

Estado : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)
Calicata : M-2
Muestra : 0+000
Prof. (m.) : 1.20
Referencia : Parte Alta - Margen Izquierdo

% DEFORMACIÓN TANGENCIAL vs. ESFUERZO DE CORTE



ESFUERZO NORMAL vs. ESFUERZO DE CORTE



Signature of Ing. Hector Espinoza Ccente
ING. HECTOR ESPINOZA CCENTE
JEFE (e) LABORATORIO N° 02 MECANICA
DE SUELOS Y PAVIMENTOS UNI - FIC

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Apartado 1301 - Perú
Teléfono: (511) 381-3842, Central Telefónica: 481-1070 Anexo 4019
www.lms.uni.edu.pe, e-mail: lms\_fic@uni.edu.pe, lms.servicios@uni.edu.pe

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Engineering
Technology
Accreditation
Commission



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Nº 024747

**Facultad de Ingeniería Civil**  
**Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos**

INFORME N° S22 - 018-2-2

**SOLICITANTE :** JOSUE ALBERTH PALOMINO ZUMAETA  
**PROYECTO :** RESTAURACIÓN DE RIBERAS APLICANDO METODOS DE EQUILIBRIO LÍMITE  
PARA EL CONTROL DE DESBORDES EN EL ASENTAMIENTO HUMANO  
0 NICOLAS DE PIEROLA, LURIGANCHO, CHOSICA - LIMA, 2021  
**UBICACIÓN :** LIMA - SAN JUAN DE LURIGANCHO - CHOSICA  
**FECHA :** 26 DE ENERO 2021

**RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

Calicata : M-2  
Muestra : 0+000  
Prof. (m.) : 1.20  
Referencia : Parte Alta - Margen Izquierdo

**MATERIAL QUE PASA LA MALLA N° 4**

**DENSIDAD MAXIMA NLT-205**

Densidad máxima (g/cm<sup>3</sup>) : 2.094

**DENSIDAD MINIMA NLT-204**

Densidad mínima (g/cm<sup>3</sup>) : 1.494

**Nota:**

Los resultados de los ensayos corresponden a la muestra proporcionada por el cliente.

Los datos del solicitante, proyecto, procedencia e identificación fueron indicados por el cliente.

**Ejecución :** Téc. C. Hinostrza G.

**Aprobación :** Ing. H. Espinoza C.



**ING. HECTOR ESPINOZA CCENTE**  
JEFE (e) LABORATORIO N° 02 MECANICA  
DE SUELOS Y PAVIMENTOS UNI - FIC

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Apartado 1301 - Perú  
Teléfono: (511) 381-3842, Central Telefónica: 481-1070 Anexo 4019  
www.lms.uni.edu.pe, e-mail: lms\_fic@uni.edu.pe, lms.servicios@uni.edu.pe

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Engineering  
Technology  
Accreditation  
Commission



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Nº 024746

**Facultad de Ingeniería Civil**  
**Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos**

**INFORME N° S22 - 018-2-3**

**SOLICITANTE** : JOSUE ALBERTH PALOMINO ZUMAETA  
**PROYECTO** : RESTAURACIÓN DE RIBERAS APLICANDO METODOS DE EQUILIBRIO LÍMITE  
PARA EL CONTROL DE DESBORDES EN EL ASENTAMIENTO HUMANO  
NICOLAS DE PIEROLA, LURIGANCHO, CHOSICA - LIMA, 2021  
**UBICACIÓN** : LIMA - SAN JUAN DE LURIGANCHO - CHOSICA  
**FECHA** : 26 DE ENERO 2021

**REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

Calicata : M-2  
Muestra : 0+000  
Prof. (m.) : 1.20  
Referencia : Parte Alta - Margen Izquierdo

**ENSAYO CONTENIDO DE HUMEDAD - REFERENCIA ASTM D2216**  
Procedimiento Interno: AT-PR.1

**Contenido de Humedad (%) :** 0.9  
**Método "B"**

**Nota:**

Los resultados de los ensayos corresponden a la muestra proporcionada por el cliente.

Los datos del solicitante, proyecto, procedencia e identificación fueron indicados por el cliente.

