



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA AGRÍCOLA



TESIS

**EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE MÁRGENES Y EROSIÓN DE PIE
PARA LA PREDICCIÓN DE RETIRO LATERAL EN EL RÍO RAMIS**

PRESENTADO POR:

ECLER MAMANI CHAMBI

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAGÍSTER SCIENTIAE EN INGENIERÍA DE RECURSOS HÍDRICOS

PUNO, PERÚ

2021



Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE MARGENES Y EROSION DE PIE PARA LA PREDICCIÓN DE RETIRO LATERAL EN EL RIO RAMIS

AUTOR

Ecler Mamani Chambi

RECuento DE PALABRAS

15125 Words

RECuento DE CARACTERES

76285 Characters

RECuento DE PÁGINAS

112 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

12.8MB

FECHA DE ENTREGA

Apr 5, 2023 12:16 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Apr 5, 2023 12:18 PM GMT-5

● 3% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos es:

- 2% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 1% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 14 palabras)
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente



Roberto Alvaro Alejo
Mg. Roberto Alvaro Alejo
INGENIERO AGRICOLA
Req. CIP N° 63562

Edilberto Velarde Coaquira
D.Sc. Velarde Coaquira Edilberto
Coordinador de Investigación de la Unidad de Posgrado
Maestría en Ciencias de la Ingeniería Agrícola



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA AGRÍCOLA

TESIS

**EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE MARGENES Y EROSION DE PIE PARA
LA PREDICCIÓN DE RETIRO LATERAL EN EL RIO RAMIS**

PRESENTADA POR:

ECLER MAMANI CHAMBI

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAGISTER SCIENTIAE EN INGENIERÍA DE RECURSOS HIDRICOS

APROBADO POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

Dr. GERMAN BELÍZARIO QUISPE

PRIMER MIEMBRO

M. Sc. OSCAR RAUL MAMANI LUQUE

SEGUNDO MIEMBRO

M. Sc. HECTOR ALFREDO HUAMAN GUTIERREZ

ASESOR DE TESIS

M. Sc. ROBERTO ALFARO ALEJO

Puno, 27 de octubre de 2021

ÁREA: Ingeniería y tecnología
TEMA: Erosión de bancos de ríos
LÍNEA: Ingeniería de recursos hídricos



DEDICATORIA

A mi familia:

Mi esposa Gladys y mis retoños Joseph Daniel y David Abdiel, por ser mis tres tesoros más preciados para seguir adelante, siempre están a mi lado y me apoyan.

A mis padres y hermanos por el esfuerzo inicial que han puesto en mí y la confianza que siempre me han depositado para no defraudarlos.

ECLER



AGRADECIMIENTOS

- En primer lugar, a Dios por su amor y fortaleza.
- Mis reconocimientos especiales a mi jurado calificador: Dr. German Belizario Quispe, M.Sc. Oscar Raúl Mamani Luque y M.Sc. Héctor Huamán Gutiérrez por su orientación y al M.Sc. Roberto Alfaro Alejo por su asesoramiento y el apoyo que me brindó en el presente trabajo de investigación.
- A la Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ingeniería Agrícola, Maestría en Ciencias de la Ingeniería Agrícola, mención en Ingeniería de Recursos Hídricos por brindarme la formación académica para ser un profesional competente.
- A la Universidad Peruana Unión, Escuela Profesional de Ingeniería Civil por brindarme los laboratorios de mecánica de suelos para el desarrollo de los ensayos respectivos para la realización de la presente tesis, además agradecer al responsable del laboratorio de mecánica de suelos Ing. Yesenia Apaza Pinto por su apoyo en el área de geotecnia para culminar este trabajo.



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE ANEXOS	ix
ÍNDICE DE ACRONIMOS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. Marco teórico	3
1.1.1 Caracterización de morfométrica de ríos	3
1.1.2 Erosión de material de laderas y escorrentía	3
1.1.3 Definiciones de hidráulica fluvial	4
1.1.4 Descripción del modelo BSTEM	10
1.1.5 Utilización de imágenes aéreas en el mapeo de inundaciones y retiro de riberas	15
1.1.6 Influencia de la vegetación riparia	16
1.1.7 Relaciones empíricas para determinar los parámetros de erodabilidad	17
1.1.8 Modelo de retiro de banco basado en proceso	18
1.2. Antecedentes	19



CAPÍTULO II PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Identificación del problema	22
2.2. Enunciado del problema	23
2.2.1 Pregunta General:	24
2.2.2 Preguntas específicas:	24
2.3. Justificación	24
2.4. Objetivos	25
2.5. Hipótesis	25
2.5.1 Hipótesis general	25
2.5.2 Hipótesis específicas	25

CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de estudio	26
3.2. Población	27
3.3. Muestra	29
3.4. Métodos de investigación	30
3.4.1 Tipo de Investigación	30
3.4.2 Diseño de Investigación	30
3.5. Descripción detallada de método por objetivos específicos	30
3.5.1 Hidrología e hidráulica del rio Ramis	30
3.5.2 Caracterización geotécnica	32
3.5.3 Modelamiento de erosión del cauce y estabilidad lateral	32
3.5.4 Análisis de imágenes satelitales	33

CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Características hidrológica e hidráulica	35
---	----



4.1.1	Información hidrométrica estación Puente Ramis	35
4.1.2	Análisis de frecuencia de caudales máximos instantáneos	36
4.1.3	Resultados de la hidráulica del tramo	36
4.2.	Caracterización geotécnica de suelos	38
4.3.	Modelamiento de erosión el cauce	39
4.3.1	Parámetros de erodabilidad a partir de fórmulas empíricas y modelado hidráulico	39
4.3.2	Resultados del análisis de retiro de los bancos	41
4.4.	Resultados del análisis de imágenes aéreas	44
4.5.	Discusión	45
	CONCLUSIONES	48
	RECOMENDACIONES	50
	BIBLIOGRAFÍA	51
	ANEXOS	59



ÍNDICE DE TABLAS

1. Clasificación de canales y sus características	6
2. Habitantes, superficie y área de inundación de las comunidades	28
3. Comunidades y parcialidades de alto riesgo	28
4. Lugares de muestreo y posición	29
5. Caudales máximos para diferentes períodos de retorno–Estación Puente Ramis	36
6. Propiedades de suelos en los sitios de estudio	39
7. Estimados de parámetros de erodabilidad usando formulas empíricas	40
8. Estimados de retiro mediante imagen satelital	45

ÍNDICE DE FIGURAS

1. Las formas de un río (a) Multicanal (trenzado y ramificado), (b) Canal único (recto y meándrico)	6
2. a) Ilustración del concepto de caudal dominante. b) variación del esfuerzo cortante en función del caudal circulante (Vide, 2009)	7
3. Mecanismos de falla de bancos: a) falla rotacional, b) falla planar, c) falla cantilever, y d) falla por tubificación o sapping	10
4. Procesos acoplados en la integración del modelo BSTEM y HEC-RAS	11
5. Fuerzas que actúan durante la erosión y falla del banco en BSTEM.	12
6. Zonas de potencial inundación en zona baja del río Ramis (GRP, 2013)	27
7. Ubicación tramo de estudio usado para alineamiento HEC-RAS del río Ramis	30
8. Puntos para la mitad de la sección transversal del modelo BSTEM	32
9. Diagrama del modelado de la erosión lateral utilizando el modelo BSTEM	33
10. Variación de niveles horarios sitio P-01, río Ramis	35
11. Sección del río Ramis en los puntos seleccionados.	37
12. Esfuerzo cortante en canal principal y banco izquierdo (LOB) y derecho (ROB)	38
13. Relación del esfuerzo cortante crítico y el coeficiente de erosionabilidad	41
14. Bancos típicos río Ramis, cercanías del sitio P-02	42
15. Imagen del modelo de pie y estabilidad lateral en secciones analizadas	43
16. Imagen satelital de variación del retiro del río Ramis en P-01, margen izquierdo	44



ÍNDICE DE ANEXOS

1. Resultado de ensayo de laboratorio suelo	59
2. Variación del retiro en imágenes satelitales	89
3. Resultados de modelamiento hidráulico en HEC-RAS.	99



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

- AIA** : Análisis de Imágenes Aéreas
- BSTEM** : Bank Stability and Toe Erosion Model (Modelo de Estabilidad de bancos y erosión de pie)
- GRP** : Gobierno Regional de Puno
- HECRAS** : Hydrologic Engineering Center – River Analysis System
- HECHMS** : Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Modeling System
- SENAMHI** : Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
- FS** : Factor de Seguridad
- USDA** : United States Department of Agriculture

RESUMEN

El retroceso de bancos es un proceso importante en la dinámica fluvial de los ríos, y sus cambios afectan a las inundaciones y al desarrollo de hábitats. La investigación tiene como objetivo evaluar la estabilidad de márgenes y erosión de pie para tres sitios del río Ramis, que es el afluente más importante del lago Titicaca. Las mediciones de campo se realizaron a lo largo del tramo de estudio, tomando muestras de suelo, estudios de secciones transversales de ríos y mediciones hidrológicas. El retiro lateral máximo y el factor mínimo de seguridad se consideró para la condición de inundación con caudal dominante, que se tomó de 2 a 5 años de periodo de retorno. En las muestras de suelo tomadas en los sitios se realizaron pruebas de laboratorio para obtener parámetros de resistencia al corte. El retiro lateral máximo estimado con el modelo en las secciones transversales fueron 6.89, 36.9 y 474.11 cm y el factor de seguridad de talud fue 1.45, 1.97 y 1.18 respectivamente, lo que indica la relativa estabilidad de las secciones transversales estudiadas. Mientras que los retiros identificados por el análisis de imagen satelital desde el año 2002 al 2020 fueron de 1.15, 1.99 y 0.92 m. Estos resultados muestran que los sitios P-01, P-02 y P-03 se enfrentan a problemas importantes de erosión de riberas. La causa principal de la erosión de pie se debe a la corriente hidrodinámica y la principal causa de la inestabilidad y falla es debido a las características geotécnicas y al nivel hidráulico del río Ramis. Si bien los suelos de los bancos son erosionables, principalmente el estrato inferior, varios tramos del río Ramis en los últimos años están siendo protegidos con enrocado, y se puede deducir que cesará el retiro, sin embargo, la mayor parte del tramo estudiado está supeditado a sufrir erosión en los próximos años.

Palabras Clave: Estabilidad de bancos, erosión de pie, BSTEM, río Ramis, erosión fluvial, ingeniería de ríos.

ABSTRACT

Bank retreat is an important process in the fluvial dynamics of rivers, and its changes affect flooding and habitat development. The objective of the research is to evaluate the stability of margins and foot erosion for three sites of the Ramis River, which is the most important tributary of Lake Titicaca. Field measurements were made along the study stretch, taking soil samples, river cross-section studies, and hydrological measurements. The maximum lateral retreat and the minimum safety factor were considered for the dominant flow flood condition, which took a 2 to 5 year return period. Laboratory tests were performed on the soil samples taken at the sites to obtain shear strength parameters. The maximum lateral setback estimated with the model in the cross sections were 6.89, 36.9 and 474.11 cm and the slope safety factor was 1.45, 1.97 and 1.18 respectively, which indicates the relative stability of the cross sections studied. While the retreats identified by satellite image analysis from 2002 to 2020 were 1.15, 1.99 and 0.92 m. These results show that sites P-01, P-02 and P-03 face significant problems of bank erosion. The main cause of foot erosion is due to hydrodynamic current and the main cause of instability and failure is due to the geotechnical characteristics and hydraulic level of the Ramis River. Although the soils of the banks are erodible, mainly the lower stratum, several sections of the Ramis River in recent years have been protected with riprap, and it can be deduced that the withdrawal will cease, however, most of the section studied is subject to suffer erosion in the coming years.

Keywords: Bank Stability, erosion of toe, BSTM, Ramis river, fluvial erosion.

INTRODUCCIÓN

El retiro de la ribera del río es un problema importante a nivel mundial que afecta la infraestructura y las propiedades laterales de ríos, los hábitats en el arroyo y la calidad del agua Semmad & Chalermyanont (2018). La erosión de bancos es una de las principales fuentes de sedimentos en arroyos y ríos. El sedimento excesivo de la erosión de la orilla del río es uno de los contaminantes de aguas superficiales más comunes que degradan la calidad del agua y destruyen los hábitats acuáticos (Issaka & Ashraf, 2017; Midgley et al., 2012). Además, muchos estudios han demostrado que la erosión de la orilla del río contribuye con una gran parte del rendimiento de sedimento en un sistema de drenaje, lo que reduce la capacidad de drenaje del río y, por lo tanto, provoca inundaciones (Grissinger et al., 1991; Sarma, 2013). Por lo tanto, el retiro de la orilla del río involucra el ecosistema general del río y causa enormes pérdidas económicas con daños a los recursos naturales (ASCE, 1998). En general, la erosión de riberas es un problema global y el río Ramis no es una excepción, presentándose casos de retiro de bancos en su tramo final cerca a la desembocadura al lago Titicaca. Trabajos recientes de Deng et al., (2019) y Rinaldi & Nardi, (2013) han proporcionado ejemplos de modelos hidrodinámicos a escala de tramo combinados con modelado de la estabilidad del banco a escala del perfil del banco. Se han utilizado técnicas de sensoramiento remoto para ver la interpretación geomorfológica de los ríos ante la presencia de avenidas (Lehotský et al., 2017).

La metodología consistió en la caracterización hidrológicas e hidráulica, los materiales y los componentes de geometría de las márgenes del tramo de análisis del río Ramis. Posteriormente se realiza el modelamiento de la erosión de márgenes y el análisis de estabilidad en el tramo.



Sin embargo, se han realizado pocos intentos para vincular la estabilidad del banco con las condiciones de flujo hidrodinámico a escala de tramo. de las prácticas de estabilización de márgenes sobre el río Cedar, Nebraska.

El río Ramis está sufriendo los riesgos de erosión de los bancos y su inestabilidad de los bancos, lo que representa una gran amenaza para las infraestructuras, la tierra y las zonas de asentamiento. Cada año, las estructuras civiles y las tierras agrícolas que bordean el río Ramis se enfrentan a los peligros causados por el cambio de lecho. Por lo que se precisa un método confiable para determinar la cantidad de retroceso y la predicción de la estabilidad lateral. La hipótesis planteada fue que la estimación de la estabilidad de bancos y erosión de pie mediante relaciones empíricas basadas en propiedades del suelo, geometría y nivel hidráulico del banco, nos permiten estimar el retiro lateral en el río Ramis.

El objetivo general de nuestra investigación es explorar un método de modelado de falla planar como el BSTEM para un análisis combinado de estabilidad bancaria a escala de tramo e intentar cuantificar el retiro lateral ocurrido en los últimos años.

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. Marco teórico

1.1.1 Caracterización de morfométrica de ríos

1.1.1.1. Características de cuencas hidrográficas, geometría del río

Para propósitos del estudio para estabilización o protección de bancos de ríos, es importante la caracterización de la cuenca aguas arriba del tramo, algunas características importantes pueden ser área, perímetro, factor de forma, longitud del río principal, altura media (Gonzales & Alejo, 2008). La geometría del río implica la obtención de las dimensiones de la sección transversal mediante batimetría a lo largo del tramo de estudio (Vasquez, 2017), el tratamiento de la información de campo es esencial para producir un modelo digital del río y su posterior procesamiento para el uso en el modelamiento hidráulico (Romali et al., 2018). También es importante la estimación de los caudales en base a las características de la cuenca para diferentes periodos de retorno y la variabilidad a lo largo del año y su comparación con las mediciones de campo (Ponce, 1989).

1.1.2 Erosión de material de laderas y escorrentía

La lluvia es el principal agente en los procesos erosivos de laderas, debido a ello el impacto de la lluvia remueve el material de la ladera Guerra et al (2017). El flujo

líquido y el material sólido se incorporan a la escorrentía superficial, posteriormente la escorrentía superficial se concentra en pequeños cauces que van incrementando su tamaño por procesos erosivos. Los procesos erosivos se producen en toda la extensión de una cuenca hidrográfica (Condori et al., 2019). El flujo transportado por un río está compuesto por agua y sedimentos. El material sólido transportado por los ríos en un tramo determinado depende del tipo de sedimentos producido por su cuenca aportante y de las características físicas del tramo (Ponce, 1989).

En tramos de río con fuerte pendiente predomina el material de gran tamaño, conforme la pendiente descende, por lo general el tamaño de los sedimentos se hace menor, en tramos de baja pendiente predomina el material fino. La interacción entre el transporte líquido y el transporte sólido determina el comportamiento de un curso natural (Van Rijn, 1993; Wohl, 2020).

1.1.3 Definiciones de hidráulica fluvial

1.1.3.1. Patrones de canal

El número de canales es un criterio importante para la clasificación de ríos basados en su forma de planta. Se puede hacer una distinción fundamental entre ríos de un solo canal y ríos con múltiples canales, mostrado en la Figura 1 (Rhoads, 2020). Los patrones de canal describen la forma en planta de un canal. Los tipos primarios de formas planares son recto, meándrico y trenzado (Alfaro, 2011). El tipo de patrón es dependiente de la pendiente, caudal y carga de sedimento.

a) Canales rectos (hilo único)

- Restringido; barras alternativas móviles; ambientes de grava.
- Raro; inestable.
- Thalweg-parte más profunda.

b) Meándrico

- Canal de hilo único, forma de plano sinuoso, barras de puntos en cada curva.
- Relaciones moderadas de ancho a profundidad, bancos cohesivos, asociados con diques, sedimentos de llanuras de inundación de grano fino.
- Los canales meándricos son canales sinuosos de un solo hilo que generalmente se encuentran en pendientes bajas y en suelos de llanura de inundación de textura fina, es decir, limo y arcilla.
- Los canales serpenteantes se desarrollan en todo el mundo en ríos de todos los tamaños, lo que refleja la propensión a que se desarrolle una planta sinuosa en ríos donde el canal puede migrar libremente a través de una llanura de inundación no confinada. Maghsoudi, et al. (2017) expresaron la clasificación de los canales y sus características según la Tabla 1.

c) Canales trenzados (braided)

- Canales de hilos múltiples, dominados por barras de canal medio, comúnmente grava.
- Grandes relaciones de ancho a profundidad, muy inestables con frecuentes desplazamientos laterales.
- A menudo totalmente reorganizado por grandes inundaciones, sin diques, bancos no cohesivos.

Los depósitos aluviales de los ríos trenzados son importantes depósitos de agua, petróleo, gas, carbón, arena, grava y minerales pesados (Maghsoudi, et al, 2017).

Los canales trenzados se caracterizan por múltiples hilos de canal que se dividen y se unen o se interconectan con otros canales trenzados contenidos dentro de una

llanura trenzada más ancha, con numerosos canales aluviales que se dividen y vuelven a unirse alrededor de barras e islas (Wohl, 2020).

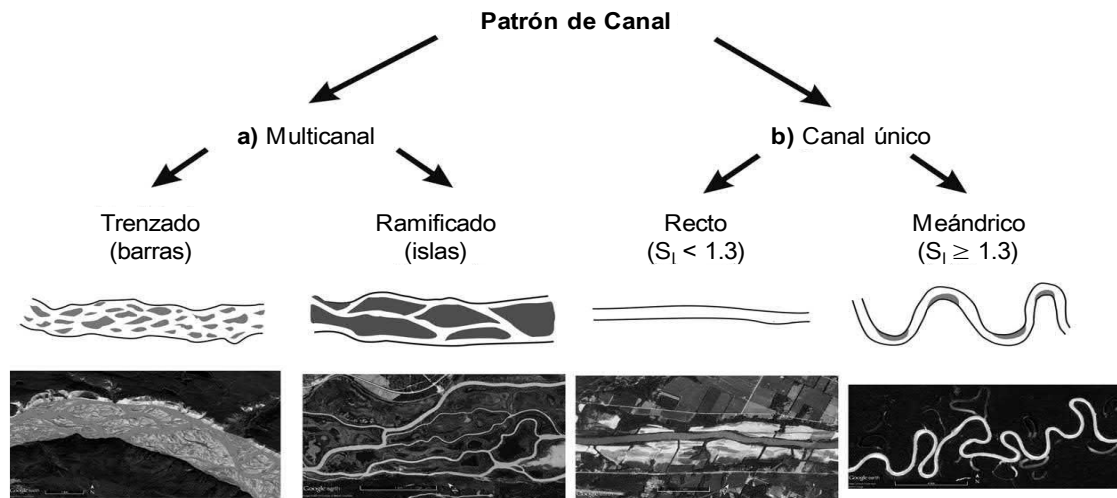


Figura 1. Las formas de un río (a) Multicanal (trenzado y ramificado), (b) Canal único (recto y meándrico)

Fuente: Rhoads (2020).

d) Canales ramificados (anabranching)

Los ríos que se ramifican exhiben configuraciones complejas en planta en las que múltiples canales están separados por islas estables. Los canales individuales dentro de la red de canales interconectados pueden ser serpenteantes, rectos o trenzados.