**Ejecución** : Téc. C. Hinojosa G.

**Aprobación** : Ing. H. Espinoza C.



**ING. HECTOR ESPINOZA CCENTE**  
JEFE (E) LABORATORIO N° 02 MECANICA  
DE SUELOS Y PAVIMENTOS. UNI-FIC

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Apartado 1301 - Perú  
Teléfono: (511) 381-3842, Central Telefónica: 481-1070 Anexo 4019  
www.lms.uni.edu.pe, e-mail: lms\_fic@uni.edu.pe, lms.servicios@uni.edu.pe

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Engineering  
Technology  
Accreditation  
Commission



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Nº 024745

Facultad de Ingeniería Civil

Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos

INFORME N° S22 - 018-2-4

SOLICITANTE : JOSUE ALBERTH PALOMINO ZUMAETA  
PROYECTO : RESTAURACIÓN DE RIBERAS APLICANDO METODOS DE EQUILIBRIO LÍMITE  
PARA EL CONTROL DE DESBORDOS EN EL ASENTAMIENTO HUMANO  
NICOLAS DE PIEROLA, LURIGANCHO, CHOSICA - LIMA, 2021  
UBICACIÓN : LIMA - SAN JUAN DE LURIGANCHO - CHOSICA  
FECHA : 26 DE ENERO 2021

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Calicata : M-2  
Muestra : 0+000  
Prof. (m.) : 1.20  
Referencia : Parte Alta - Margen Izquierdo

GRAVEDAD ESPECIFICA RELATIVO DE SOLIDOS - REFERENCIA ASTM D854  
Procedimiento interno AT-PR.3 - Método "A"

Masa del suelo seco(gr) : 107.39  
Masa del frasco + Masa del suelo + Masa del agua(gr) : 737.68  
Masa del frasco + Masa del agua(gr) : 668.73

Gravedad Especifica Relativo de Sólidos a Temperatura de Ensayo : 2.794  
Temperatura de Ensayo (°C) : 25.3  
Gravedad Especifica Relativo de Sólidos a 20 °C : 2.790

Nota:

Los resultados de los ensayos corresponden a la muestra proporcionada por el cliente.  
Los datos del solicitante, proyecto, procedencia e identificación fueron indicados por el cliente.  
Ejecución : Téc. C. Hinostroza G.  
Aprobación : Ing. H. Espinoza C.



ING. HECTOR ESPINOZA CCENTE  
JEFE (a) LABORATORIO N° 02 MECANICA  
DE SUELOS Y PAVIMENTOS UNI - FIC

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Apartado 1301 - Perú  
Teléfono: (511) 381-3842, Central Telefónica: 481-1070 Anexo 4019  
www.lms.uni.edu.pe, e-mail: lms\_fic@uni.edu.pe, lms.servicios@uni.edu.pe

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Engineering  
Technology  
Accreditation  
Commission



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Nº 024744

Facultad de Ingeniería Civil
Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos

INFORME N° S22 - 018-3-1

SOLICITANTE : JOSUE ALBERTH PALOMINO ZUMAETA
PROYECTO : RESTAURACIÓN DE RIBERAS APLICANDO METODOS DE EQUILIBRIO LÍMITE
PARA EL CONTROL DE DESBORDES EN EL ASENTAMIENTO HUMANO
NICOLAS DE PIEROLA, LURIGANCHO, CHOSICA - LIMA, 2021
UBICACIÓN : LIMA - SAN JUAN DE LURIGANCHO - CHOSICA
FECHA : 26 DE ENERO 2021

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Calicata : M-3
Muestra : 0+200
Prof. (m.) : 1.20
Referencia : Parte Media - Margen Izquierdo

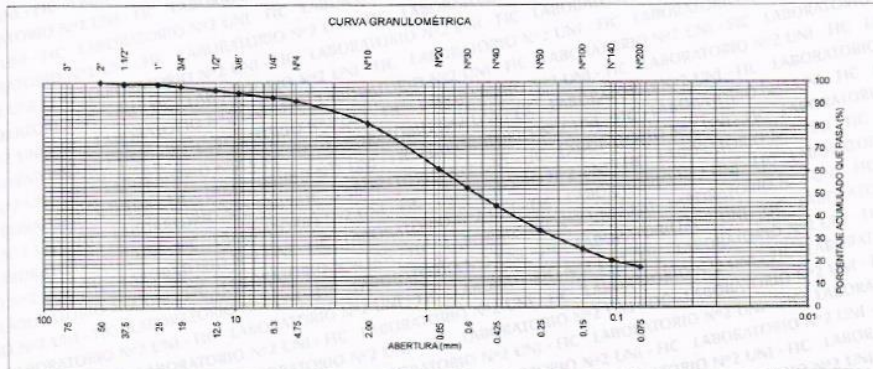
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - REFERENCIA ASTM D6913 / D6913M
Procedimiento interno AT-PR.4 - Método "B"

Table with 5 columns: Tamiz, Abertura (mm), (% Parcial Retenido), (% Acumulado Retenido), Pasa. Rows include various sieve sizes from 3" down to FONDO.

Summary table: % Grava : 8.4, % Arena : 74.0, % Finos : 17.7

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318
Procedimiento interno AT-PR.5
Limite Liquido : 17
Limite Plástico : NP
Indice Plástico : NP

Clasificación SUCS ASTM D2487 : SM



Nota
Los resultados de los ensayos corresponden a la muestra proporcionada por el cliente.
Los datos del solicitante, proyecto, procedencia e identificación fueron indicados por el cliente.

Ejecución : Téc. C. Hinostroza G.
Aprobación : Ing. H. Espinoza C.



ING. HECTOR ESPINOZA CCENTE
JEFE (H) LABORATORIO N° 02 MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS UNI-FIC

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Engineering Technology Accreditation Commission

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Apartado 1301 - Perú
Teléfono: (511) 381-3842, Central Telefónica: 481-1070 Anexo 4019
www.lms.uni.edu.pe, e-mail: lms\_fic@uni.edu.pe, lms.servicios@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Nº 024743

Facultad de Ingeniería Civil

Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos

INFORME N° S22 - 018-3-1

SOLICITANTE : JOSUE ALBERTH PALOMINO ZUMAETA
PROYECTO : RESTAURACIÓN DE RIBERAS APLICANDO METODOS DE EQUILIBRIO LÍMITE
PARA EL CONTROL DE DESBORDES EN EL ASENTAMIENTO HUMANO
NICOLAS DE PIEROLA, LURIGANCHO, CHOSICA - LIMA, 2021
UBICACIÓN : LIMA - SAN JUAN DE LURIGANCHO - CHOSICA
FECHA : 26 DE ENERO 2021

ENSAYO DE CORTE DIRECTO - REFERENCIA ASTM D3080

Procedimiento interno AT-PR.9

Estado : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)
Calicata : M-3
Muestra : 0+200
Prof. (m.) : 1.20
Referencia : Parte Media - Margen Izquierdo

Table with 4 columns: Especimen N°, I, II, III. Rows include: Diametro del anillo (cm), Altura Inicial de la muestra (cm), Densidad húmeda inicial (g/cm³), Densidad seca inicial (g/cm³), Cont. de humedad inicial (%), Altura de la muestra antes de aplicar el esfuerzo de corte (cm), Altura final de la muestra (cm), Densidad húmeda final (g/cm³), Densidad seca final (g/cm³), Cont. de humedad final (%), Esfuerzo normal (kg/cm²), Esfuerzo de corte máximo (kg/cm²), Angulo de fricción interna, Cohesión (kg/cm²).

Nota:

Los especímenes se remoldearon con la densidad seca promedio de las densidades máxima - mínima y la humedad natural de la muestra.

Los resultados de los ensayos corresponden a la muestra que fueron proporcionadas por el cliente.

Los datos del solicitante, proyecto, procedencia e identificación fueron indicados por el cliente.

Ejecución : Téc. C. Hinostroza G.

Aprobación : Ing. H. Espinoza C.



Handwritten signature and stamp: ING. HECTOR ESPINOZA CCENTE, JEFE (a) LABORATORIO N° 02 MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS UNI-FIC

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Apartado 1301 - Perú
Teléfono: (511) 381-3842, Central Telefónica: 481-1070 Anexo 4019
www.lms.uni.edu.pe, e-mail: lms\_fic@uni.edu.pe, lms.servicios@uni.edu.pe

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Engineering Technology Accreditation Commission



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Nº 024742

Facultad de Ingeniería Civil
Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos

INFORME N° S22 - 018-3-1

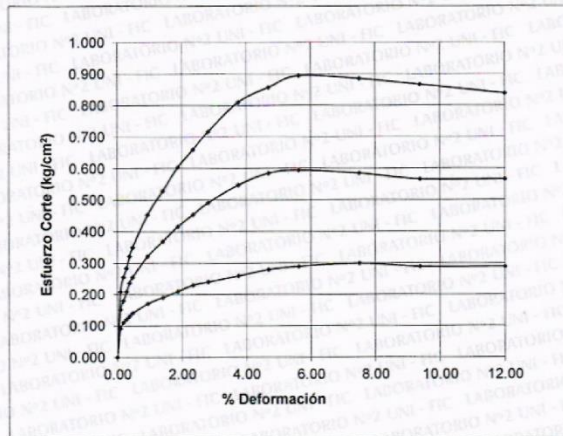
SOLICITANTE : JOSUE ALBERTH PALOMINO ZUMAETA
PROYECTO : RESTAURACIÓN DE RIBERAS APLICANDO METODOS DE EQUILIBRIO LÍMITE
PARA EL CONTROL DE DESBORDES EN EL ASENTAMIENTO HUMANO
NICOLAS DE PIEROLA, LURIGANCHO, CHOSICA - LIMA, 2021
UBICACIÓN : LIMA - SAN JUAN DE LURIGANCHO - CHOSICA
FECHA : 26 DE ENERO 2021