Tabla 1
Clasificación de canales y sus características

Canales en montañas	Clasificación de canales	Canales en llanura aluvial		
		Delta	Llanura de inundación	Abanico Aluvial
Materiales de lecho de río	Roca, grava	Gravoso	Arenoso	Lodoso
Patrón de canal	Estrecho trenzado	Trenzado	Meándrico, estrecho	Bifurcado, estrecho, meándrico
Transporte por aguas corrientes	Flujo de escombros, tracción	Tracción	Tracción, suspensión	Suspensión
Profundidad de canal	Varios	Poco profundo	Poco profundo a profundo	Profundo
Gradiente de lecho de río	Más empinado que 1/100	1/50 to 1/500	1/100 to 1/2000	Más suave que 1/1000

Fuente: Maghsoudi, et al, (2017)

1.1.3.2. Caudal dominante o formativo.

Es un caudal que conduce a la geometría hidráulica estudiada. Esto demuestra que la geometría es el resultado del flujo y, más precisamente, si la geometría es permanente, se debe a ciertos flujos, ya sea por su tamaño o frecuencia o una combinación de ambos, se caracterizan por ser caudales determinantes (Vide, 2009). Este concepto contiene una clara referencia a la geomorfología ribereña, ya que muchos ríos tienen cauces bien diferenciados, bentónicos, madre y cauce, son algo profundos, y están limitados por las riberas que los separan de las llanuras aluviales, mostrado en la Figura 2.

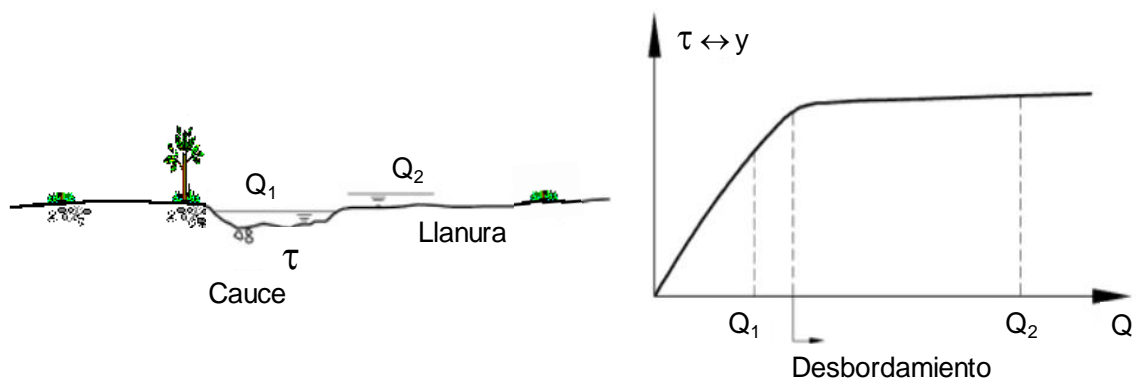


Figura 2. a) Ilustración del concepto de caudal dominante. b) variación del esfuerzo cortante en función del caudal circulante (Vide, 2009).

El río se desborda de su cauce durante crecidas periódicas, y el caudal que llena el cauce hasta el desbordamiento es más importante porque es el principal causante de su forma y dimensión. De hecho, mientras el agua está contenida en el cauce, circula a cierta velocidad, mientras que cuando se desborda un poco, el aumento del caudal inundará la llanura vecina y depositará sedimentos allí, pero básicamente no cambia el flujo en el canal principal (Vide, 2009).

Por lo tanto, bajo la influencia del proceso de sedimentación, la llanura se expande poco a poco, lo que hace menos probable el desbordamiento. Este proceso tiende a

auto equilibrarse en términos de geomorfología, con un canal principal que contiene agua la mayor parte del tiempo, excepto por algunos eventos (inundaciones) que superan su capacidad.

El flujo que llena el canal principal desarrolla el efecto de modulación más grande o significativo sobre el canal (ya sea a la velocidad V o el esfuerzo cortante τ), ya que los caudales más altos son menos frecuentes y, sobre todo, apenas aumenta su influencia (V o τ) (Figura 2b).

En general, se supone que el caudal dominante Q_d es igual al caudal de desbordamiento Q_b , y por tanto se relaciona con la definición de "*bankfull*", nivel de inundación o umbral de excedente (Farias, 2005).

Es por eso que este caudal de caja llena también se conoce como caudal dominante o formativo. Según algunos autores, es un caudal que ocurre en promedio dos veces al año o, según otros, un flujo con un período de retorno de 1.5 años (Knighton, 1998). Para algunas zonas con anomalías hidrológicas, se encontraron resultados más consistentes con un tiempo de retorno de 1.5 a 7 años, todo mayor debido a la gran anomalía hidrológica (Farias, 2005).

1.1.3.3. Proceso de erosión fluvial.

El ajuste del ancho del canal se produce en una amplia variedad de contextos geomórficos y generalmente se acompaña de cambios en otros parámetros morfológicos, como la profundidad del canal, la rugosidad, la composición del material del lecho, la vegetación ribereña, la pendiente energética y la plataforma del canal. Los procesos responsables del ajuste de ancho son diversos, y el proceso de ajuste en sí muestra una amplia variedad de patrones espaciales y temporales. El comité de tareas de ASCE sobre hidráulica, mecánica de bancos y modelado, presenta una lista de ajuste de ancho de río (ASCE, 1998):

- Ensanchamiento por erosión de uno o ambos bancos sin incisión sustancial.
- Ensanchamiento en canales sinuosos por erosión del banco exterior que excede el avance del banco opuesto.
- Ensanchamiento en ríos trezados por flujos desviados alrededor de barras de trenzas en crecimiento.
- Ensanchamiento rápido en corrientes degradantes al aumentar la altura y la inclinación del banco.
- Estrechamiento por formación de bermas o bancos en el canal en los márgenes.
- Estrechamiento en canales sinuosos avanzando barras de puntos que exceden el retiro del banco de corte opuesto.
- Estrechamiento en canales trezados por el abandono de un anabranquio marginal.

El agua que fluye en un canal aluvial ejerce fuerzas de arrastre y sustentación en los contornos que tienden a separar y arrastran partículas de la superficie. El origen de las fuerzas de resistencia varía de acuerdo con el tamaño de grano y la naturaleza del enlace electroquímico que puede existir entre partículas cohesivas. Materiales aluviales de márgenes están formados principalmente por depósitos fluviales y son a menudo estratificados. Además, los depósitos de llanura de inundación típicamente incluyen arena y gravas aluviales, tapones de arcilla y depósitos de fondo de pantano fuertemente cohesionados, por lo que las propiedades del banco de materiales varían en el espacio a distancias relativamente cortas (Langendoen, 2000).

El desprendimiento y transporte de materiales producido por el movimiento del agua está basado en las características geotécnicas del material de fondo y el talud, la geometría de la sección transversal, pendiente longitudinal y las características del

flujo de agua. Entre los tipos de deslizamientos más comunes que se presentan debido a la erosión se pueden citar a la falla en cantiléver, rotacional, planar, entre otros (Figura 3) (Langendoen, 2000).

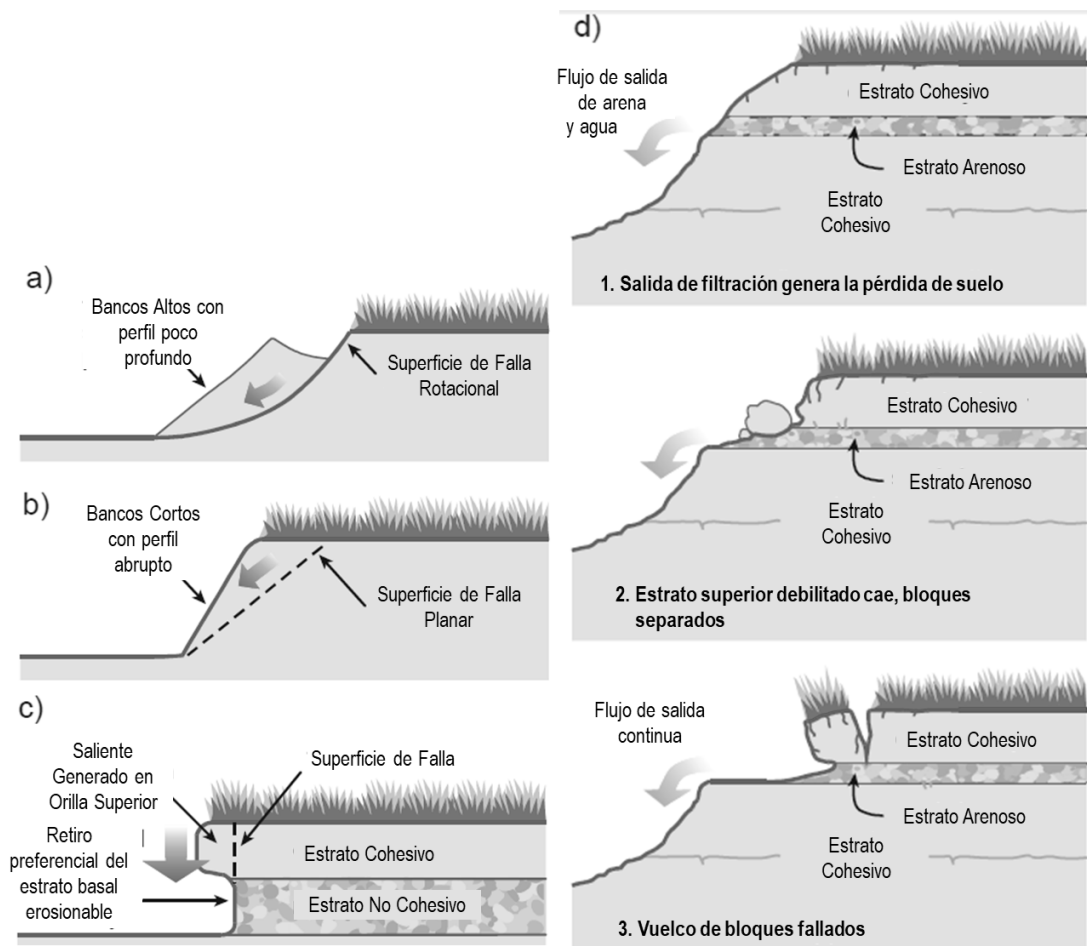


Figura 3. Mecanismos de falla de bancos: a) falla rotacional, b) falla planar, c) falla cantiléver, y d) falla por tubificación o sapping.

1.1.4 Descripción del modelo BSTEM

1.1.4.1. Modelamiento de proceso de erosión de bancos BSTEM.

El Modelo USDA ARS – Bank Stability and Toe Erosion Model (BSTEM) simula dos principales procesos de erosión de bancos (Gibson et al., 2015):

- a) Falla de banco: es un modelo geotécnico que evalúa la estabilidad del banco al calcular los planos de falla a través del banco para determinar si las fuerzas

desestabilizantes superan las fuerzas resistentes y seleccionando el "plano de falla crítico" con el factor de seguridad más bajo (Figura 4) (Gibson et al., 2015).

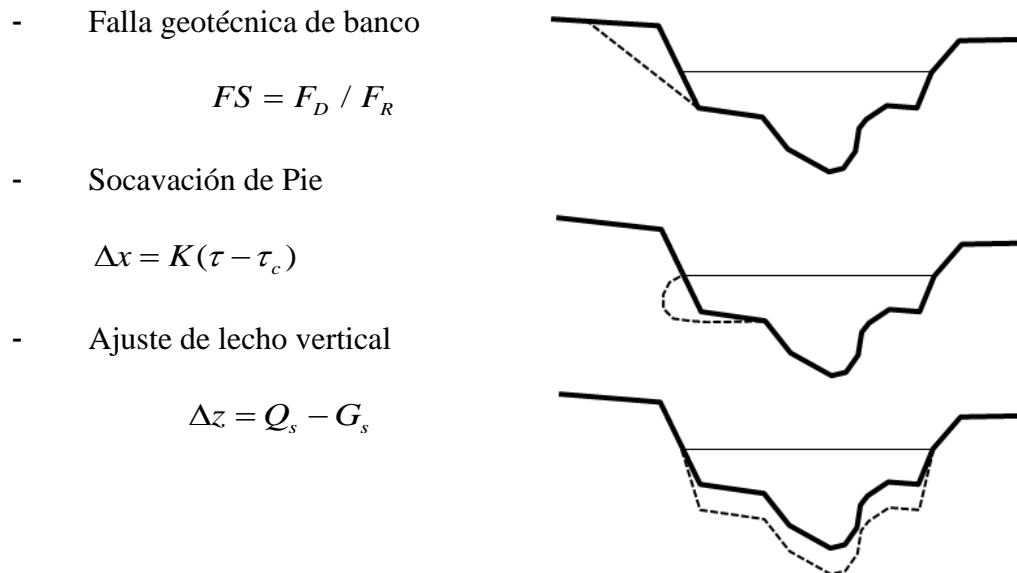


Figura 4. Procesos acoplados en la integración del modelo BSTEM y HEC-RAS.

Donde: FS=factor de seguridad, FD=fuerzas desestabilizadoras, FR=fuerzas resistentes, Δx =cambio lateral de banco, K=erodabilidad, τ =esfuerzo cortante, τ_c =esfuerzo cortante crítico, Δz =cambio de lecho vertical, Q_s =sediment supply, and G_s =sediment capacity.

- b) Socavación de pie: un modelo de erosión lateral que calcula una distribución de corte entre la superficie del agua y la punta del banco y simula la socavación hidráulico lateral en esta zona.
- c) El transporte de sedimentos HEC-RAS simula un tercer proceso: Erosión de canal o deposición: ajuste vertical de la porción del canal de la sección transversal en respuesta a la erosión o deposición. Sin embargo, estos tres procesos interactúan. El cambio vertical puede estabilizar los pies o bancos empinados, acelerando o evitando las fallas de bancos. Socavación y la falla del banco agregan sedimento a la corriente, lo que afecta la continuidad de

los sedimentos y la deposición o erosión aguas abajo al tiempo que disminuye la tensión de cizallamiento disponible para una descarga determinada. Para simular estos procesos simultáneamente, y para capturar las interacciones y las reacciones entre ellos, se incorporaron los algoritmos USDA-ARS BSTEM en los algoritmos de transporte de sedimentos HEC-RAS (Gibson et al., 2015).

1.1.4.2. Estabilidad de banco por el modelo BSTEM

Factor de seguridad

El módulo de estabilidad del banco de BSTEM determina un factor de seguridad (FS) relacionando las fuerzas resistentes con las fuerzas desestabilizantes. El FS se determina a través de capas horizontales y dovelas verticales.

Para las capas horizontales, el modelo utiliza un análisis de equilibrio límite en el que se usa el criterio de falla de Mohr-Coulomb (Ecuación 1) para las capas de banco saturadas y el criterio de Fredlund para las capas de banco no saturadas, resultando un factor de seguridad expresado como (USDA-ARS, 2016).

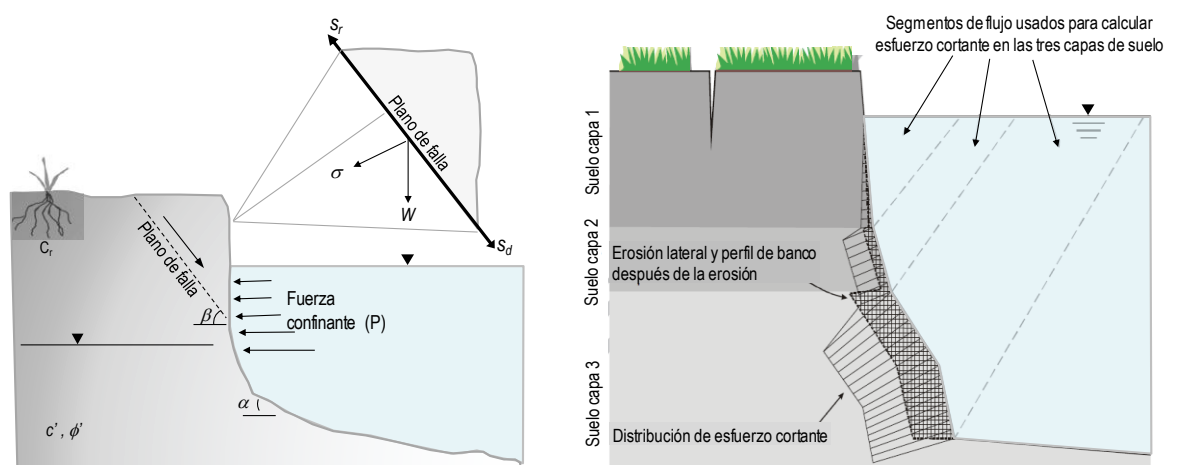


Figura 5. Fuerzas que actúan durante la erosión y falla del banco en BSTEM.

Fuente: documentación técnica de BSTEM (USDA-ARS, 2016) y (Daly et al., 2015).

$$FS = \frac{\sum_{i=1}^I (c'_i L_i + \psi_i L_i \tan(\phi_i^b) + [W_i \cos \beta - U_i + P_i \cos(\alpha' - \beta)] \tan(\phi'_i))}{\sum_{i=1}^I (W_i \sin \beta - P_i \sin[\alpha' - \beta])} \quad (1)$$

Donde: c' es la cohesión efectiva (kPa), σ es el esfuerzo normal (kPa), ϕ' es el ángulo de fricción interna en grados, ψ es la succión matricial o la diferencia entre la presión del aire y la presión del agua de los poros (kPa), y ϕ^b es un ángulo que describe la relación entre la resistencia al corte y la succión matricial (grados), L_i es la longitud de la superficie a lo largo del plano de falla incorporado en la capa vertical i (m), W_i es el peso de la capa vertical i (kN), P_i es la fuerza hidrostática de confinamiento debida al nivel externo del agua (kN/m) que actúa sobre la capa vertical i , β es el ángulo del plano de falla (grados desde la horizontal), α' es el ángulo del banco local (grados desde la horizontal), y ϕ'_i es el ángulo de fricción interna de suelo de la capa I (grados a partir de la horizontal).

Para *dovelas verticales*, el modelo examina las fuerzas normales y de corte activas en dovelas de los bloques de falla (porciones del banco sobre la superficie de falla). Este modelo incorpora un proceso iterativo de cuatro pasos que incluye la fuerza normal que actúa en la base de una dovela, N_j , fuerza normal interdovela, I_{nj} , y fuerza de corte interdovela, I_{sj} , donde j es el número de dovela y J es el número total de dovelas verticales. La Fr para dovelas verticales incluye la fuerza de cohesión (c') cuantificada anteriormente sobre la longitud específica del lugar de falla en la dovela vertical, L_j , la fuerza de succión matricial, $\psi_j \tan(\phi_j^b)$, para cada dovela vertical, y la diferencia entre la fuerza normal y la fuerza hidrostática de sustentación, $(N_j - U_j) \tan \phi'_j$, sumada sobre J las rebanadas verticales. Por lo tanto, el FS está dado por la siguiente ecuación (Al-Madhhachi et al., 2020):

$$FS = \frac{\cos \beta \sum_{j=1}^J (c'_j L_j + S_j \tan(\phi_j^b) + [N_j - U_j] \tan(\phi'_j))}{\sin \beta \sum_{j=1}^J (N_j) - P_j} \quad (2)$$

Donde: S_j es el peso del suelo de la fuerza motriz dominante, kN; U_j es la fuerza hidrostática en la parte saturada del plano de falla, kN; y N_j es la fuerza normal que actúa en la base de una dovela, kN.

Para *fallas por corte en voladizo*, el FS es simplemente una relación de la resistencia al corte de la(s) capa(s) del suelo al peso del voladizo (capa o bloque de suelo sobresaliente) y similar a la ecuación (2) anterior:

$$FS = \frac{\sum_{i=1}^I (c'_i L_i + \psi_i \tan(\phi_i^b) + U_i \tan(\phi'_i))}{\sum_{i=1}^I (W_i - P_i)} \quad (3)$$

Se puede encontrar una derivación y aplicaciones de los modelos de capa horizontal, dovela vertical y falla en voladizo en la documentación técnica (USDA-ARS, 2016) o en varios documentos sobre el modelo (Gilliam, 2011; Thapa, 2016).

Se supone que la falla ocurre cuando las fuerzas desestabilizantes exceden las fuerzas de resistencia (es decir, cuando FS es menor que uno), y varias combinaciones de ángulo de plano de falla y elevación de emergencia de corte (en la cara del banco) se consideran dentro del modelo para determinar el plano de falla con el FS más bajo. Luego de completar el componente de estabilidad del banco de BSTEM, el modelo vuelve a dibujar el banco (si se produjo una falla) y luego se mueve al siguiente paso de tiempo del hidrograma.

Erosión de pie

BSTEM es un modelo por procesos, utiliza como entradas las características de resistencia erosional del suelo, hasta cinco capas de banco, características hidráulicas como la pendiente del canal y la n de Manning, y un hidrograma de la etapa de la corriente (Figura 1) (Daly et al., 2015).

El modelo predice la erosión basada en la hidrodinámica, donde una ecuación de esfuerzo de corte excedente propuesta originalmente por (Partheniades, 1965). La tasa de erosión, ε (m s^{-1}), se calcula como

$$\varepsilon = k_d (\tau_o - \tau_c)^a \quad (4)$$

donde k_d es el coeficiente de erodabilidad ($\text{m}^3/\text{N}/\text{s}$), τ_o es el esfuerzo cortante promedio (kPa), τ_c es el esfuerzo cortante crítico (kPa) del suelo y a es un exponente que generalmente se supone que es la unidad. Los k_d y τ_c son funciones de numerosas propiedades del suelo y típicamente se estiman in situ utilizando pruebas de erosión por chorro (JETs) para suelos cohesivos (Adnan et al., 2021). Para suelos no cohesivos, τ_c se estima típicamente en función del diámetro medio de partícula (Semmad & Chalermyanont, 2018). Para determinar el esfuerzo de corte aplicado y calcular la tasa de erosión, BSTEM utiliza nodos que se especifican a lo largo de la cara del banco (Figura 5). Se calcula el esfuerzo de corte límite promedio que actúa sobre cada nodo del material del banco ($\tau_o = \gamma RS$, donde γ es el peso específico del agua, R es el radio hidráulico local calculado a partir de la profundidad del agua y S es la pendiente del canal).

1.1.5 Utilización de imágenes aéreas en el mapeo de inundaciones y retiro de riberas

La teledetección ofrece un conjunto de métodos en rápido crecimiento mediante los cuales el monitoreo de los corredores fluviales se puede realizar de manera eficiente, en una variedad de escalas y en condiciones ambientales difíciles (Tomsett & Leyland, 2019).

En diversas partes del mundo se han utilizado imágenes de satélite para determinar, como el ancho medio del canal, la sinuosidad y el índice de trenzado se analizaron mediante un Sistema de Información Geográfica (SIG), entre otros. Se estudiaron la frecuencia, duración y magnitudes de las inundaciones utilizando registros de descargas a largo plazo. Así como aspectos como la erosión y la acumulación de ambas sedimentos y movimiento general hacia una de los bancos (Dewan et al., 2017; Thakur et al., 2012).

1.1.6 Influencia de la vegetación riparia

Debido a que BSTEM se basa en el proceso, se pueden agregar al modelo fuerzas adicionales que afectan la estabilidad del banco. Por ejemplo, se sabe que la vegetación ribereña puede afectar la estabilidad del banco, y comúnmente se asume que la resistencia de las raíces de las plantas ancladas en los bancos agrega cierta cantidad de resistencia al suelo, lo que aumenta su resistencia a la falla de la masa. Un componente de fuerza denominado cohesión de la raíz (c_r) se incorpora a la ecuación de Mohr-Coulomb modificada como un factor aditivo (Pollen-Bankhead & Simon, 2009; Simon A, 2002):

$$s_r = c' + c_r + \sigma \tan(\phi') + \psi \tan(\phi^b) \quad (5)$$

Pollen-Bankhead & Simon (2009) han agregado un componente c_r a BSTEM, y discutieron métodos para estimar su magnitud, como cuantificar la resistencia al corte de la raíz y las fuerzas de extracción de la raíz usando un dispositivo Root Puller,

pero estos métodos dependen de pruebas intrusivas e intensivas en el tiempo de resistencia a la tensión de la raíz.

1.1.7 Relaciones empíricas para determinar los parámetros de erodabilidad

Se ha llevado a cabo el modelamiento utilizando software como HEC-RAS y BSTEM, para dar recomendaciones referentes al diseño de estructuras de protección para los tramos analizados, así como el planteamiento de medidas no estructurales (Ashraf & Shakir, 2018; Luppi et al., 2009), cuyos resultados fueron comparados con diferentes métodos.

Existen varios enfoques para determinar los parámetros de erosionabilidad del suelo. Los parámetros se pueden estimar simplemente a partir de las relaciones empíricas utilizando las propiedades índice del suelo, según lo propuesto por varios investigadores. Se pueden obtener estimaciones de τ_c a partir de ecuaciones empíricas utilizando el índice de plasticidad, la relación de dispersión, el tamaño medio de partícula y el porcentaje de arcilla, el contenido arcilla limo, la veleta de corte, resistencia a la compresión no confinada, relación de dispersión, actividad y pH del suelo. Con base en los resultados de ensayos en canales, se desarrollaron relaciones empíricas de τ_c con varias propiedades de índice de suelo como se muestra en las ecuaciones 6 y 7 (Semmad & Chalermyanont, 2018).

$$\tau_c = 3.54 \times 10^{-28.1D_{50}} \quad (6)$$

$$\tau_c = 0.16(IP)^{0.84} \quad (7)$$

donde τ_c es el esfuerzo crítico de corte (Pa), D_{50} es el tamaño medio de partícula del suelo (mm), y IP es el índice de plasticidad del suelo.

Julian & Torres, (2006) establecieron una ecuación empírica para estimar τ_c a partir del porcentaje de arcilla limo (SC):

$$\tau_c = 0.1 + 0.1779(SC) + 0.0028(SC)^2 - 2.34 \times 10^{-5}(SC)^3 \quad (8)$$

En contraste de τ_c , las estimaciones empíricas de k_d a partir de las propiedades del suelo no están disponibles (Hanson & Temple, 2002). Sin embargo, k_d puede recibir estimaciones empíricas de τ_c conocido. Dichas relaciones empíricas entre k_d y τ_c se han desarrollado sobre la base de los resultados de las pruebas de chorro sumergido y a menudo son leyes de potencia. Semmad & Chalermyanont, (2018) presentaron que según resultados de la prueba de reacción que k_d está relacionado con τ_c como se muestran en la ecuación (9), (10) y (11).

$$k_d = 1.62\tau_c^{-0.838} \quad (9)$$

$$k_d = 157\tau_c^{-1.620} \quad (10)$$

$$k_d = 19.54 \times \tau_c^{-0.547} \quad (11)$$

donde k_d es el coeficiente de erodabilidad ($\text{cm}^3/\text{N.s}$) y τ_c es el esfuerzo cortante crítico (Pa). La discrepancia entre los diversos modelos empíricos indica que, si bien el tipo de modelo podría tener una amplia aplicabilidad, cada ajuste del modelo está restringido a un contexto específico de muestras de suelo.

1.1.8 Modelo de retiro de banco basado en proceso

En la estimación del retiro de banco, estudio de factores que afectan la estabilidad y la erosión del banco se ha utilizado un modelo basado en procesos (Al-Madhhachi et al., 2020; Daly et al., 2015; Midgley et al., 2012). Consiste en dos procesos principales que son la erosión de banco y la falla de banco. La erosión del banco incluye erosión tanto de los bancos como de pie por procesos hidrológicos (por ejemplo, lluvia, hidrografía de ríos, oscilaciones de aguas subterráneas) que conducen a cambios en el perfil del banco a lo largo del tiempo (Rinaldi & Nardi, 2013). El proceso de falla del banco implica la reducción de las fuerzas de resistencia en la masa del suelo del banco por varios factores, como la erosión de pie y la

disminución de la resistencia al corte debido a la humectación del suelo, hasta que el peso propio del banco excede las fuerzas de resistencia. Un modelo de retiro de riberas de ríos basado en procesos bien conocido es el Modelo de Estabilidad del Banco y Erosión de Pie (BSTEM) desarrollado por el Laboratorio Nacional de Sedimentación en Oxford, MS, EE. UU (Avendaño et al., 2012).

Debido a los cambios espaciales y temporales en la resistencia fluvial de los materiales del banco debido a los ciclos de humedecimiento/secado. Además, los flujos más profundos y rápidos en las afueras de las curvas de los ríos ejercen tensiones de corte elevadas en la orilla del río. Daly et al., (2015) sugirieron que se debería usar un factor de ajuste “agrupado” (α , adimensional) para modificar la ecuación (1), para tener en cuenta la hidráulica simplificada en BSTEM, así como los posibles cambios en la capacidad de erosión, como se muestra en la ecuación (12). Este factor de ajuste se ha utilizado en análisis a largo plazo de retiros de banco repetidos en varios estudios anteriores.

$$\varepsilon = k_d(\alpha\tau_o - \tau_c) = \alpha k_d\left(\tau_o - \frac{\tau_c}{\alpha}\right) \quad (12)$$

donde ε es la tasa de erosión (m/s), k_d es el coeficiente de erosión (m³/N.s), τ_o es el esfuerzo cortante límite (Pa) desarrollado, τ_c es el esfuerzo cortante crítico (Pa), y α es un factor de ajuste “agregado”.

1.2. Antecedentes

Muchos autores han desarrollado metodologías, para encontrar el retiro lateral de ríos, algunos como Kean & Smith (2006) determinan la resistencia a la forma ejercida sobre las características del banco topográfico a pequeña escala y así cuantificar el campo de flujo cercano al banco. Asimismo Gibson et al. (2015) utilizaron el modelo BSTEM, que es un modelo de erosión de márgenes basado físicamente que tiene en

cuenta los procesos hidráulicos, de erosión de pie y de fallas de márgenes en márgenes homogéneos o en capas. Calcula la erosión de pie al subdividir los segmentos de flujo en la zona cercana al banco para calcular una distribución vertical de las tensiones de corte límite y calcula un plano crítico de falla a través de sedimentos de bancos estratificados, fallando el banco y ajustando la sección transversal cuando las fuerzas. Daly et al. (2015) aplicaron el modelo BSTEM para realizar el modelamiento de la erosión de márgenes y fallas a lo largo de márgenes compuesto protegidos y no protegidos. Nardi & Rinaldi (2010) realizaron el modelamiento de márgenes de ríos combinando modelos de escala de tramo de ríos con análisis de erosión de márgenes y estabilidad.

Enlow et al. (2017) analizaron la variabilidad de cuencas en la erodabilidad de márgenes de ríos y las implicaciones en la predicción de la erosión. También Lai et al. (2015) realizaron un modelamiento de erosión de margen cohesivo multicapa con un modelo acoplado de estabilidad de margen y fondo móvil.

Reynares et al. (2004) se enfocaron en el diseño de protecciones enfatizando en el análisis de erosión y estabilidad de taludes de márgenes del río Salado en las provincias de Salta y Catamarca (Argentina). Mientras que Dave & Mittelstet (2017) cuantificaron la efectividad de las prácticas de estabilización de bancos sobre el río Cedar, Nebraska.

Los modelos de estabilidad de bancos basados en procesos, como el Modelo de Estabilidad Bancaria y Erosión de Pie, BSTEM, (Bank Stability and Toe Erosion Model), se han utilizado para determinar los factores críticos que afectan la erosión y falla de las riberas y para estimar las tasas de retroceso a lo largo del tiempo (Al-Madhhachi et al., 2020; Midgley et al., 2012). Se han utilizado técnicas de



sensoramiento remoto para ver la interpretación geomorfológica de los ríos ante la presencia de avenidas (Lehotský et al., 2017).

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Identificación del problema

La erosión de bancos de ríos es uno de los desastres más peligrosos en las áreas ribereñas, porque los recursos, propiedades y vidas asociadas con la tierra en las márgenes de ríos se ven disminuidos (Bhuiyan et al., 2017). La erosión de bancos de ríos es el producto integrado de tres procesos principales: procesos subaéreos, erosión fluvial y falla bancaria (Semmad & Chalermyanont, 2018). Los procesos subaereos son fenómenos relacionados con el clima que reducen la resistencia del suelo, inducen la erosión directa y hacen que el banco sea más susceptible a la erosión fluvial por, por ejemplo, el agrietamiento por desecación (Thorne, 1982). La erosión fluvial es la eliminación del material del banco por la acción de las fuerzas hidráulicas del río, mientras que el colapso de los bancos de río debido a la inestabilidad del talud se conoce como falla del banco (Semmad & Chalermyanont, 2018).

Numerosos estudios han puesto de relieve el importante nivel de sedimentos aportados a las aguas superficiales a través de la erosión y la falla del canal (Al-Madhhachi et al., 2020; Klavon et al., 2017). El sedimento tiene un impacto negativo en la vida

, reduce los valores recreativos de las aguas, aumenta el costo del tratamiento del agua y puede perjudicar la navegación (Issaka & Ashraf, 2017).

Una maniobra prometedora para reducir las cargas de sedimentos a las aguas superficiales es a través del control de la erosión, falla del banco de agua; sin embargo, todavía hay preguntas importantes relacionadas con el modelado preciso de los procesos de erosión y las prácticas diseñadas para controlarlos (Klavon et al., 2017). Por ejemplo, la estabilización de tramos específicos de las corrientes puede tener un impacto mínimo en las cargas totales de sedimentos que alcanzan aguas abajo y, en algunos casos, la estabilización podría agravar otros problemas aguas abajo. Además, los beneficios ecológicos y de la calidad del agua de la estabilización de la corriente pueden verse limitados al restringir los ríos a una forma de planta fija. Asimismo es preciso abordar los problemas que causan los sedimentos (Wohl et al., 2015).

Los modelos numéricos se han aplicado cada vez más para simular el retroceso del ribera y la evolución del río en diversas escalas espaciales y temporales, desde la escala del siglo para la migración de meandros a escalas anuales, mensuales o diarias para estudios de ingeniería fluvial como la estabilización de arroyos (Palmer et al., 2014; Grove et al., 2013). Por lo tanto, los modelos de erosión bancaria se encuentran en un rango que va desde los enfoques empíricos hasta los basados en procesos. Los enfoques empíricos intentan predecir la inestabilidad del canal a partir de variables simples (Wohl, 2020).

El modelo de estabilidad de bancos y erosión de pie (BSTEM) fue desarrollado para predecir el retroceso del banco de arena debido a la erosión fluvial y la falla geotécnica. Sin embargo, se han realizado pocas evaluaciones de modelos, si las hubiere, que utilizan datos de retiro de bancos de agua a largo plazo (Midgley et al., 2012).

2.2. Enunciado del problema

Con la investigación se pretende responder las siguientes preguntas:

2.2.1 Pregunta General:

¿Son estables los bancos y existe erosión de pie para la predicción de retiro lateral del río Ramis?

2.2.2 Preguntas específicas:

- ¿Cuáles las características hidrológicas e hidráulicas del río Ramis, los materiales y la geometría componentes de los bancos del tramo de análisis?
- ¿Cómo influye las características en el modelamiento de la erosión de bancos y estabilidad en el tramo de análisis, para predicción del retiro lateral?

2.3. Justificación

El río Ramis, en su tramo final de entrega al lago Titicaca, tiene una pendiente baja y según su producción hídrica, posee caudales pico de grande magnitud, en especial en la época lluviosa. El retiro lateral de un río es un proceso cíclico complejo que involucra varios procesos subaéreos, como erosión fluvial, erosión por filtración y fallas geotécnicas y es impulsado por varias propiedades del suelo que son temporales y espacialmente variables. Por lo tanto, puede ser extremadamente desafiante predecir y modelar la erosión y el consiguiente retiro de los ríos. Sin embargo, el modelado del retiro de la ribera del río tiene muchas aplicaciones importantes, incluido el diseño y la evaluación de estrategias de mitigación para la revitalización y la estabilización del río.

En el río Ramis las áreas laterales del tramo en estudio son áreas de cultivo, áreas donde existen infraestructura pública, pastizales, que son valiosas para la economía de la zona, por tanto, es muy importante mantenerlas seguras y que estas áreas no se reduzcan, tanto por la inundación como por erosión de márgenes. Por tanto, es muy

importante predecir cuál fue su comportamiento en los últimos años y su predicción para posteriores periodos.

2.4. Objetivos

2.4.1 Objetivo general

Analizar mediante métodos de modelado la estabilidad de márgenes y erosión de pie para la predicción de retiro lateral en el río Ramis.

2.4.2 Objetivos específicos

- Caracterizar la hidrología e hidráulica del río Ramis, los materiales y el componente de geometría de los bancos del tramo de análisis.
- Realizar el modelamiento de la erosión de bancos y estabilidad en el tramo de análisis para la obtención del retiro lateral del río Ramis.

2.5. Hipótesis

2.5.1 Hipótesis general

La estabilidad de márgenes y erosión de pie con el uso de en relaciones empíricas en base a propiedades del suelo, geometría y nivel hidráulico en el río, nos permiten calcular el retiro lateral en el río Ramis.

2.5.2 Hipótesis específicas

- Las características hidrológicas e hidráulica, los materiales y los componentes de geometría de los bancos del tramo de análisis del río Ramis influyen en la predicción de retiro lateral en el río Ramis.
- Con el modelamiento de la erosión de bancos y el análisis de estabilidad en el tramo, se abordará las indicaciones para la protección y manejo de las áreas inundables del río Ramis.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de estudio

El río Ramis es un afluente de la cuenca del lago Titicaca, abarca la región Puno, Perú. Su nacimiento es la zona conocida como Ananea en la cordillera oriental de los andes peruanos. La cuenca tiene un área total de 14,569 km² (Figura 6). La dirección del río en su nacimiento es al nor-oeste, posteriormente cambia hacia el sur, haciendo una longitud total de 326 km de longitud. La elevación más alta (5,151.12m) se observa en la parte norte cerca de la fuente del río y la elevación más baja (3,810m) está en el lado sur cerca de su confluencia con el río Huancané y desembocadura con el lago Titicaca (GRP, 2016; Zapana, 2019). En el tramo de análisis tiene una geomorfología meándrica de baja pendiente. En general es una zona con antecedentes de inundaciones por desbordes en ambos márgenes del río, afectando a gran cantidad de personas y áreas de cultivo, se supone un material de sedimento de fondo caracterizado por arenas medianas a finas (Figura 6). El río principal tiene un aliviadero que se denomina río Tupin, que conecta el río Ramis con la laguna Arapa y se pone en funcionamiento cuando hay un incremento del caudal que sobrepasa el umbral. El área de estudio incluye varias comunidades entre las que se puede destacar como área de influencia directa se muestran en la Tabla 2, siendo viviendas rurales y centros poblados que sufren graves inundaciones y erosión de los bancos.