ENSAYO DE CORTE DIRECTO - REFERENCIA ASTM D3080

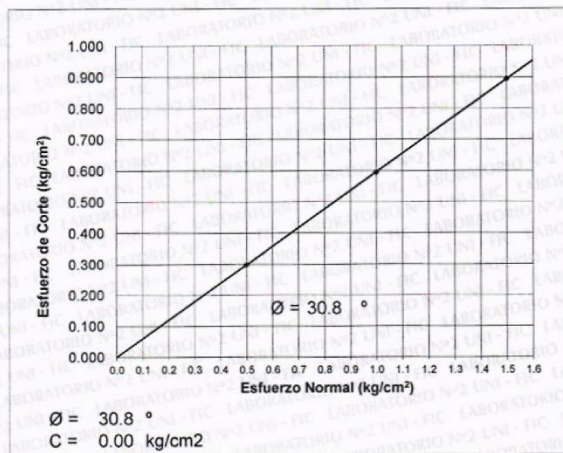
Procedimiento interno AT-PR.9

Estado : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)
Calicata : M-3
Muestra : 0+200
Prof. (m.) : 1.20
Referencia : Parte Media - Margen Izquierdo

% DEFORMACIÓN TANGENCIAL vs. ESFUERZO DE CORTE



ESFUERZO NORMAL vs. ESFUERZO DE CORTE



ING. HECTOR ESPINOZA CCENTE
JEFE (e) LABORATORIO N° 02 MECANICA
DE SUELOS Y PAVIMENTOS UNI - FIC

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Apartado 1301 - Perú
Teléfono: (511) 381-3842, Central Telefónica: 481-1070 Anexo 4019
www.lms.uni.edu.pe, e-mail: lms\_fic@uni.edu.pe, lms.servicios@uni.edu.pe

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Engineering
Technology
Accreditation
Commission



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Nº 024741

**Facultad de Ingeniería Civil**  
**Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos**

INFORME N° S22 - 018-3-2

SOLICITANTE : JOSUE ALBERTH PALOMINO ZUMAETA  
PROYECTO : RESTAURACIÓN DE RIBERAS APLICANDO METODOS DE EQUILIBRIO LÍMITE  
PARA EL CONTROL DE DESBORDES EN EL ASENTAMIENTO HUMANO  
0 NICOLAS DE PIEROLA, LURIGANCHO, CHOSICA - LIMA, 2021  
UBICACIÓN : LIMA - SAN JUAN DE LURIGANCHO - CHOSICA  
FECHA : 26 DE ENERO 2021

**RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

Calicata : M-3  
Muestra : 0+200  
Prof. (m.) : 1.20  
Referencia : Parte Media - Margen Izquierdo

**MATERIAL QUE PASA LA MALLA N° 4**

**DENSIDAD MAXIMA NLT-205**

Densidad máxima (g/cm<sup>3</sup>) : 2.082

**DENSIDAD MINIMA NLT-204**

Densidad mínima (g/cm<sup>3</sup>) : 1.430

**Nota:**

Los resultados de los ensayos corresponden a la muestra proporcionada por el cliente.

Los datos del solicitante, proyecto, procedencia e identificación fueron indicados por el cliente.

Ejecución : Téc. C. Hinostroza G.

Aprobación : Ing. H. Espinoza C.



ING. HECTOR ESPINOZA CCENTE  
JEFE (a) LABORATORIO N° 02 MECANICA  
DE SUELOS Y PAVIMENTOS UNI-FIC

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Apartado 1301 - Perú  
Teléfono: (511) 381-3842, Central Telefónica: 481-1070 Anexo 4019  
www.lms.uni.edu.pe, e-mail: lms\_fic@uni.edu.pe, lms.servicios@uni.edu.pe

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Engineering  
Technology  
Accreditation  
Commission



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Nº 024740

Facultad de Ingeniería Civil  
Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos

INFORME N° S22 - 018-3-3

SOLICITANTE : JOSUE ALBERTH PALOMINO ZUMAETA  
PROYECTO : RESTAURACIÓN DE RIBERAS APLICANDO METODOS DE EQUILIBRIO LÍMITE  
PARA EL CONTROL DE DESBORDES EN EL ASENTAMIENTO HUMANO  
NICOLAS DE PIEROLA, LURIGANCHO, CHOSICA - LIMA, 2021  
UBICACIÓN : LIMA - SAN JUAN DE LURIGANCHO - CHOSICA  
FECHA : 26 DE ENERO 2021

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Calicata : M-3  
Muestra : 0+200  
Prof. (m.) : 1.20  
Referencia : Parte Media - Margen Izquierdo

ENSAYO CONTENIDO DE HUMEDAD - REFERENCIA ASTM D2216  
Procedimiento Interno: AT-PR.1

Contenido de Humedad (%) : 0.7  
Método "B"

Nota:

Los resultados de los ensayos corresponden a la muestra proporcionada por el cliente.