Tabla 2
Habitantes, superficie y área de inundación de las comunidades

Comunidades/parcialidades	Población	Área total (ha)	Área inundable	C.C. y P.C. frente al riesgo	
				Directo	Indirecto
Parc. Jasana Pocsellin	1400	2158.83	2037.15		2037.15
Comunidad Collana	396	2328.30	1590.08	1590.08	
Parcialidad Sacasco	2000	3764.79	3624.93	3624.93	
Comunidad Yanahoco	295	3520.26	2551.95	2551.95	
Comunidad Yarecoa	800	1567.82	926.06	926.06	
Parcialidad Jasana Huarizan	100	923.13	829.8	829.8	
Comunidad Tuni Grande	226	840.90	747	747	
Comunidad Titihue	160	1102.05	583.56	583.56	
Comunidad Chacamarca	600	745.50	635.22	635.22	
Comunidad Patascachi	120	1224.40	1170.9	1170.9	
Comunidad Ramis	604	1853.83	1316.52	1316.52	
Comunidad Cupisco	120	118.26	118.26	118.26	
Huancollusco	275	3642.00	2180.52		2180.52
Tuni Requena	172	1246.00	1246		1246
Requena	115	656.28	656.28		656.28
Jasana Central	684	841.68	295.38		295.38
Jasana Capallino	206	820.35	238.86		238.86
Parcialidad Chapajachi	249	419.40	419.4		419.4
Comunidad Chucaripo	492	3983.80	1622.68		1622.68
Comunidad Cohasia	336	447.21	35.37	35.37	0
Total	9350	32204.79	22825.92	14129.65	8696.27

Fuente: (GRP,2013)

Dos parcialidades y seis comunidades campesinas del distrito de Taraco no tienen superficies de sus territorios en la orilla del río Ramis, pero son zonas inundables (Tabla 3).

En la zona de alto riesgo de los distritos de Taraco, Samán y Huancané se encuentran localizadas las comunidades de: Collana, Sacasco, Yanaoco, Yarecoa, Jasana Huarizan, Tuni grande, Titihui, Chacamarca, Patascachi, Ramis y Cupisco.

La población de las comunidades y parcialidades es 5421 familias. Para lo cual se ha recogido de un porcentaje representativo de la población que habita en esta zona, como se puede ver en la Tabla 4.

El área total de dichas comunidades y parcialidades es 2948.12 ha. Ubicados en los distritos de Taraco, Samán y Huancané.

Tabla 3
Comunidades y parcialidades de alto riesgo

N°	Nombre comunidad/parcialidad	Población total	Área total (has)	Total de familias encuestadas	Porcentaje en población de cultivo %
1	Collana	396	479.23	96	24.24
2	Sacasco	2000	313.06	225	11.25
3	Yanaoco	295	191.76	20	6.78
4	Yarecoa	800	402.12	64	8.00
5	Jasana Huarizan	100	153.75	33	33.00
6	Tuni Grande	226	411.40	53	23.45
7	Titihue	160	98.38	32	20.00
8	Chacamarca	600	186.74	74	12.33
9	Patascachi	120	430.86	93	77.50
10	Ramis	604	278.41	98	16.23
11	Cupisco	120	2.41	90	75.00
TOTAL		5421	2948.12	878	

Fuente: (GRP, 2013)

3.3. Muestra

La muestra a considerar por estación pluviométrica e hidrométrica es de 48 años de registro histórico, asimismo se ha tomado los últimos 05 años de la información hidrométrica de estación automática en forma horaria y diaria.

Tabla 4

Lugares de muestreo y posición

Código	Nombre lugar aproximado	Posición Geográfica		Posición UTM Zona 19 WGS84	
		Latitud S	Longitud O	Este	Norte
P-01	Cerca de desembocadura a lago Titicaca	15.268281°	69.845816°	409180	8311824
P-02	Titihue/Chacamarca	15.234788°	69.903643°	402955	8315504
P-03	Taraco	15.295792	69.976409°	395170	8308722
P-04	Saman	15.288214°	70.027568°	389673	8309535
P-05	Caminaca	15.338849°	70.065234°	385656	8303914

Para la toma de muestras de suelo, se designaron 03 puntos de muestreo ubicados en el río Ramis, estos puntos fueron determinados en base a un muestreo por conveniencia (Alfaro & Gonzales, 2008) en periodo de octubre 2020 a abril del 2021 a intervalos de tiempo y espacio determinados. Adicionalmente a los anteriores, se ubicaron 02 puntos para la comparación de análisis de las imágenes de satélite de los mencionados puntos. Los puntos de muestreo se aprecian en la Tabla 4. Asimismo,

en la Figura 7 se aprecia la ubicación de puntos de muestreo y alineamiento del río empleado para modelado en HEC-RAS.

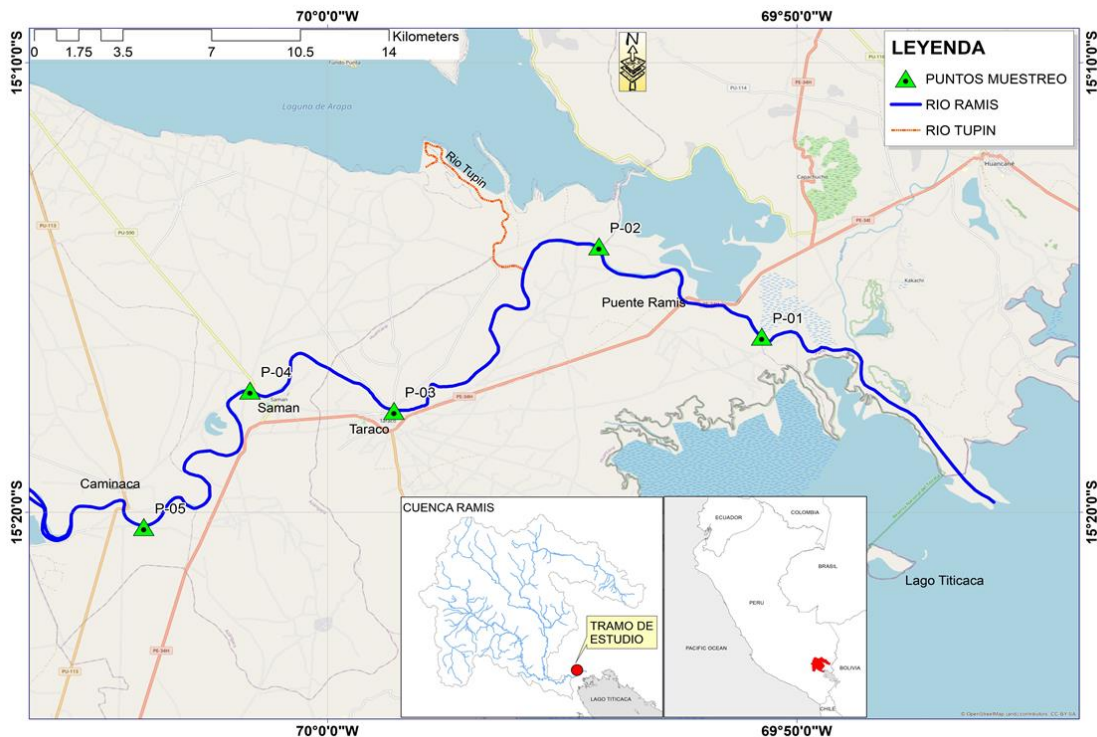


Figura 7. Ubicación tramo de estudio usado para alineamiento HEC-RAS del río Ramis

3.4. Métodos de investigación

3.4.1 Tipo de Investigación

Se trata de una investigación aplicada a la ingeniería de ríos.

3.4.2 Diseño de Investigación

Se ha seguido los pasos de una investigación de tipo no experimental, además transaccional explicativa causal.

3.5. Descripción detallada de método por objetivos específicos

3.5.1 Hidrología e hidráulica del río Ramis

3.5.1.1. Hidrología

Un paso inicial en el estudio hidrológico es el análisis de consistencia, que se refiere a una técnica para descubrir, corregir y eliminar errores sistemáticos y aleatorios que

aparecen en las series de precipitación e hidrométricas, en forma de saltos y tendencias; en consecuencia, la serie analizada debe ser homogénea, consistente y confiable. La hidrología del proyecto se obtuvo mediante el análisis de las descargas máximas del río Ramis, según la información del SENAMHI, del periodo 1956-2016, los caudales máximos del río Ramis, son caudales máximos promedios diarios, vale decir, promedio de las lecturas diarias.

El análisis de frecuencia de los caudales máximos del río Ramis se llevó a cabo, con el uso del programa HYFRAN, que es ampliamente utilizado para eventos extremos, programa que permite calcular los caudales máximos para distintos periodos de retorno, teniendo en cuenta las funciones de Distribución de Probabilidad LogNormal de 2 parámetros, LogNormal de 3 parámetros, Gumbel I, Pearson Tipo III, LogPearson Tipo III y GEV.

3.5.1.2. Geometría del río e hidráulica

La geometría del cauce se obtuvo con trabajos de batimetría con equipo topográfico en las 5 secciones de análisis, adicionalmente se tomó del estudio del gobierno regional de Puno (GRP, 2016), que consiste en el seccionamiento del río cada 500 metros, del tramo analizado. Estos datos fueron ingresados al software HEC-RAS (Brunner, 2016) para obtener algunos valores como tirantes, velocidades, tensión tractiva, entre otros para el tramo del río.

En la Figura 8 se detalla cómo determinar los puntos de la coordenada (station) para obtener las características geométricas de la sección transversal de entrada al modelo BSTEM.

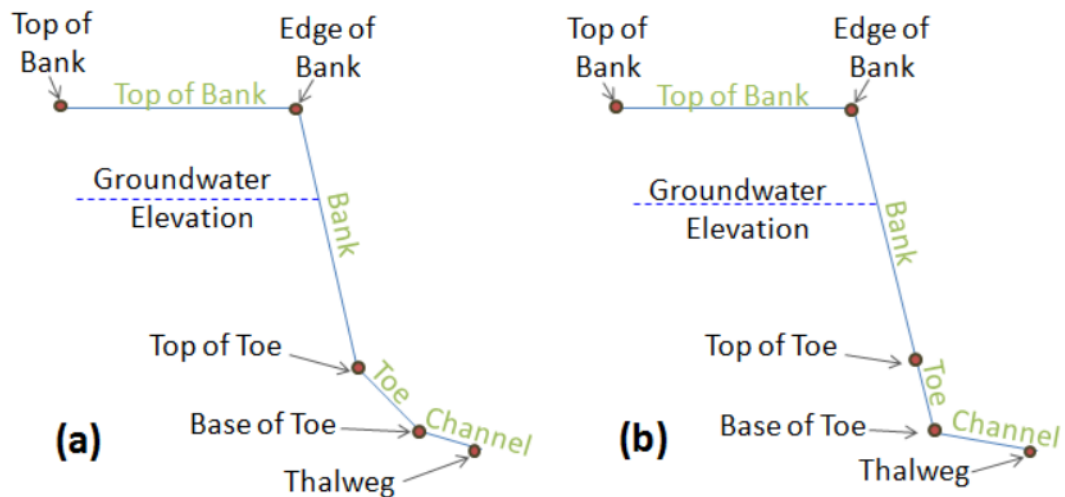


Figura 8. Puntos para la mitad de la sección transversal del modelo BSTEM

3.5.2 Caracterización geotécnica

Se refiere a la caracterización geotécnica de los materiales de los puntos escogidos, principalmente de los suelos ubicados en las márgenes o bancos del río Ramis (izquierda y derecha) así como del material del fondo de río o sedimento.

En cada sitio, se recolectaron muestras de suelo perturbadas y se realizaron ensayos in situ. De las pruebas granulométricas se obtuvieron el diámetro medio de partícula (D_{50}) y la fracción de suelo que pasa el tamiz #200 (ASTM D6913). El límite plástico, el límite líquido y el índice de plasticidad de cada muestra de suelo se determinaron siguiendo ASTM D4318. Para las muestras no perturbadas, la prueba de corte directo se realizó de acuerdo con ASTM D3080 para determinar los parámetros de resistencia al corte, a saber, la cohesión efectiva (c') y el ángulo efectivo de fricción interna (ϕ'), estos análisis del suelo erosionable mediante ensayos de laboratorio y comparaciones (Alfaro & Espinoza, 2021; Das & Sobhan, 2017).

3.5.3 Modelamiento de erosión del cauce y estabilidad lateral

El modelo BSTEM es un modelo físico; de modo que los datos necesarios para trabajar con él están todos relacionados con las fuerzas impulsoras y de resistencia

cuantitativas a lo largo del banco que controlan los procesos hidráulicos y geotécnicos que ingresan al banco. En la Figura 9 se presenta una diagrama para los pasos para el modelado (Midgley et al., 2012).

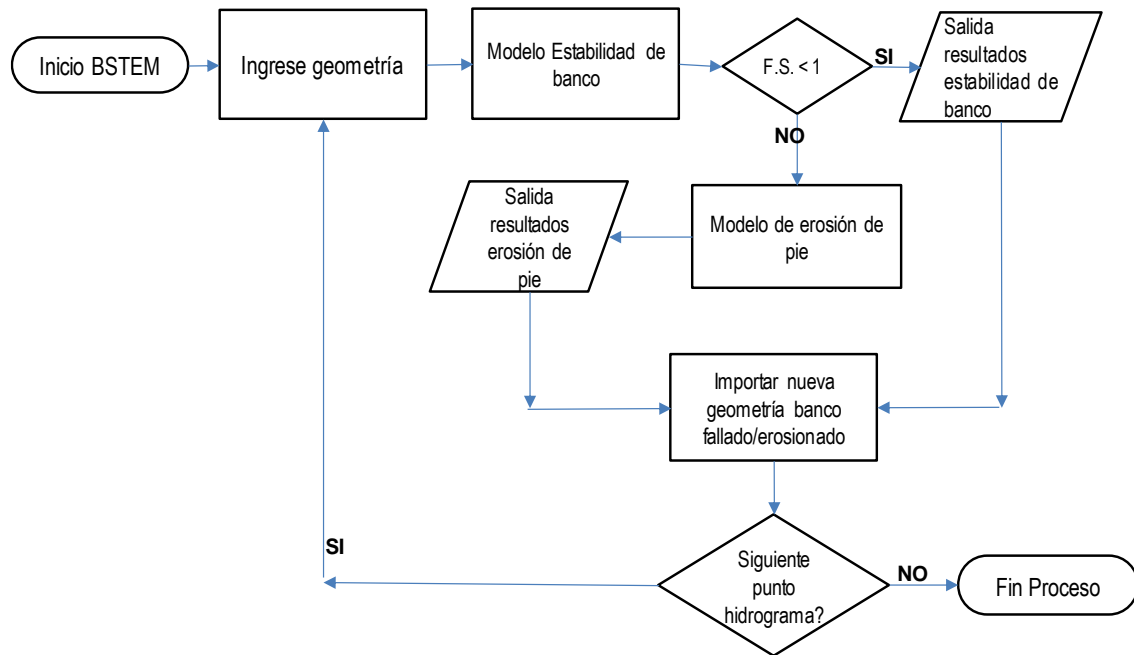


Figura 9. Diagrama del modelado de la erosión lateral utilizando el modelo BSTEM

3.5.4 Análisis de imágenes satelitales

El uso de imágenes satelitales es para ver la variación en la morfología según el tiempo, mediante un análisis multitemporal con el registro de imágenes satelitales de alta resolución que se tiene. Se realizó un análisis de imágenes aéreas para determinar la retirada real del banco a lo largo del tiempo. Para el análisis, se obtuvo imágenes aéreas con una resolución de 1 m que representan los años 2003, 2011, 2012, 2016, 2018, 2019. Todas las imágenes aéreas fueron georreferenciadas con el Sistema Geodésico Mundial 1984 (WGS-84, zona 19) usando ArcGIS10. Para cada sitio, los bordes del banco se digitalizaron a lo largo de la longitud de alcance determinada por el campo, empleando el programa Google Earth, de igual manera para que estos sean



comparados con los cálculos o estimaciones numéricas. Este análisis también sirvió para la identificación de tramos críticos susceptibles a erosión.

Se creó una serie de transectos desde la línea central hasta las ubicaciones del banco, y se midieron las longitudes de transecto correspondientes. El retiro del banco en cada transecto se calculó restando la longitud del transecto actual de la anterior.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Características hidrológica e hidráulica

4.1.1 Información hidrométrica estación Puente Ramis

La variación de niveles en el río Ramis siguen un patrón variable según la estación húmeda y seca. La variación horaria de niveles cercano al sitio P-1, basado en mediciones horarias del nivel de agua, obtenidas del portal de SENAMHI, desde el 01 de marzo del 2015 al 30 abril del 2020, muestra un valor máximo alcanzado de 5.67 m y el valor mínimo 1.54 m de tirante, encontrándose en rango de caudal dominante (figura 10).

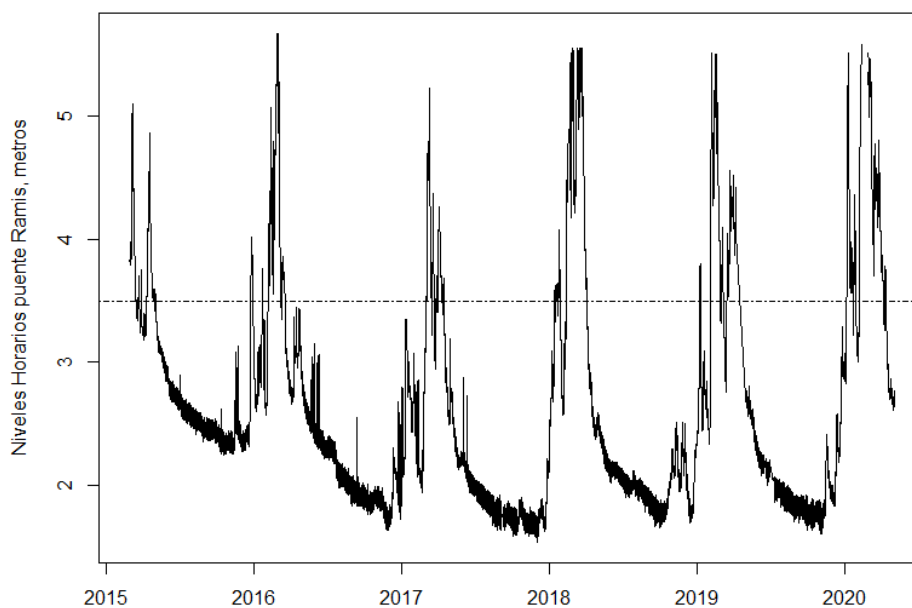


Figura 10. Variación de niveles horarios sitio P-01, río Ramis

4.1.2 Análisis de frecuencia de caudales máximos instantáneos

Según el análisis de frecuencia resulta que la serie anual de caudales máximos del río Ramis tiene mejor ajuste con la distribución Pearson Tipo III (método de momentos), ya que muestra un porcentaje de error estándar menor que otras distribuciones teóricas. En la Tabla 5, se muestran el resultado del análisis de frecuencia de las descargas máximas del río Ramis para diferentes períodos de retorno.

Tabla 5
Caudales máximos para diferentes períodos de retorno– Estación Puente Ramis

TR (años)	Pearson tipo III Qmax (m ³ /s)
2	369.98
5	451.22
10	490.73
20	521.79
25	530.55
50	554.94
100	575.95
200	594.42
1000	630.28

4.1.3 Resultados de la hidráulica del tramo

Luego del estudio, se seleccionaron los caudales de diferentes años, se ingresaron tres caudales para calcular la altura de inundación en cada sección, en el software HEC-RAS (Figura 11), lo que permitió calcular los niveles de flujo en los puntos P-01, P-02, P-03, P-04 y P-05, para cubrir niveles de inundación aguas abajo y aguas arriba registradas en la estación Puente Ramis. El modelado hidráulico unidimensional para las cinco secciones transversales estudiadas se muestra en la Figura 11. Los resultados del modelado hidráulico del tramo seleccionado, nos permitió obtener, algunos de los datos requeridos para la implementación del modelo BSTEM, que es la altura del flujo o tirante.