Los datos del solicitante, proyecto, procedencia e identificación fueron indicados por el cliente.

Ejecución : Téc. C. Hinojosa G.

Aprobación : Ing. H. Espinoza C.



ING. HECTOR ESPINOZA COENTE  
JEFE (a) LABORATORIO N° 02 MECÁNICA  
DE SUELOS Y PAVIMENTOS UNI-FIC

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Apartado 1301 - Perú  
Teléfono: (511) 381-3842, Central Telefónica: 481-1070 Anexo 4019  
www.lms.uni.edu.pe, e-mail: lms\_fic@uni.edu.pe, lms.servicios@uni.edu.pe

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Engineering  
Technology  
Accreditation  
Commission



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Nº 024739

**Facultad de Ingeniería Civil**  
**Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos**

INFORME N° S22 - 018-3-4

**SOLICITANTE** : JOSUE ALBERTH PALOMINO ZUMAETA  
**PROYECTO** : RESTAURACIÓN DE RIBERAS APLICANDO METODOS DE EQUILIBRIO LIMITE  
PARA EL CONTROL DE DESBORDES EN EL ASENTAMIENTO HUMANO  
NICOLAS DE PIEROLA, LURIGANCHO, CHOSICA - LIMA, 2021  
**UBICACIÓN** : LIMA - SAN JUAN DE LURIGANCHO - CHOSICA  
**FECHA** : 26 DE ENERO 2021

**REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

Calicata : M-3  
Muestra : 0+200  
Prof. (m.) : 1.20  
Referencia : Parte Media - Margen Izquierdo

**GRAVEDAD ESPECIFICA RELATIVO DE SOLIDOS - REFERENCIA ASTM D854**

Procedimiento interno AT-PR.3 - Método "A"

Masa del suelo seco(gr)	108.42
Masa del frasco + Masa del suelo + Masa del agua(gr)	737.29
Masa del frasco + Masa del agua(gr)	667.98

Gravedad Especifica Relativo de Sólidos a Temperatura de Ensayo : 2.772  
Temperatura de Ensayo (°C) : 25.5  
Gravedad Especifica Relativo de Sólidos a 20 °C : 2.769

**Nota:**

Los resultados de los ensayos corresponden a la muestra proporcionada por el cliente.

Los datos del solicitante, proyecto, procedencia e identificación fueron indicados por el cliente.

Ejecución : Téc. C. Hinojosa G.

Aprobación : Ing. H. Espinoza C.