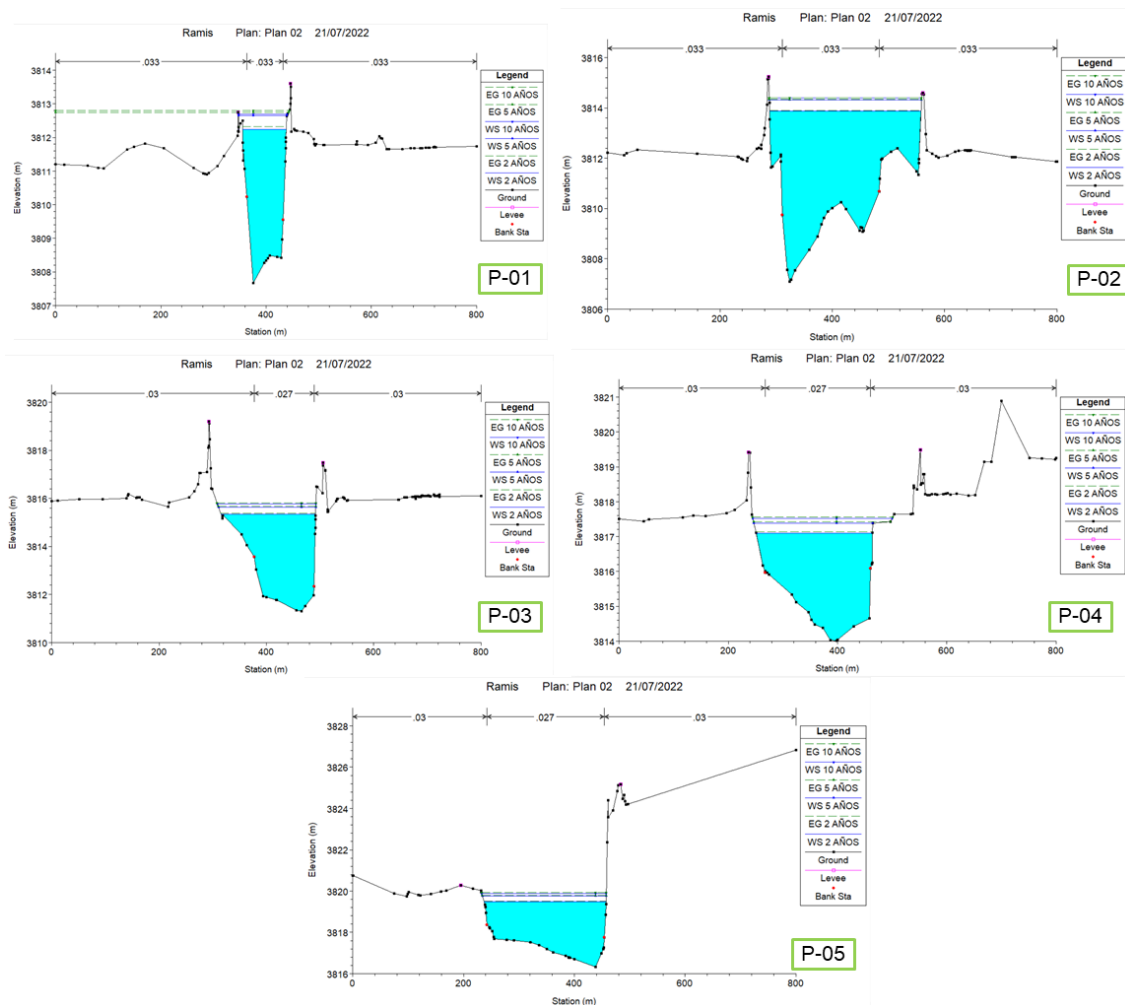


Figura 11. Sección del río Ramis en los puntos seleccionados.

Los niveles máximos alcanzados para periodos de retorno de 2, 5 y 10 años en los puntos analizados fueron P-01 (4.58, 4.98, 5.02 m), P-02 (6.80, 7.24, 7.31 m), P-03 (4.04, 4.33, 4.46 m), P-04 (3.08, 3.36, 3.50 m) y P-05 (3.15, 3.43, 3.56 m).

En la figura 12 se muestra los resultados de la simulación en HEC-RAS, visualizándose la variación del esfuerzo cortante en el canal central y en banco izquierdo y derecho, para el tramo analizado, en este caso A) tramo abajo y B) tramo arriba, antes y después de la confluencia con el río Tupin, respectivamente.

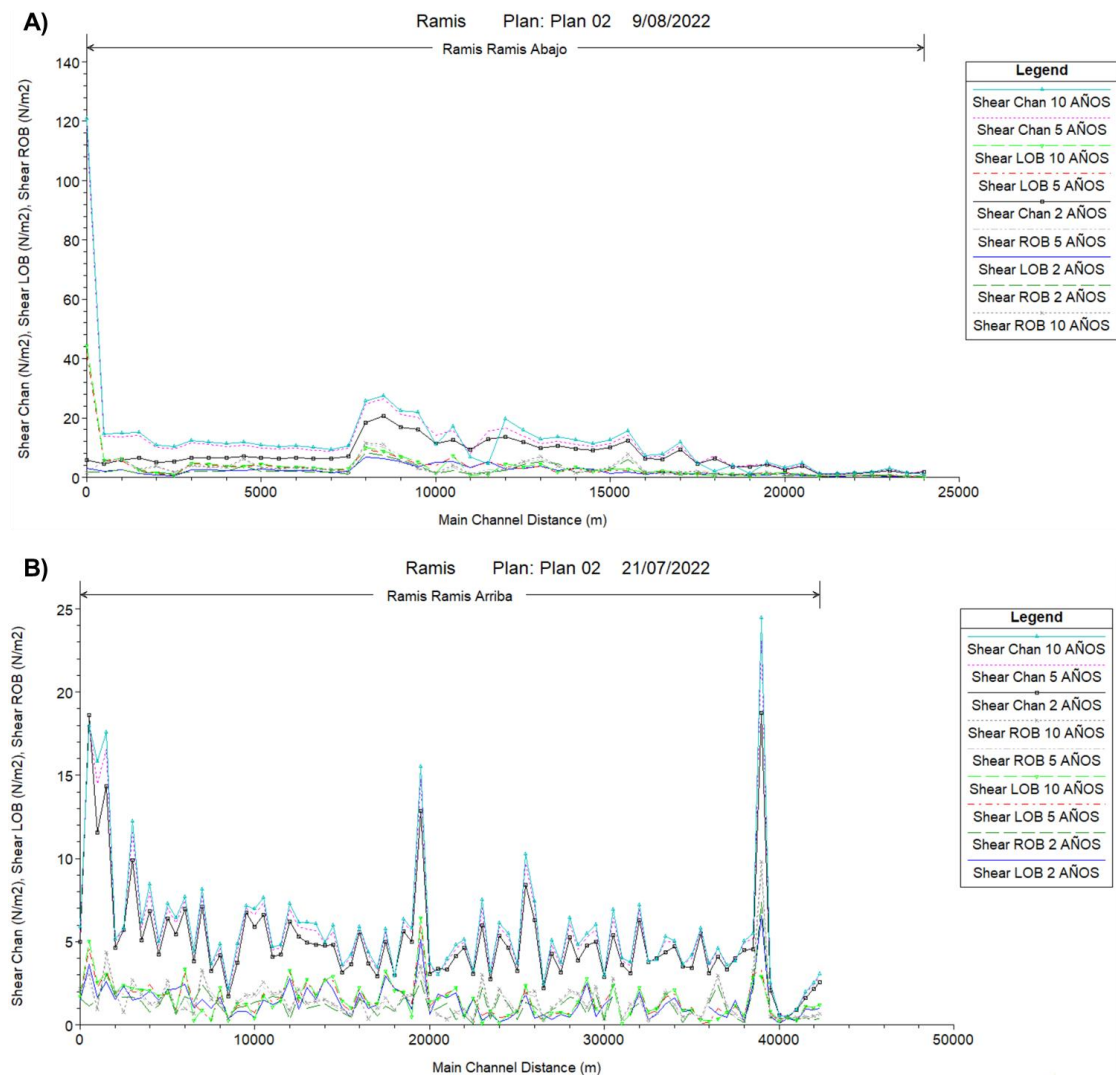


Figura 12. Esfuerzo cortante en canal principal y banco izquierdo (LOB) y derecho (ROB).

Mientras que en los bancos izquierdo y derecho, que es de interés para el presente estudio, presentan valores que van desde 0.26 a 11.61 N/m², con un promedio de 2.64 N/m², en este caso obviando la progresía 0+00. La variación de los esfuerzos cortantes actuantes por efecto del agua en el cauce del río, son más altos en el canal principal.

4.2. Caracterización geotécnica de suelos

Los resultados de los ensayos de laboratorio se muestran en la Tabla 6. El espesor del banco superior varió de 1.60 a 2.80 m. El suelo del banco superior se clasificó como limo de baja plasticidad (ML) o arcilla de baja plasticidad (CL), con valores de D₅₀ menores que 0.075 mm, valores de SC de 59.59 a 98.49%, valores de IP de 3.97

a 9.14%. A pesar de ser clasificados como suelos limosos o arcillosos, estos suelos de grano fino con baja plasticidad exhiben propiedades entre suelos cohesivos y no cohesivos, y las propiedades no dependen exclusivamente de la fricción entre partículas, sino también de las interacciones electroquímicas entre partículas (Grissinger et al., 1981; Wu et al., 2018; Chui et al., 2021; Pilares et al., 2021).

Con respecto a los bancos inferiores, como se muestra en la Tabla 6, su espesor varió de 1.8 a 2.5 m. Se encontraron tipos de suelo de grano fino y grueso. Cayeron en una amplia gama de tipos de suelo, principalmente arena mal graduada (SP). Los parámetros de resistencia al corte del suelo del banco superior e inferior (Tabla 6) se obtuvieron usando ensayos de corte directo. La cohesión efectiva (c') varió de 8.8 kN/m² a 28.4 kg/cm² y el ángulo efectivo de fricción interna (ϕ') varió de 10.33 a 26.30° para los suelos del banco superior e inferior.

Tabla 6
Propiedades de suelos en los sitios de estudio

Punto	Capa Margen	Profundidad (m)	D50 (mm)	IP (%)	SC (%)	γ (kN/m ³)	SUCS	Parámetros de corte	
								ϕ' (°)	c' (kPa)
P-01	Superior	2.80	-	6.12	72.49	17.7	ML	26.3	8.8
	Inferior	1.80	0.60	-	1.92	18.5	SP	-	-
P-02	Superior	1.60	-	9.14	98.49	17.7	CL	19.22	20.59
	Inferior	2.0	0.41	3.97	1.25	18.0	SP		
P-03	Superior	2.0	-	-	59.59	17.7	ML		
	Inferior	2.5	0.60	6.83	2.26	18.3	SP	10.33	0.4

Donde: D_{50} , tamaño de partícula medio; IP Índice de plasticidad, porcentaje de limo-arcilla; γ , peso unitario aparente; SUCS, Sistema Unificado de Clasificación de Suelo; ϕ' , ángulo de fricción interna efectiva; c' , cohesión efectiva.

4.3. Modelamiento de erosión el cauce

4.3.1 Parámetros de erodabilidad a partir de fórmulas empíricas y modelado hidráulico

Los resultados del cálculo de los parámetros de erodabilidad se presentan en la Tabla 7. Lo que nos reveló que τ_c de los bancos del río en los sitios seleccionados variaba en un rango comparativamente estrecho. Los datos en la Tabla 7 indican que el suelo del banco superior fue ligeramente más resistente a la erosión que el suelo del banco inferior. El τ_c varió de 15.69 a 22.43 Pa en el banco superior, mientras que para el banco inferior varió de 0.33 a 0.52 Pa. El valor de k_d varió de 3.57 a 4.33 cm³/N.s en el banco superior y de 28.06 a 36.03 cm³/N.s en el banco inferior.

Tabla 7

Estimados de parámetros de erodabilidad usando formulas empíricas

Punto	Capa banco	τ_c calculado (Pa)		k_d^* calculado (cm ³ /N.s)		
		IP (%), Ec. 7	SC (%), Ec. 8	Simon et al (2010, Ec. 9)	Daly et al (2013, Ec. 10)	Semmad et al (2018, Ec. 11)
P-01	Superior	0.73	18.80	0.14	1.35	3.93
	Inferior	-	0.45	3.15	568.86	30.18
P-02	Superior	1.03	22.43	0.12	1.02	3.57
	Inferior	0.51	0.33	4.14	961.54	36.03
P-03	Superior	-	15.69	0.16	1.82	4.33
	Inferior	0.80	0.52	2.82	458.45	28.06

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de τ_c y k_d en la Tabla 7 se trazaron para evaluar la relación de τ_c y k_d (Fig. 13). Además, las categorías de erodabilidad propuestas por Hanson & Simon (2001) que se muestra en la Figura 13. Se encontró que los suelos de los bancos del río cayeron principalmente en la categoría "muy erodable" y "erodable". En estos casos los valores calculados con la ecuación (9) cayeron en la categoría "moderadamente erodable". Así también los valores calculados con la ecuación (10) cayeron en valores intermedios. Las estimaciones de k_c y k_d basados en el contenido de arcilla limo (SC, ecuación 8) como menciona (Semmad et al., 2019) dan mejores resultados.

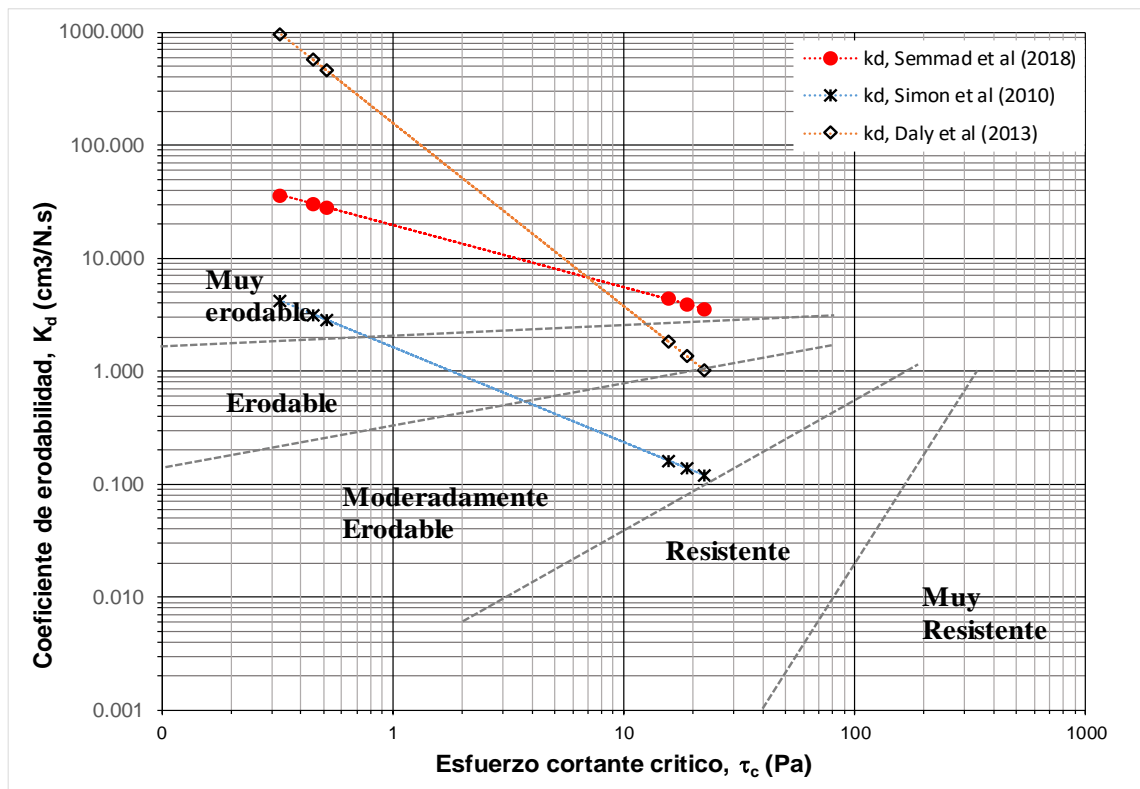


Figura 13. Relación del esfuerzo cortante crítico y el coeficiente de erosionabilidad

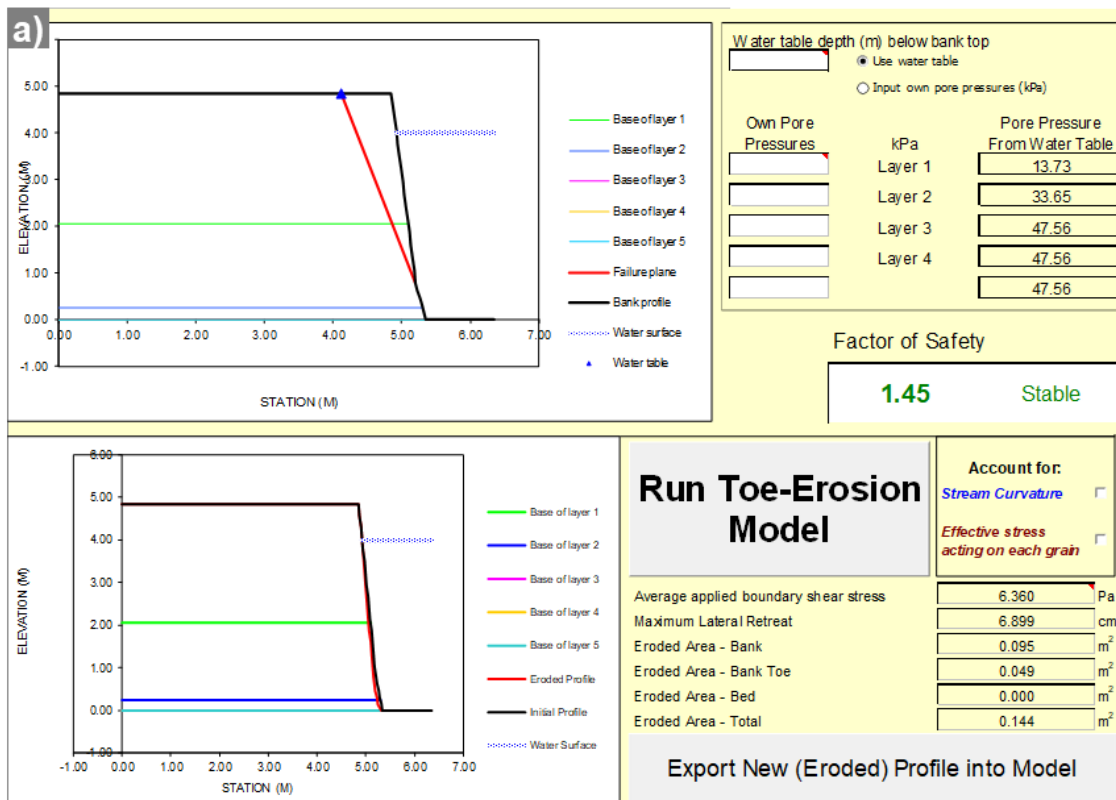
4.3.2 Resultados del análisis de retiro de los bancos

El análisis de retiros de banco se ha enfocado en tres bancos representativos a lo largo del tramo: aunque estos están compuestos por diferentes estratos (Figura 14), se han representado esquemáticamente como bancos compuestos, con una capa de arena fina inferior y una capa cohesiva superior. Los parámetros del banco requeridos por los modelos se indican en la Tabla 7.



Figura 14. Bancos típicos río Ramis, cercanías del sitio P-02

En la figura 14 se aprecian los límites entre las capas de las márgenes son marcadas por las líneas.



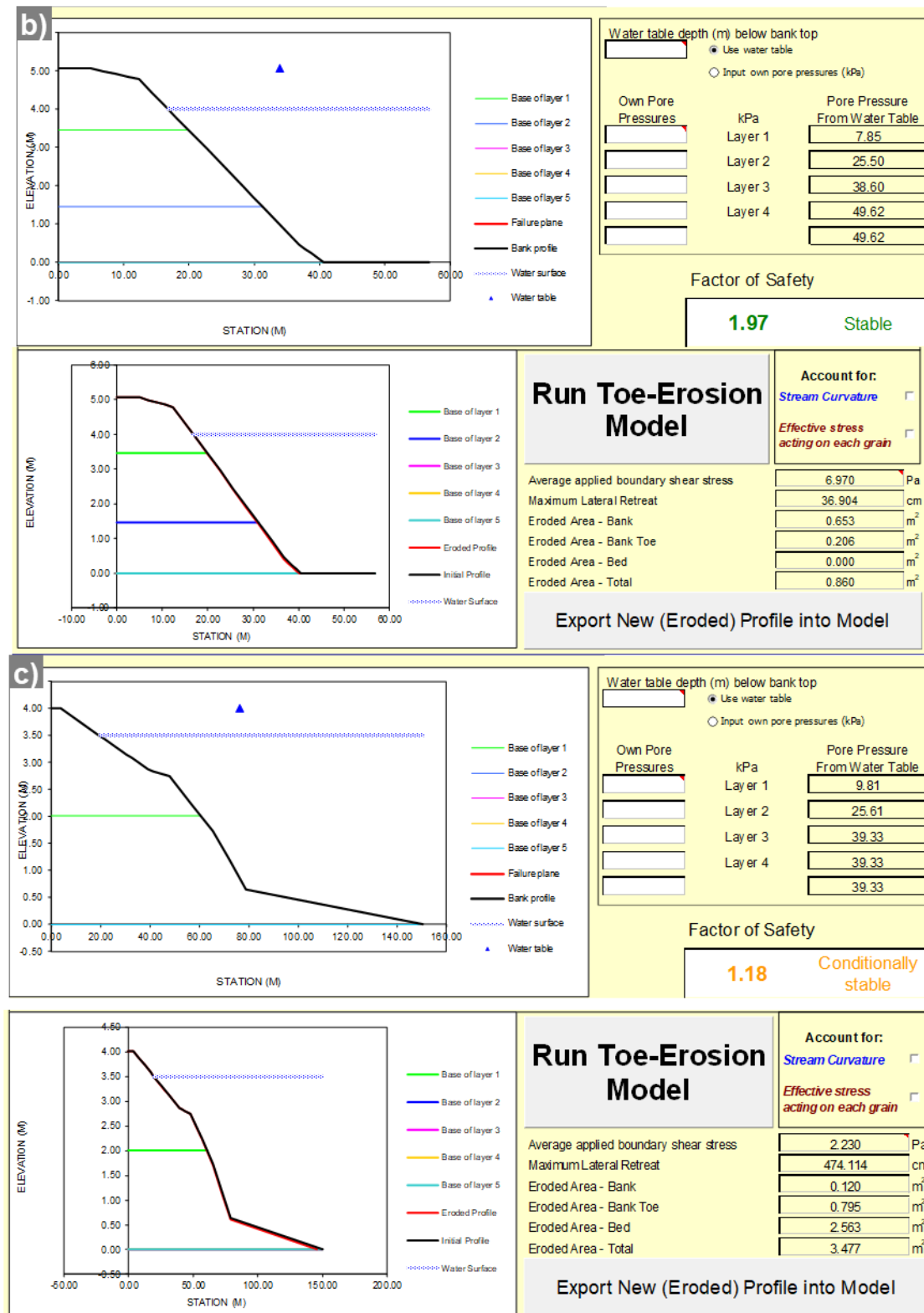


Figura 15. Imagen del modelo de pie y estabilidad lateral en secciones analizadas

El retiro de banco (R2020) calculado con BSTEM utilizando los valores de τ_c y k_d estimado en base a las propiedades de los suelos fueron en los sitios P-01, P-02 y P-03 fueron de 6.89, 36.9 y 474.11 cm. En contraste, los valores de R2020 obtenidos

del análisis por imágenes satelitales (Tabla 8) estuvieron en rangos un poco distintos. Las estimaciones incorrectas de R2020, pueden diferir por distintas causas o factores. Entre estos estaban los cambios espaciales y temporales de la resistencia fluvial de los materiales del banco, debido a los ciclos de humectación/secado.

4.4. Resultados del análisis de imágenes aéreas

El retiro del banco de P-01 digitalizado en la Figura 16, para la imagen satelital que se tuvo a disposición, inicia en el año 2002, donde se considera el valor de 0.00 metros, lo cual se fue incrementando durante los años analizados 2002, 2003, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 y 2020, en algunos años la imagen no estuvo visible.

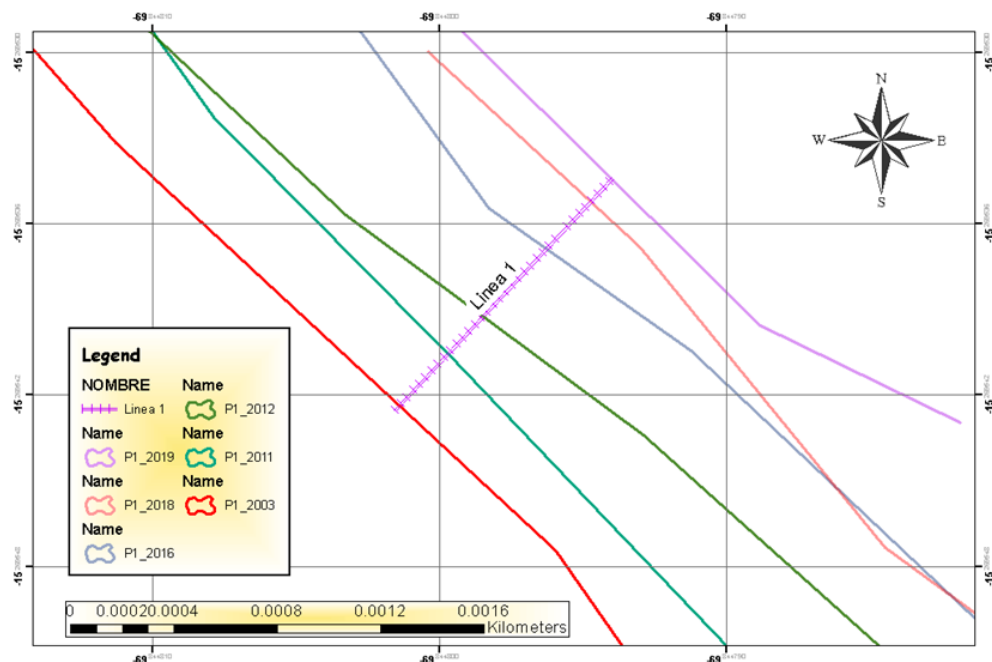


Figura 16. Imagen satelital de variación del retiro del río Ramis en P-01, margen izquierdo.

En la Tabla 8, se muestra los valores de retiros para los puntos P-01, P-02, P-03, P-04 y P-05, varía de 0.00 (m) en el año 2002 y 2003 como año inicial hasta 0.99 (m) en P-03 y 1.99 (m) en P-02. En general se aprecia el incremento gradual del retiro en todos los puntos, a pesar que en la actualidad a partir del año 2018 se vienen

realizando trabajos de enrocado, en puntos como el P-02, los cuales se esperaría que el retiro cese.

Tabla 8
Estimados de retiro mediante imagen satelital

Punto	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05
2002	***	***	0.00	***	***
2003	0.00	0.00	***	***	***
2011	0.26	0.21	0.15	***	***
2012	0.19	0.60	0.11	0.00	0.00
2013	***	0.11	0.1	0.38	***
2014	***	0.25	0.075	***	0.22
2015	***	***	***	0.68	***
2016	0.35	0.47	0.07	0.26	0.3
2017	***	***	***	***	***
2018	0.25	0.24	0.085	0.33	0.14
2019	0.10	0.11	0.15	***	0.15
2020	***	***	0.179	***	0.2
Total (m)	1.150	1.990	0.919	1.65	1.01

(***) sin dato en la imagen satelital

4.5. Discusión

Los valores de caudal más frecuentes en el río Ramis, corresponden a la época de diciembre a marzo, lo que es típico del Altiplano peruano. Estos caudales que se acercan a la descarga a caja llena (*bankfull discharge*), en general están asociados a periodos de retornos bajos, sin embargo tienen una alta frecuencia de ocurrencia que induce cambios en la geomorfología como lo refieren (FISRWG, 2001; Ahilan et al., 2013; Wilkerson, 2008). Con la variación del tirante de agua en la sección de flujo, varía el esfuerzo cortante, tanto en el thalweg, como en los bancos izquierdo y derecho, lo que hace difícil la medición, aumentando la incertidumbre. Se tiene

mayores valores en las secciones curvas exteriores (Shevchuk et al., 2021), que puede causar migraciones del cauce.

Los suelos del tramo de río analizado están compuestos por materiales principalmente de grano fino, ya que están cercanos a la desembocadura al lago Titicaca, siendo indicativo de una zona de sedimentación (Wohl, 2020), por la presencia de arena fina y arcilla. Las propiedades de estos suelos exhiben variaciones y comportamiento relacionado a materiales finos y en parte a grueso, dependen tanto de la masa de la partícula como las interacciones electroquímicas entre las partículas (Grissinger et al., 1981), lo que también puede influir en una mejor resistencia a la estabilidad de talud.

El retiro del banco puede progresar hacia el interior durante un largo período de tiempo, de modo que encuentre cambios espaciales de los materiales del banco, y esto también afecta a τ_c y k_d . En este estudio, los valores calculados para τ_c son mucho mayores que los de Semmad & Chalermyanont (2018), por tratarse en nuestro caso con un contenido de arcilla limo más alto, sobre todo en la capa superior, lo que aumenta la resistencia del suelo. Si bien no es una buena práctica estimar τ_c y k_d sólo a partir de ecuaciones empíricas basadas en propiedades de suelo, es mejor la obtención de este valor a partir de mediciones con el equipo de chorro (Al-Madhhachi et al., 2020). Sin embargo, se puede mencionar que siendo el estrato inferior de tipo arena fina en la mayoría de los casos, se espera una erosión mayor que la capa superior, lo que se corrobora con un coeficiente de erodabilidad mayor (Tabla 7), y una mayor erosión de pie.

Por causas atribuibles a la variación de la hidrodinámica local los retiros en los sitios propuestos difieren en los mismos años analizados. Los retiros acumulativos de los sitios estudiados indican un avance del retiro ascendente, lo que implica que el retiro

está en constante avance (Figura 4), sin embargo, algunos tramos curvos en los últimos 3 años fueron intervenidos mediante la protección de un enrocado, que presumiblemente detendrá el retiro (GRP, 2016). Si bien los diques son obras que permiten aparentemente controlar las inundaciones y daños a infraestructura y áreas agrícolas, también lo que provocan es una desconexión del río con la llanura aluvial como lo señala Knox et al., (2022). En ese sentido, es recomendable una intervención a través de soluciones basadas en la naturaleza (Núñez-González & Gutierrez, 2022). Si bien el análisis comparativo entre el retiro obtenido calculado con las ecuaciones de BSTEM y lo obtenido mediante el análisis de imágenes difiere, es posible hacer la calibración del parámetro de la ecuación de retiro. También es preciso contar con un equipo de ensayo de chorro para medir in situ los parámetros que afectan al esfuerzo de corte crítico τ_c (Al-Madhhachi et al., 2020). En el presente estudio no se utilizó este equipo, aquí solamente se utilizó las imágenes satelitales, de tal manera que el retiro calculado se acercó de manera óptima con los obtenidos por imágenes.

CONCLUSIONES

- Los eventos de flujos máximos de la época de avenidas con periodos de retorno de 2, 5 y 10 años, que alcanzan 369.98, 451.22 y 490.73 m³/s respectivamente, fueron utilizados en el modelamiento hidráulico en HEC-RAS, que nos arrojó valores del tirante máximo desde 3.08 a 5.02 m en los diversos tramos analizados. Sin embargo, para el análisis de los puntos P-01, P-02 y P-03 se consideró un tirante de 4 a 4.5 para las consideraciones de estabilidad y tensión crítica en BSTEM. Tomando en cuenta que se encuentran a la margen izquierda y derecha.
- Los bancos del río Ramis constaban de dos capas. El espesor de los bancos superior e inferior varió de 1.6 a 2.8 m y de 1.8 a 2.5 m, respectivamente. El esfuerzo de corte crítico y el coeficiente de erosión de los suelos erosionables de la ribera fluvial variaron de 0.33 a 22.43 Pa y 3.57 a 36.03 cm³/N.s. Se entiende que estos parámetros de erodabilidad ajustados explican los procesos subaéreos locales, la erosión fluvial y las fallas de los taludes que causan el retiro del banco. Los parámetros de erodabilidad obtenidos en base a las propiedades de los suelos indicaron que los suelos pueden clasificarse como muy erodables a erodables, que fueron muy susceptibles a la erosión. Además, se deduce que la erosión del pie en los bancos inferiores conduce eventualmente a la falla del banco.
- Los resultados del análisis de imágenes aéreas revelaron que la retirada del banco observado entre 2002 y 2020 osciló entre 1.01 y 1.99 m con un promedio de 1.34 m. Con el uso del Modelo de Estabilidad del Banco y Erosión de Pie (BSTEM) el retiro de la orilla del río se estimó en 6.89, 36.9 y 474.11 cm, para los puntos considerados respectivamente. Los retiros calculados se verificaron con los observados, sin embargo, los cálculos preliminares de BSTEM utilizando los parámetros de erodabilidad obtenidos de la fórmula empírica durante el período



de 2002 a 2020 no proporcionaron buenas predicciones del retiro del banco. Sin embargo, se logró una buena concordancia de los retiros ajustando los parámetros de erodabilidad de forma iterativa, utilizando el factor de ajuste agrupado.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un inventario más exhaustivo de las zonas de retiro prolongado y un seccionamiento después de cada periodo de avenidas, utilizando técnicas de medición que pueden ADCP, además de técnicas de medición geotécnica que puede ser a través de métodos de campo más exhaustivos.
- Se recomienda establecer un sistema de monitoreo geotécnico de las zonas de deslizamientos, para conocer mejor su comportamiento.
- Se recomienda instalar un medidor de caudal sólido en el río Ramis, que es uno de los ríos más caudalosos de la cuenca del lago Titicaca y tiene un potencial de inundación enorme, además de un sistema de alerta temprana basado en la lluvia.
- Para un análisis más exhaustivo de los esfuerzos críticos se requieren mayores estudios con mediciones in situ, para verificar el avance del retiro de los bancos en el tramo analizado, así de esta manera evaluar la predicción de la erosión de bancos en el tiempo.

BIBLIOGRAFÍA

- Adnan, T. A., Al-Madhhachi, A.-S. T., & Mohammed, E. A. (2021). Relationships of soil erodibility parameters and water quality indices along Tigris Riverbanks, Baghdad City, Iraq. *Cogent Engineering*, 8(1), 1917330. <https://doi.org/10.1080/23311916.2021.1917330>
- Ahilan, S., O'Sullivan, J. J., Bruen, M., Brauders, N., & Healy, D. (2013). Bankfull discharge and recurrence intervals in Irish rivers. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Water Management*, 166(7), 381–393. <https://doi.org/10.1680/wama.11.00078>
- Al-Madhhachi, A.-S. T., Al-Mussawy, H. A., Basheer, M. I., & Abdul-Sahib, A. A. (2020). Quantifying Tigris Riverbanks stability of Southeast Baghdad City using BSTEM. *International Journal of Hydrology Science and Technology*, 10(3), 230–247. <https://doi.org/10.1504/IJHST.2020.107212>
- Alfaro, R. (2011). *Erosión y Transporte de Sedimentos*. Unidad de Impresión, Universidad Nacional del Altiplano Puno.
- Alfaro, R., & Espinoza, A. (2021). *Caracterización geotécnica de suelos mediante ensayos de laboratorio*. UNA Puno.
- Alfaro, R., & Gonzales, V. (2008). *Estadística y probabilidades para ingenieros* (1st ed.). UNA Puno.
- ASCE. (1998). River Width Adjustment. I: Processes and Mechanisms. *Journal of Hydraulic Engineering*, 124(9), 881–902. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9429\(1998\)124:9\(881\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9429(1998)124:9(881))
- Ashraf, M., & Shakir, A. S. (2018). Prediction of river bank erosion and protection works in a reach of Chenab River, Pakistan. *Arabian Journal of Geosciences*, 11(7), 145. <https://doi.org/10.1007/s12517-018-3493-7>
- Avendaño, J. A., Ramirez, J. J., & Rodriguez, E. A. (2012). Aplicación de los modelos de simulación BSTEM y CONCEPTS para optimizar y evaluar diseños de estabilización de bancos fluviales. *XX Seminario Nacional de Hidráulica e Hidrología, Barranquilla, Colombia*. <https://doi.org/10.13140/2.1.2088.8641>

- Bhuiyan, M. A. H., Islam, S. M. D.-U., & Azam, G. (2017). Exploring impacts and livelihood vulnerability of riverbank erosion hazard among rural household along the river Padma of Bangladesh. *Environmental Systems Research*, 6(1), 25. <https://doi.org/10.1186/s40068-017-0102-9>
- Brunner, G. W. (2016). *HEC-RAS, River Analysis System Hydraulic Reference Manual*. U.S. Army Corps of Engineers - Hydrologic Engineers Center. <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>
- Chui-Betancur, H. N., Acosta, D. R., Belizario-Quispe, G., & Alfaro-Alejo, R. (2022). Traditional Peruvian medicine: An insight in geophagy and Machu Rumi intake. *Materials Science Forum*, 1048, 423–428. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.1048.423>
- Condori, V., Alfaro-Alejo, R., & Mamani, J. (2019). Estimación de la pérdida del suelo por erosión hídrica en la microcuenca Chañajari, Moho–Puno. *XLVIII CONBEA 2019*.
- Daly, E. R., Miller, R. B., & Fox, G. A. (2015). Modeling streambank erosion and failure along protected and unprotected composite streambanks. *Advances in Water Resources*, 81, 114–127. <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2015.01.004>
- Das, B. M., & Sobhan, K. (2017). *Principles of Geotechnical Engineering* (8^o). Cengage-Learning.
- Dave, N., & Mittelstet, A. (2017). Quantifying Effectiveness of Streambank Stabilization Practices on Cedar River, Nebraska. *Water*, 9(12), 930. <https://doi.org/10.3390/w9120930>
- Deng, S., Xia, J., Zhou, M., & Lin, F. (2019). Coupled modeling of bed deformation and bank erosion in the Jingjiang Reach of the middle Yangtze River. *Journal of Hydrology*, 568, 221–233. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.10.065>
- Dewan, A., Corner, R., Saleem, A., Rahman, M. M., Haider, M. R., Rahman, M. M., & Sarker, M. H. (2017). Assessing channel changes of the Ganges-Padma River system in Bangladesh using Landsat and hydrological data. *Geomorphology*, 276, 257–279. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2016.10.017>

- Enlow, H., Fox, G., & Guertault, L. (2017). Watershed Variability in Streambank Erodibility and Implications for Erosion Prediction. *Water*, 9(8), 605. <https://doi.org/10.3390/w9080605>
- Farias, H. D. (2005). Análisis del concepto de caudal dominante en ríos aluviales y evaluación de metodologías de cálculo. In H. D. Farias, J. D. Brea, & R. Cazeneuve (Eds.), *RIOS 2005: Principios y Aplicaciones en Hidráulica de Ríos*.
- FISRWG. (2001). Stream Corridor Restoration: Principles, Processes, and Practices. In *Engineering Approaches to Ecosystem Restoration*. Federal Interagency Stream Restoration Working Group, USDA.
- Gibson, S., Simon, A., Langendoen, E. J., Bankhead, N., & Shelley, J. (2015). A physically-based channel-modeling framework integrating HEC-RAS sediment transport capabilities and the USDA-ARS bank-stability and toe-erosion model (BSTEM). *Proc. 3rd Joint Federal Interagency Sedimentation and Hydrologic Modeling Conference*, 12.
- Gilliam, E. A. (2011). *Assessing channel change and bank stability downstream of a dam, Wyoming*. Colorado State University.
- Gonzales, V. A. G., & Alejo, R. A. (2008). *Desarrollo de cuencas de alta montaña*. UNA Puno.
- Grissinger, E. H., Little, W. C., & Murphey, J. B. (1981). Erodibility of Streambank Materials of Low Cohesion. *Transactions of the ASAE*, 24(3), 0624–0630. <https://doi.org/10.13031/2013.34311>
- Grissinger, Earl H, Bowie, A. J., & Murphey, J. B. (1991). Goodwin Creek bank instability and sediment yield. *Proceedings: Fifth Federal Interagency Sedimentation Conference*, 32–39.
- Grove, J. R., Jacky Croke, & Christopher Thompson. (2013). Quantifying different riverbank erosion processes during an extreme flood event. *Earth Surface Processes and Landforms*, 38(12), 1393–1406. <https://doi.org/10.1002/esp.3386>
- GRP. (2013). *Estudio de Factibilidad: Mejoramiento de defensa ribereña en las margenes derecha e izquierda del río Ramis en los tramos de Sacasco, Collana*,