ING. HECTOR ESPINOZA CCENTE  
JEFE (a) LABORATORIO N° 02 MECANICA  
DE SUELOS Y PAVIMENTOS UNI - FC

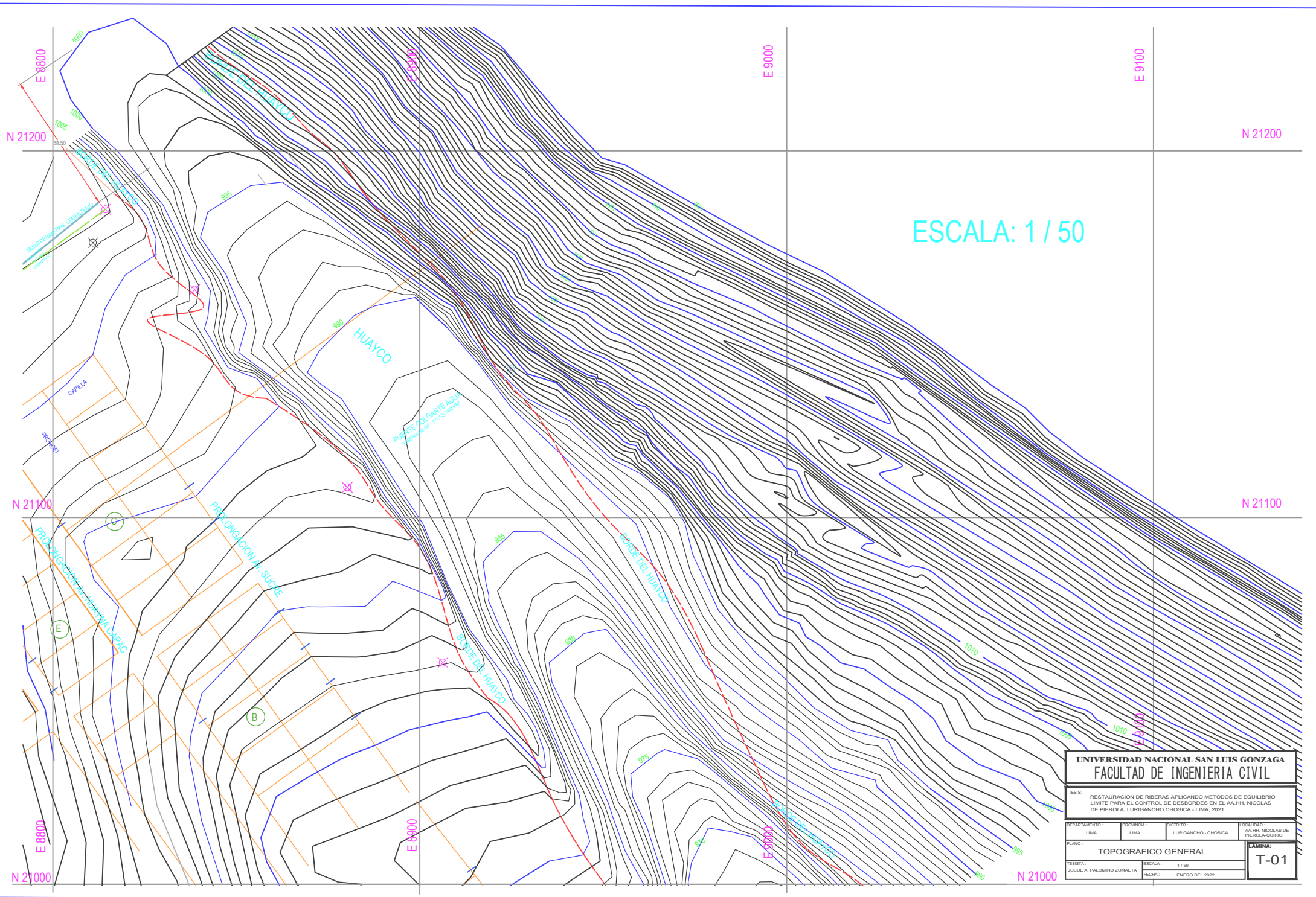
Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Apartado 1301 - Perú  
Teléfono: (511) 381-3842, Central Telefónica: 481-1070 Anexo 4019  
www.lms.uni.edu.pe, e-mail: lms\_fic@uni.edu.pe, lms.servicios@uni.edu.pe

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Engineering  
Technology  
Accreditation  
Commission