- Chacamarca, Patascachi, Yanaoco, Tuni Grande, Ramis, y Balsapata en las provincias de Huancane y Azangaro.* Gobierno Regional de Puno.
- GRP. (2016). *Estudio Definitivo: Mejoramiento de defensa ribereña en las márgenes derecha e izquierda del río Ramis en los tramos de Sacasco, Collana, Chacamarca, Patascachi, Yanaoco, Tuni Grande, Ramis, y Balsapata en las provincias de Huancane y Azangaro.* Gobierno Regional de Puno.
- Guerra, A. J. T., Fullen, M. A., Jorge, M. do C. O., Bezerra, J. F. R., & Shokr, M. S. (2017). Slope Processes, Mass Movement and Soil Erosion: A Review. *Pedosphere*, 27(1), 27–41. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(17\)60294-7](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(17)60294-7)
- Hanson, G. J., & Simon, A. (2001). Erodibility of cohesive streambeds in the loess area of the midwestern USA. *Hydrological Processes*, 15(1), 23–38.
- Hanson, G. J., & Temple, D. M. (2002). Performance of bare–earth and vegetated steep channels under long–duration flows. *Transactions of the ASAE*, 45(3), 695. <https://doi.org/10.13031/2013.8831>
- Issaka, S., & Ashraf, M. A. (2017). Impact of soil erosion and degradation on water quality: a review. *Geology, Ecology, and Landscapes*, 1(1), 1–11. <https://doi.org/10.1080/24749508.2017.1301053>
- Julian, J. P., & Torres, R. (2006). Hydraulic erosion of cohesive riverbanks. *Geomorphology*, 76(1), 193–206. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2005.11.003>
- Kean, J. W., & Smith, J. D. (2006). Form drag in rivers due to small-scale natural topographic features: 2. Irregular sequences. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 111(F4). <https://doi.org/10.1029/2006JF000490>
- Klavon, K., Fox, G., Guertault, L., Langendoen, E., Enlow, H., Miller, R., & Khanal, A. (2017). Evaluating a process-based model for use in streambank stabilization: insights on the Bank Stability and Toe Erosion Model (BSTEM). *Earth Surface Processes and Landforms*, 42(1), 191–213. <https://doi.org/10.1002/esp.4073>
- Knighton, D. (1998). *Fluvial Forms and Processes*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203784662>
- Knox, R. L., Wohl, E. E., & Morrison, R. R. (2022). Levees don't protect, they

- disconnect: A critical review of how artificial levees impact floodplain functions. *Science of The Total Environment*, 155773. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155773>
- Lai, Y. G., Thomas, R. E., Ozeren, Y., Simon, A., Greimann, B. P., & Wu, K. (2015). Modeling of multilayer cohesive bank erosion with a coupled bank stability and mobile-bed model. *Geomorphology*, 243, 116–129. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2014.07.017>
- Langendoen, E. J. (2000). *CONCEPTS – Conservational Channel Evolution and Pollutant Transport System*. USDA-ARS National Sedimentation Laboratory.
- Lehotský, M., Rusnák, M., & Kidová, A. (2017). Application of Remote Sensing and the GIS in Interpretation of River Geomorphic Response to Floods. In A. Radecki-Pawlik, S. Pagliara, J. Hradecky, & E. Hendrickson (Eds.), *Open Channel Hydraulics, River Hydraulic Structures and Fluvial Geomorphology*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781315120584>
- Luppi, L., Rinaldi, M., Teruggi, L. B., Darby, S. E., & Nardi, L. (2009). Monitoring and numerical modelling of riverbank erosion processes: a case study along the Cecina River (central Italy). *Earth Surface Processes and Landforms*, 34(4), 530–546. <https://doi.org/doi:10.1002/esp.1754>
- Maghsoudi, M., Zamanzadeh, S., Yamani, M., & Hajizadeh, A. (2017). Morphometric Assessment of Meandering River in Arid Region Using Improvement Model (Case Study: Maroon River). *Journal of Water Resource and Protection*, 9, 358–377. <https://doi.org/10.4236/jwarp.2017.94024>
- Midgley, T. L., Fox, G. A., & Heeren, D. M. (2012). Evaluation of the bank stability and toe erosion model (BSTEM) for predicting lateral retreat on composite streambanks. *Geomorphology*, 145–146, 107–114. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2011.12.044>
- Nardi, L., & Rinaldi, M. (2010). Modelling riverbank retreat by combining reach-scale hydraulic models with bank-scale erosion and stability analyses. In A. Dittrich, K. Koll, J. Aberle, & P. Geisenhainer (Eds.), *Conference: River Flow 2010, At Braunschweig, Volume: Proceedings*.

- Núñez-González, F., & Gutierrez, R. R. (2022). El compromiso ambiental y social, los nuevos retos y las perspectivas de los ingenieros de ríos en Latinoamérica. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, 38(Sedimentos y Ecología), 61–73. <https://doi.org/10.20937/RICA.54316>
- Palmer, J. A., Schilling, K. E., Isenhardt, T. M., Schultz, R. C., & Tomer, M. D. (2014). Streambank erosion rates and loads within a single watershed: Bridging the gap between temporal and spatial scales. *Geomorphology*, 209, 66–78. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2013.11.027>
- Partheniades, E. (1965). Erosion and deposition of cohesive soils. *J Hydraul Div ASCE*, 91(1), 105–39.
- Pilares-Hualpa, I. A., Alfaro-Alejo, R., Pilares-Calla, C. A., & Alfaro-Vilca, O. E. (2021). Characterization of expansive soils for the foundation of an irrigation canal in the Peruvian Andes, Cabana-Mañazo case. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 939(012062). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/939/1/012062>
- Pollen-Bankhead, N., & Simon, A. (2009). Advanced application of root-reinforcement algorithms for bank stability modeling. *Earth Surf Processes Landforms*, 34, 471–80. <https://doi.org/10.1002/esp.1690>
- Ponce, V. M. (1989). *Engineering Hydrology: Principles and Practices* (Vol. 640). Englewood Cliffs, NJ. Prentice Hall.
- Reynares, M., Franco, F., Morbidoni, N., & Schreider, M. (2004). Diseño de protecciones: Análisis de erosión y estabilidad de taludes. *Ingeniería Del Agua*, 11(4), 435–444.
- Rhoads, B. L. (2020). *River Dynamics: Geomorphology to Support Management*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108164108>
- Rinaldi, M., & Nardi, L. (2013). Modeling Interactions between Riverbank Hydrology and Mass Failures. *Journal of Hydrologic Engineering*, 18(10), 1231–1240. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HE.1943-5584.0000716](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0000716)
- Romali, N. S., Yusop, Z., & Ismail, A. Z. (2018). Application of HEC-RAS and ArcGIS

- for floodplain mapping in Segamat town, Malaysia. *International Journal of Geomate*, 15(47), 7–13. <https://doi.org/10.21660/2018.47.3656>
- Sarma, D. (2013). *Rural risk assessment due to flooding and riverbank erosion in Majuli, Assam, India*. University of Twente.
- Semmad, S., & Chalermyanont, T. (2018). Riverbank retreat analysis of the U-Tapao River, southern Thailand. *Arabian Journal of Geosciences*, 11(12), 295. <https://doi.org/10.1007/s12517-018-3629-9>
- Semmad, S., Chup-uppakan, T., & Chalermyanont, T. (2019). An alternative method for determining erosion parameters related to non-linear model; based on submerged jet erosion test. *International Journal*, 16(53), 53–61.
- Shevchuk, V., Burshtynska, K., Korolik, I., & Halochkin, M. (2021). Monitoring of horizontal displacements and changes of the riverine area of the Dniester River. *Journal of Water and Land Development*, No 49, 1–15. <https://doi.org/10.24425/jwld.2021.137091>
- Simon A, C. A. (2002). Quantifying the mechanical and hydrologic effects of riparian vegetation on streambank stability. *Earth Surf Processes Landforms*, 27(5), 527–46. <https://doi.org/10.1002/esp.325>
- Thakur, P. K., Laha, C., & Aggarwal, S. P. (2012). River bank erosion hazard study of river Ganga, upstream of Farakka barrage using remote sensing and GIS. *Natural Hazards*, 61(3), 967–987. <https://doi.org/10.1007/s11069-011-9944-z>
- Thapa, I. (2016). Study of Streambank Erosion Processes and Bank Stability Condition of the Kodku River, Kathmandu Valley, Central Nepal [Tribhuvan University, Institute of Science and Technology]. In *Institute of Science and Technology: Vol. Master The*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1639.2727>
- Thorne, C. R. (1982). Processes and mechanisms of river bank erosion. In R. D. Hey, J. C. Bathurst, & C. R. Thorne (Eds.), *Gravel-bed rivers: fluvial processes, engineering and management* (pp. 227–271). John Wiley & Sons.
- Tomsett, C., & Leyland, J. (2019). Remote sensing of river corridors: A review of current trends and future directions. *River Research and Applications*, 35(7), 779–803.

<https://doi.org/10.1002/rra.3479>

- USDA-ARS. (2016). *Bank Stability and Toe Erosion Model*. USDA Agricultural Research Service National Sedimentation Laboratory. Oxford, MS. USDA Agricultural Research Service National Sedimentation Laboratory. Oxford, MS. <http://www.ars.usda.gov/research/docs.htm?docid=5044>
- Van Rijn, L. C. (1993). *Principles of sediment transport in rivers, estuaries and coastal seas* (Vol. 1006). Aqua publications Amsterdam.
- Vasquez, A. (2017). *Manejo y Gestion de Cuencas Hidrograficas* (p. 643). Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Vide, J. P. M. (2009). *Ingeniería de ríos*. Ediciones UPC.
- Wilkerson, G. V. (2008). Improved Bankfull Discharge Prediction Using 2-Year Recurrence-Period Discharge1. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 44(1), 243–257. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.2007.00151.x>
- Wohl, E. (2020). *Rivers in the Landscape*. John Wiley & Sons.
- Wohl, Ellen, Bledsoe, B. P., Jacobson, R. B., Poff, N. L., Rathburn, S. L., Walters, D. M., & Wilcox, A. C. (2015). The Natural Sediment Regime in Rivers: Broadening the Foundation for Ecosystem Management. *BioScience*, 65(4), 358–371. <https://doi.org/10.1093/biosci/biv002>
- Wu, W., Perera, C., Smith, J., & Sanchez, A. (2018). Critical shear stress for erosion of sand and mud mixtures. *Journal of Hydraulic Research*, 56(1), 96–110. <https://doi.org/10.1080/00221686.2017.1300195>
- Zapana Arpasi, J. A. (2019). *Estimación de caudales mediante la aplicación de modelos hidrológicos semidistribuidos con la plataforma RS Minerve en la cuenca del río Ramis Puno*. Universidad Nacional del Altiplano Puno.

ANEXOS

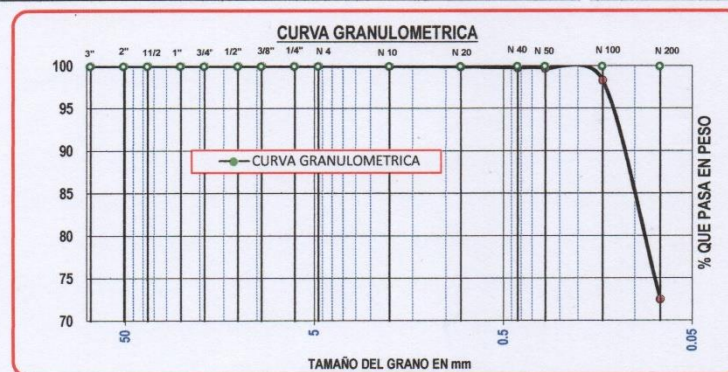
Anexo 1. Resultado de ensayo de laboratorio suelo

COTA		DESCRIPCIÓN VISUAL	PANEL FOTOGRÁFICO
0.00		ESTRATO-01 Limo de baja plasticidad con presencia de material orgánico	
0.10			
0.20			
0.30			
0.40			
0.50			
0.60			
0.70			
0.80			
0.90			
1.00			
1.10			
1.20			
1.30			
1.40			
1.50		ESTRATO - 02 Limo de baja plasticidad con presencia de arenas de color café amarillento de consistencia media	
1.60			
1.70			
1.80			
1.90			
2.00			
2.10			
2.20			
2.30			
2.40			
2.50			
2.60			
2.70			
2.80			
2.80 N.F.	ESTRATO - 03 Arcilla con presencia de arenas y limos de baja plasticidad en un estado saturado de color marrón		
2.90			
3.00			
3.10			
3.20			
3.30			
3.40			
3.50			
3.60			
3.70			
3.80			
3.90			
4.00			
4.10			
4.20	ESTRATO - 04 Arena mal graduada de color gris en estado saturado		
4.30			
4.40			
4.50			
4.60			



Yesenia Apaza Pinto
 Ing. Yesenia Apaza Pinto
 INGENIERO CIVIL
 CIP 216181
 RESPONSABLE DE LABORATORIO

		UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS																																																																																																																														
PROYECTO DE TESIS : "Evaluación de la Estabilidad de Márgenes y Erosión de Pie para la Predicción de Retiro Lateral en el Río Ramis"																																																																																																																																
SOLICITANTE : TESISTA Ing. Ecler Mamani Chambi		ASESOR DE TESIS: M.Sc. Roberto Alfaro Alejo																																																																																																																														
UBICACIÓN DEL PUNTO DE EST: Puente Ramis																																																																																																																																
RESP. LABORATORIO : Ing. Yesenia Apaza Pinto		Fecha de Ejec. del Ensayo : 08/10/2019																																																																																																																														
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO <small>NORMA ASTM - D 422</small>		Nro de Muestra : M-01																																																																																																																														
		N° Calicata : C-01																																																																																																																														
		N° de estrato : E-02																																																																																																																														
		Profundidad de Muestra : 0.60 - 2.80m																																																																																																																														
		Clasificación SUCS : ML (limo de baja plasticidad)																																																																																																																														
		Clasificación AASHTO : A-4 (0)																																																																																																																														
		Estado de la Muestra : Alterada																																																																																																																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>TAMICES ASTM</th> <th>ABERTURA (mm)</th> <th>Peso Retenido (gr)</th> <th>% Retenido Parcial</th> <th>% Retenido Acumulado</th> <th>% que pasa</th> <th>Obs.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>3"</td><td>76.2</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td><td></td></tr> <tr><td>2"</td><td>50.8</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td><td></td></tr> <tr><td>1 1/2"</td><td>38.1</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td><td></td></tr> <tr><td>1"</td><td>25.4</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td><td></td></tr> <tr><td>3/4"</td><td>19.05</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td><td></td></tr> <tr><td>1/2"</td><td>12.7</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td><td></td></tr> <tr><td>3/8"</td><td>9.53</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td><td></td></tr> <tr><td>1/4"</td><td>6.35</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td><td></td></tr> <tr><td>No4</td><td>4.76</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td><td></td></tr> <tr><td>No10</td><td>2.00</td><td>0.09</td><td>0.04</td><td>0.04</td><td>99.96</td><td></td></tr> <tr><td>No20</td><td>0.84</td><td>0.15</td><td>0.06</td><td>0.10</td><td>99.90</td><td></td></tr> <tr><td>No40</td><td>0.42</td><td>0.34</td><td>0.14</td><td>0.23</td><td>99.77</td><td></td></tr> <tr><td>No50</td><td>0.30</td><td>0.14</td><td>0.06</td><td>0.29</td><td>99.71</td><td></td></tr> <tr><td>No100</td><td>0.15</td><td>3.56</td><td>1.42</td><td>1.71</td><td>98.29</td><td></td></tr> <tr><td>No200</td><td>0.07</td><td>64.49</td><td>25.80</td><td>27.51</td><td>72.49</td><td></td></tr> <tr><td>BASE</td><td></td><td>181.23</td><td>72.49</td><td>100.00</td><td>0.00</td><td></td></tr> <tr><td>TOTAL</td><td></td><td>250.00</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que pasa	Obs.	3"	76.2	0.00	0.00	0.00	100.00		2"	50.8	0.00	0.00	0.00	100.00		1 1/2"	38.1	0.00	0.00	0.00	100.00		1"	25.4	0.00	0.00	0.00	100.00		3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00		1/2"	12.7	0.00	0.00	0.00	100.00		3/8"	9.53	0.00	0.00	0.00	100.00		1/4"	6.35	0.00	0.00	0.00	100.00		No4	4.76	0.00	0.00	0.00	100.00		No10	2.00	0.09	0.04	0.04	99.96		No20	0.84	0.15	0.06	0.10	99.90		No40	0.42	0.34	0.14	0.23	99.77		No50	0.30	0.14	0.06	0.29	99.71		No100	0.15	3.56	1.42	1.71	98.29		No200	0.07	64.49	25.80	27.51	72.49		BASE		181.23	72.49	100.00	0.00		TOTAL		250.00					DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA Peso Inicial : 250.00 gr. Peso Lavado : 68.77 gr. Peso Perdido : 181.23 gr.	
TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que pasa	Obs.																																																																																																																										
3"	76.2	0.00	0.00	0.00	100.00																																																																																																																											
2"	50.8	0.00	0.00	0.00	100.00																																																																																																																											
1 1/2"	38.1	0.00	0.00	0.00	100.00																																																																																																																											
1"	25.4	0.00	0.00	0.00	100.00																																																																																																																											
3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00																																																																																																																											
1/2"	12.7	0.00	0.00	0.00	100.00																																																																																																																											
3/8"	9.53	0.00	0.00	0.00	100.00																																																																																																																											
1/4"	6.35	0.00	0.00	0.00	100.00																																																																																																																											
No4	4.76	0.00	0.00	0.00	100.00																																																																																																																											
No10	2.00	0.09	0.04	0.04	99.96																																																																																																																											
No20	0.84	0.15	0.06	0.10	99.90																																																																																																																											
No40	0.42	0.34	0.14	0.23	99.77																																																																																																																											
No50	0.30	0.14	0.06	0.29	99.71																																																																																																																											
No100	0.15	3.56	1.42	1.71	98.29																																																																																																																											
No200	0.07	64.49	25.80	27.51	72.49																																																																																																																											
BASE		181.23	72.49	100.00	0.00																																																																																																																											
TOTAL		250.00																																																																																																																														
		LIMITES DE CONSISTENCIA Limite Líquido NP Limite Plástico NP Índice d Plasticida NP																																																																																																																														
		CARACT. GRANULOMETRICAS D10= NP D30= NP D60= NP CU= NP CC= NP																																																																																																																														