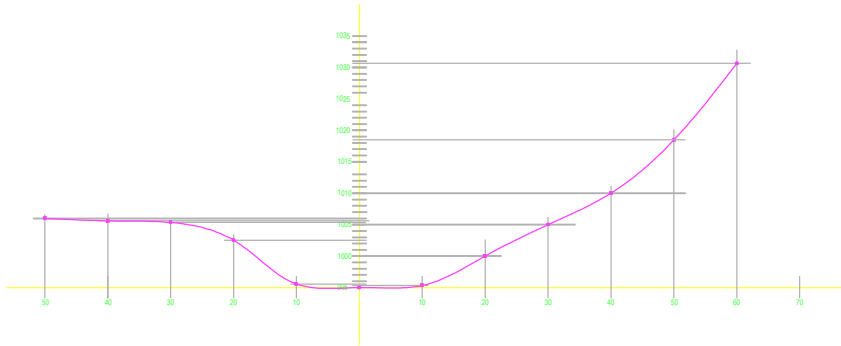
# PLANOS



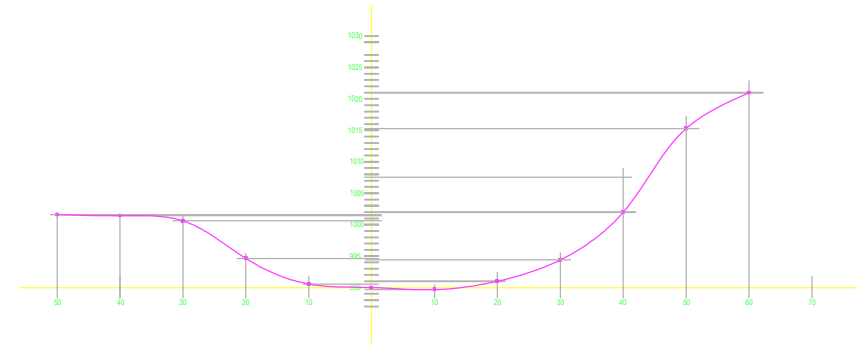
ESCALA: 1 / 50

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA</b>			
<b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL</b>			
TESIS: RESTAURACION DE RIBERAS APLICANDO METODOS DE EQUILIBRIO LIMITE PARA EL CONTROL DE DESBORDES EN EL AA.HH. NICOLAS DE PIEROLA, LURIGANCHO CHOSICA - LIMA, 2021			
DEPARTAMENTO: LIMA	PROVINCIA: LIMA	DISTRITO: LURIGANCHO - CHOSICA	LOCALIDAD: AA.HH. NICOLAS DE PIEROLA-QUIRO
PLAN: TOPOGRAFICO GENERAL			LAMINA: <b>T-01</b>
TESIS: JOSUE A. PALOMINO ZUMAETA	ESCALA: 1 / 50	FECHA: ENERO DEL 2022	

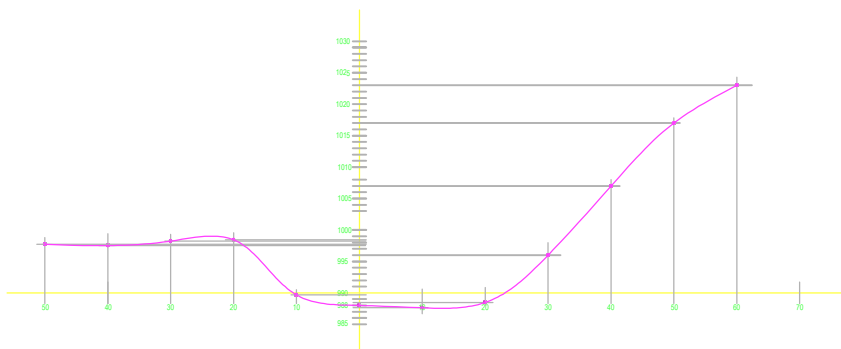
SECCION 1-1 (COTA 995)



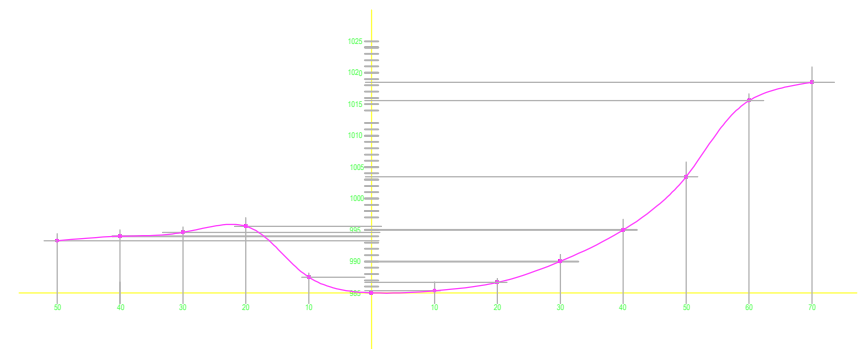
SECCION 2-2 (COTA 990)



SECCION 3-3 (PUENTE COLGANTE)

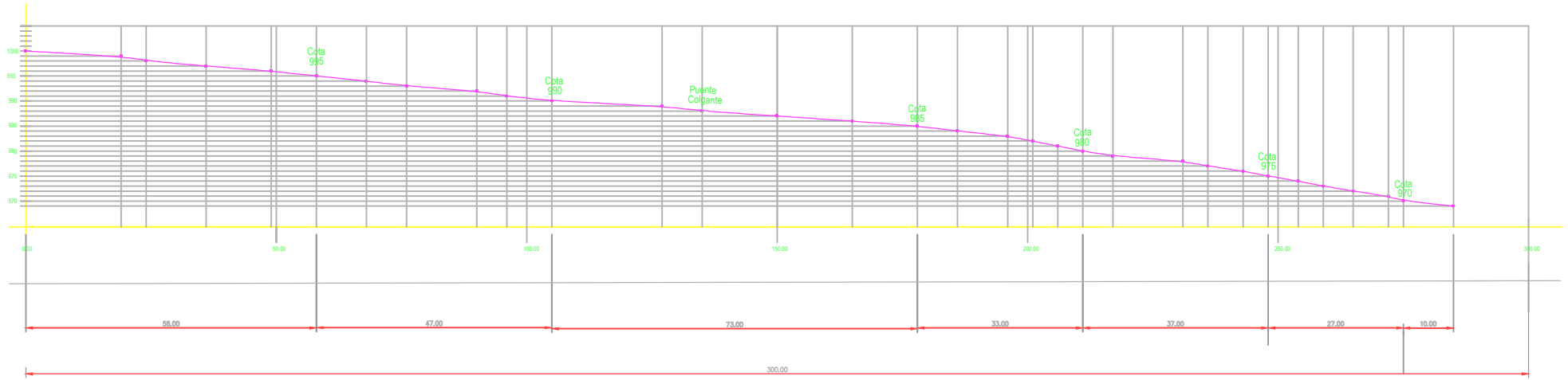


SECCION 4-4 (COTA 985)



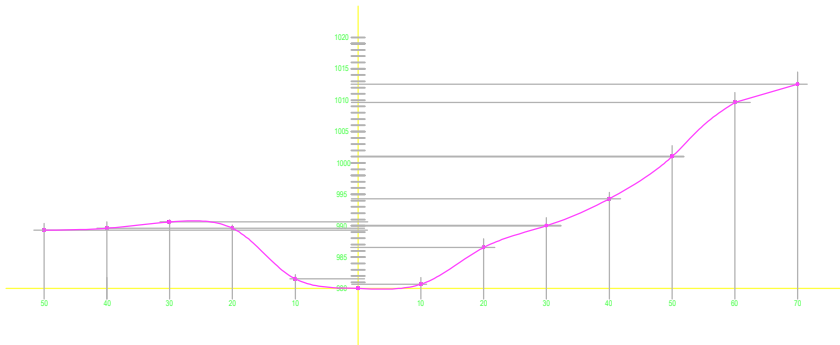
## SECCIONES TRANSVERSALES

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA</b>			
<b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL</b>			
TESIS: RESTAURACION DE RIBERAS APLICANDO METODOS DE EQUILIBRIO LIMITE PARA EL CONTROL DE DESBORDES EN EL AA.HH. NICOLAS DE PIEROLA, LURIGANCHO CHOSICA - LIMA, 2021			
DEPARTAMENTO: LIMA	PROVINCIA: LIMA	DISTRITO: LURIGANCHO - CHOSICA	LOCALIDAD: AA.HH. NICOLAS DE PIEROLA-QUIRBO
PLANO: SECCIONES TRANSVERSALES			<b>LAMINA:</b> <b>T-01</b>
TESISITA: JOSUE A. PALOMINO ZUMAETA		ESCALA: INDICADA	FECHA: ENERO DEL 2022

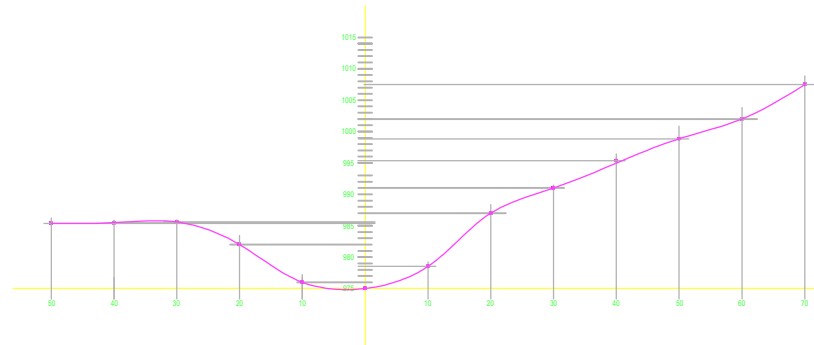


## PERFIL LONGITUDINAL

SECCION 5-5 (COTA 980)



SECCION 6-6 (COTA 975)



## SECCIONES TRANSVERSALES

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA</b>			
<b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL</b>			
<small>TESIS: RESTAURACION DE RIBERAS APLICANDO METODOS DE EQUILIBRIO LIMITE PARA EL CONTROL DE DESBORDES EN EL AA.HH. NICOLAS DE PIÉROLA, LURIGANCHO CHOSICA - LIMA, 2021</small>			
DEPARTAMENTO: LIMA	PROVINCIA: LIMA	DISTRITO: LURIGANCHO - CHOSICA	LOCALIDAD: AA.HH. NICOLAS DE PIÉROLA-QUIERO
<small>PLANO:</small> <b>PERFIL LONGITUDINAL</b>			<small>CARMINA:</small> <b>T-01</b>
<small>TESISTA:</small> JOSUE A. PALOMINO ZUMAETA	<small>ESCALA:</small> 1 / 50	<small>FECHA:</small> ENERO DEL 2022	