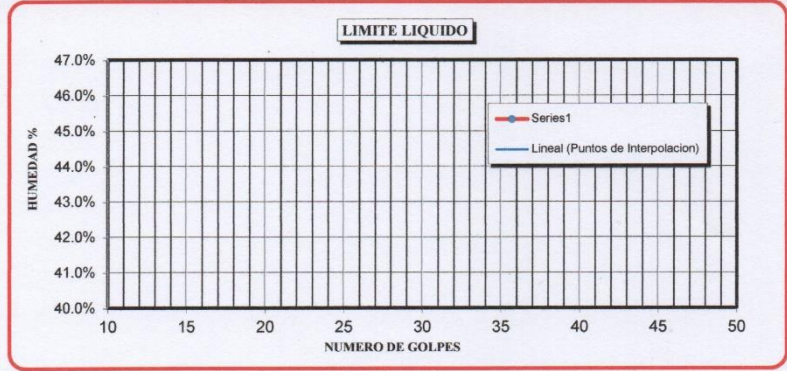


Ing. Yesenia Apaza Pinto
INGENIERO CIVIL
 CIP 216181
 RESPONSABLE DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO DE TESIS	: "Evaluación de la Estabilidad de Márgenes y Erosión de Pie para la Predicción de Retiro Lateral en el Río Ramis"		
SOLICITANTE	: TESISTA Ing. Ecler Mamani Chambi	ASESOR DE TESIS: M.Sc. Roberto Alfaro Alejo	
UBICACIÓN DEL PUNTO DE E	: Puente Ramis		
RESP. LABORATORIO	: Ing. Yesenia Apaza Pinto	Fecha de ejec. del Ensayo	: 09/10/2019
ENSAYO:	<p align="center">LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO</p> <p align="center">NORMA ASTM - D 4318</p>		
	Nro de Muestra	: M-01	
	Nro de Calicata	: C-01	
	Nro de estrato	: E-02	
	Profundidad de muestra	: 0.60 - 2.80m	
	Clasificación SUCS	: ML (limo de baja plasticidad)	
	Clasificación AASHTO	: A-4 (0)	
	Estado de la Muestra	: Alterada	

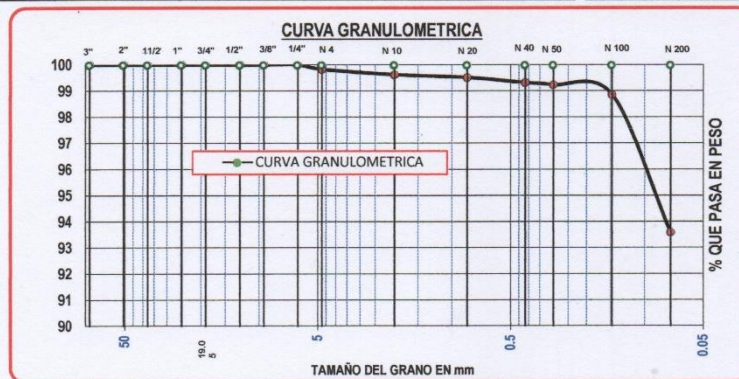
DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO		
	01	02	03	04	02	03	
Nro de ensayo							
Numero de Capsula							
Peso de Capsula + Suelo Humedo (gr)							
Peso de Capsula + Suelo Seco (gr)							
Peso del Agua (gr)		NP				NP	
Peso de Capsula (gr)							
Peso de Suelo Seco (gr)							
Contenido de Humedad (%)							
Numero de Golpes					NP		



Limite Liquido : NP Limite Plastico : NP Indice de Plasticidad : NP

Ing. Yesenia Apaza Pinto
INGENIERO CIVIL
 CIP 216181
RESPONSABLE DE LABORATORIO

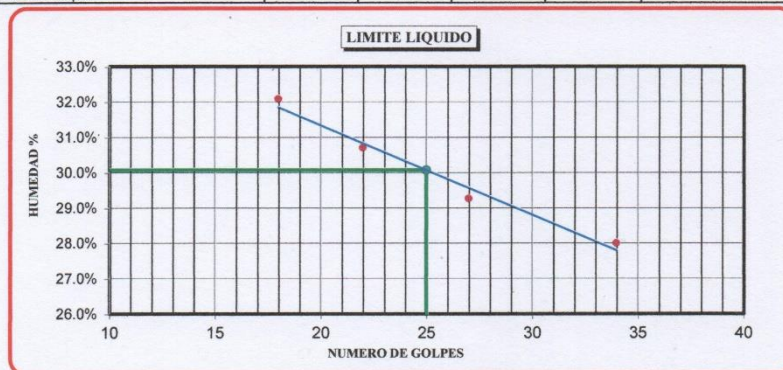
		UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS																																																																																																																															
PROYECTO DE TESIS : "Evaluación de la Estabilidad de Márgenes y Erosión de Pie para la Predicción de Retiro Lateral en el Río Ramis"		SOLICITANTE : TESISTA Ing. Ecler Mamani Chambi ASESOR DE TESIS : M.Sc. Roberto Alfaro Alejo																																																																																																																															
UBICACIÓN DEL PUNTO DE ES : Puente Ramis		RESP. LABORATORIO : Ing. Yesenia Apaza Pinto Fecha de Ejec. del Ensayo : 08/10/2019																																																																																																																															
ENSAYO: <h2 style="text-align: center;">ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO</h2> NORMA ASTM - D 422		Nro de Muestra : M-01 N° Calicata : C-01 N° de estrato : E-03 Profundidad de Muestra : 2.80 - 3.80m Clasificación SUCS : CL-ML (arcilla limo arenosa) Clasificación AASHTO : A-4 (6) Estado de la Muestra : Alterada																																																																																																																															
		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA Peso Inicial : 250.00 gr. Peso Lavado : 16.04 gr. Peso Perdido : 233.96 gr.																																																																																																																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>TAMICES ASTM</th> <th>ABERTURA (mm)</th> <th>Peso Retenido (gr)</th> <th>% Retenido Parcial</th> <th>% Retenido Acumulado</th> <th>% que pasa</th> <th>Obs.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>3"</td><td>76.2</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td><td></td></tr> <tr><td>2"</td><td>50.8</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td><td></td></tr> <tr><td>1 1/2"</td><td>38.1</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td><td></td></tr> <tr><td>1"</td><td>25.4</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td><td></td></tr> <tr><td>3/4"</td><td>19.05</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td><td></td></tr> <tr><td>1/2"</td><td>12.7</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td><td></td></tr> <tr><td>3/8"</td><td>9.53</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td><td></td></tr> <tr><td>1/4"</td><td>6.35</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td><td></td></tr> <tr><td>No4</td><td>4.76</td><td>0.43</td><td>0.17</td><td>0.17</td><td>99.83</td><td></td></tr> <tr><td>No10</td><td>2.00</td><td>0.51</td><td>0.20</td><td>0.38</td><td>99.62</td><td></td></tr> <tr><td>No20</td><td>0.84</td><td>0.27</td><td>0.11</td><td>0.48</td><td>99.52</td><td></td></tr> <tr><td>No40</td><td>0.42</td><td>0.50</td><td>0.20</td><td>0.68</td><td>99.32</td><td></td></tr> <tr><td>No50</td><td>0.30</td><td>0.21</td><td>0.08</td><td>0.77</td><td>99.23</td><td></td></tr> <tr><td>No100</td><td>0.15</td><td>0.92</td><td>0.37</td><td>1.14</td><td>98.86</td><td></td></tr> <tr><td>No200</td><td>0.07</td><td>13.20</td><td>5.28</td><td>6.42</td><td>93.58</td><td></td></tr> <tr><td>BASE</td><td></td><td>233.96</td><td>93.58</td><td>100.00</td><td>0.00</td><td></td></tr> <tr><td>TOTAL</td><td></td><td>250.00</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que pasa	Obs.	3"	76.2	0.00	0.00	0.00	100.00		2"	50.8	0.00	0.00	0.00	100.00		1 1/2"	38.1	0.00	0.00	0.00	100.00		1"	25.4	0.00	0.00	0.00	100.00		3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00		1/2"	12.7	0.00	0.00	0.00	100.00		3/8"	9.53	0.00	0.00	0.00	100.00		1/4"	6.35	0.00	0.00	0.00	100.00		No4	4.76	0.43	0.17	0.17	99.83		No10	2.00	0.51	0.20	0.38	99.62		No20	0.84	0.27	0.11	0.48	99.52		No40	0.42	0.50	0.20	0.68	99.32		No50	0.30	0.21	0.08	0.77	99.23		No100	0.15	0.92	0.37	1.14	98.86		No200	0.07	13.20	5.28	6.42	93.58		BASE		233.96	93.58	100.00	0.00		TOTAL		250.00					LIMITES DE CONSISTENCIA Limite Líquido : 30.09% Limite Plástico : 23.97% Índice d Plasticidad : 6.12%	
TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que pasa	Obs.																																																																																																																											
3"	76.2	0.00	0.00	0.00	100.00																																																																																																																												
2"	50.8	0.00	0.00	0.00	100.00																																																																																																																												
1 1/2"	38.1	0.00	0.00	0.00	100.00																																																																																																																												
1"	25.4	0.00	0.00	0.00	100.00																																																																																																																												
3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00																																																																																																																												
1/2"	12.7	0.00	0.00	0.00	100.00																																																																																																																												
3/8"	9.53	0.00	0.00	0.00	100.00																																																																																																																												
1/4"	6.35	0.00	0.00	0.00	100.00																																																																																																																												
No4	4.76	0.43	0.17	0.17	99.83																																																																																																																												
No10	2.00	0.51	0.20	0.38	99.62																																																																																																																												
No20	0.84	0.27	0.11	0.48	99.52																																																																																																																												
No40	0.42	0.50	0.20	0.68	99.32																																																																																																																												
No50	0.30	0.21	0.08	0.77	99.23																																																																																																																												
No100	0.15	0.92	0.37	1.14	98.86																																																																																																																												
No200	0.07	13.20	5.28	6.42	93.58																																																																																																																												
BASE		233.96	93.58	100.00	0.00																																																																																																																												
TOTAL		250.00																																																																																																																															
		CARACT. GRANULOMETRICAS D10= NP D30= NP D60= NP CU= NP CC= NP																																																																																																																															



Ing. Yesenia Apaza Pinto
INGENIERO CIVIL
 CIP 216181
 RESPONSABLE DE LABORATORIO

<p>UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS</p>	<p>PROYECTO DE TESIS : "Evaluación de la Estabilidad de Márgenes y Erosión de Pie para la Predicción de Retiro Lateral en el Río Ramis"</p>	
	<p>SOLICITANTE : TESISTA Ing. Ecler Mamani Chambi</p>	<p>ASESOR DE TESIS: M.Sc. Roberto Alfaro Alejo</p>
<p>UBICACIÓN DEL PUNTO DE : Puente Ramis</p>		
<p>RESP. LABORATORIO : Ing. Yesenia Apaza Pinto</p>		<p>Fecha de ejec. del Ensayo : 09/10/2019</p>
<p>ENSAYO:</p>		
<p>LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO</p>		
<p>NORMA ASTM - D 4318</p>		
<p>Nro de Muestra : M-01</p>		
<p>Nro de Calicata : C-01</p>		
<p>Nro de estratos : E-03</p>		
<p>Prof. de la Muestra : 2.80 - 3.80m</p>		
<p>Clasificación SUCS : CL-ML (arcilla limo arenosa)</p>		
<p>Clasificación AASHTO : A-4 (6)</p>		
<p>Estado de la Muestra : Alterada</p>		

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO	
	01	02	03	04	02	03
Nro de ensayo	01	02	03	04	02	03
Numero de Capsula	T-005	T-006	T-007	T-008	T-011	T-012
Peso de Capsula + Suelo Humedo (gr)	48.19	46.92	41.98	42.98	11.65	13.32
Peso de Capsula + Suelo Seco (gr)	41.01	41.16	36.24	38.87	10.91	12.48
Peso del Agua (gr)	7.18	5.76	5.74	4.11	0.74	0.84
Peso de Capsula (gr)	18.64	22.41	16.64	24.20	7.81	8.99
Peso de Suelo Seco (gr)	22.37	18.75	19.60	14.67	3.10	3.49
Contenido de Humedad (%)	32.10%	30.72%	29.29%	28.02%	23.87%	24.07%
Numero de Golpes	18	22	27	34	23.97%	



Limite Liquido : 30.09% Limite Plastico : 23.97% Indice de Plasticidad : 6.12%

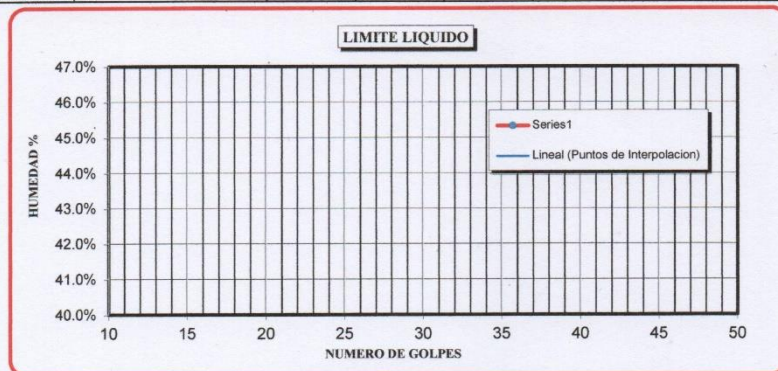
Ing. Yesenia Apaza Pinto
 INGENIERO CIVIL
 CIP 216181
 RESPONSABLE DE LABORATORIO

		UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS																																																																																																																													
PROYECTO DE TESIS : "Evaluación de la Estabilidad de Márgenes y Erosión de Pie para la Predicción de Retiro Lateral en el Río Ramis"																																																																																																																															
SOLICITANTE : TESISTA Ing. Ecler Mamani Chambi		ASESOR DE TESIS : M.Sc. Roberto Alfaro Alejo																																																																																																																													
UBICACIÓN DEL PUNTO DE E : Puente Ramis																																																																																																																															
RESP. LABORATORIO : Ing. Yesenia Apaza Pinto		Fecha de Ejec. del Ensayo : 08/10/2019																																																																																																																													
ENSAYO: <h2 style="text-align: center;">ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO</h2> <p style="text-align: center;">NORMA ASTM - D 422</p>		Nro de Muestra : M-01 N° Calicata : C-01 N° de estrato : E-04 Profundidad de Muestra : 3.80 - 4.60m Clasificación SUCS : SP (Arena mal graduada) Clasificación AASHTO : A-1-b (0) Estado de la Muestra : Alterada																																																																																																																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>TAMICES ASTM</th> <th>ABERTURA (mm)</th> <th>Peso Retenido (gr)</th> <th>% Retenido Parcial</th> <th>% Retenido Acumulado</th> <th>% que pasa</th> <th>Obs.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>3"</td><td>76.2</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td><td></td></tr> <tr><td>2"</td><td>50.8</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td><td></td></tr> <tr><td>1 1/2"</td><td>38.1</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td><td></td></tr> <tr><td>1"</td><td>25.4</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td><td></td></tr> <tr><td>3/4"</td><td>19.05</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td><td></td></tr> <tr><td>1/2"</td><td>12.7</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td><td></td></tr> <tr><td>3/8"</td><td>9.53</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td><td></td></tr> <tr><td>1/4"</td><td>6.35</td><td>4.25</td><td>1.06</td><td>1.06</td><td>98.94</td><td></td></tr> <tr><td>No4</td><td>4.76</td><td>1.98</td><td>0.50</td><td>1.56</td><td>98.44</td><td></td></tr> <tr><td>No10</td><td>2.00</td><td>27.86</td><td>6.97</td><td>8.52</td><td>91.48</td><td></td></tr> <tr><td>No20</td><td>0.84</td><td>56.13</td><td>14.03</td><td>22.56</td><td>77.45</td><td></td></tr> <tr><td>No40</td><td>0.42</td><td>215.75</td><td>53.94</td><td>76.49</td><td>23.51</td><td></td></tr> <tr><td>No50</td><td>0.30</td><td>53.39</td><td>13.35</td><td>89.84</td><td>10.16</td><td></td></tr> <tr><td>No100</td><td>0.15</td><td>24.96</td><td>6.24</td><td>96.08</td><td>3.92</td><td></td></tr> <tr><td>No200</td><td>0.07</td><td>8.02</td><td>2.01</td><td>98.09</td><td>1.92</td><td></td></tr> <tr><td>BASE</td><td></td><td>7.66</td><td>1.92</td><td>100.00</td><td>0.00</td><td></td></tr> <tr><td>TOTAL</td><td></td><td>400.00</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que pasa	Obs.	3"	76.2	0.00	0.00	0.00	100.00		2"	50.8	0.00	0.00	0.00	100.00		1 1/2"	38.1	0.00	0.00	0.00	100.00		1"	25.4	0.00	0.00	0.00	100.00		3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00		1/2"	12.7	0.00	0.00	0.00	100.00		3/8"	9.53	0.00	0.00	0.00	100.00		1/4"	6.35	4.25	1.06	1.06	98.94		No4	4.76	1.98	0.50	1.56	98.44		No10	2.00	27.86	6.97	8.52	91.48		No20	0.84	56.13	14.03	22.56	77.45		No40	0.42	215.75	53.94	76.49	23.51		No50	0.30	53.39	13.35	89.84	10.16		No100	0.15	24.96	6.24	96.08	3.92		No200	0.07	8.02	2.01	98.09	1.92		BASE		7.66	1.92	100.00	0.00		TOTAL		400.00					DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA Peso Inicial : 400.00 gr. Peso Lavado : 392.34 gr. Peso Perdido : 7.66 gr. LIMITES DE CONSISTENCIA Limite Líquido : NP Limite Plástico : NP Índice d Plasticidad : NP CARACT. GRANULOMETRICAS D10= 0.30 mm D30= 0.47 mm D60= 0.70 mm CU= 2.378 CC= 1.062
TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que pasa	Obs.																																																																																																																									
3"	76.2	0.00	0.00	0.00	100.00																																																																																																																										
2"	50.8	0.00	0.00	0.00	100.00																																																																																																																										
1 1/2"	38.1	0.00	0.00	0.00	100.00																																																																																																																										
1"	25.4	0.00	0.00	0.00	100.00																																																																																																																										
3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00																																																																																																																										
1/2"	12.7	0.00	0.00	0.00	100.00																																																																																																																										
3/8"	9.53	0.00	0.00	0.00	100.00																																																																																																																										
1/4"	6.35	4.25	1.06	1.06	98.94																																																																																																																										
No4	4.76	1.98	0.50	1.56	98.44																																																																																																																										
No10	2.00	27.86	6.97	8.52	91.48																																																																																																																										
No20	0.84	56.13	14.03	22.56	77.45																																																																																																																										
No40	0.42	215.75	53.94	76.49	23.51																																																																																																																										
No50	0.30	53.39	13.35	89.84	10.16																																																																																																																										
No100	0.15	24.96	6.24	96.08	3.92																																																																																																																										
No200	0.07	8.02	2.01	98.09	1.92																																																																																																																										
BASE		7.66	1.92	100.00	0.00																																																																																																																										
TOTAL		400.00																																																																																																																													



Ing. Yesenia Apaza Pinto
INGENIERO CIVIL
 CIP 216181
 RESPONSABLE DE LABORATORIO

		UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS				
PROYECTO DE TESIS	: "Evaluación de la Estabilidad de Márgenes y Erosión de Pie para la Predicción de Retiro Lateral en el Río Ramis"					
SOLICITANTE	: TESISTA Ing. Ecler Mamani Chambi	ASESOR DE TESIS: M.Sc. Roberto Alfaro Alejo				
UBICACIÓN DEL PUNTO DE E	: Puente Ramis					
RESP. LABORATORIO	: Ing. Yesenia Apaza Pinto	Fecha de ejec. del Ensayo	: 09/10/2019			
ENSAYO: LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO NORMA ASTM - D 4318		Nro de Muestra	: M-01			
		Nro de Calicata	: C-01			
		Nro de estrato	: E-04			
		Profundidad de muestra	: 3.80 - 4.60m			
		Clasificación SUCS	: SP (Arena mal graduada)			
		Clasificación AASHTO	: A-1-b (0)			
		Estado de la Muestra	: Alterada			
DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
Nro de ensayo	01	02	03	04	02	03
Numero de Capsula						
Peso de Capsula + Suelo Humedo (gr)						
Peso de Capsula + Suelo Seco (gr)						
Peso del Agua (gr)						
Peso de Capsula (gr)						
Peso de Suelo Seco (gr)						
Contenido de Humedad (%)						
Numero de Golpes						NP



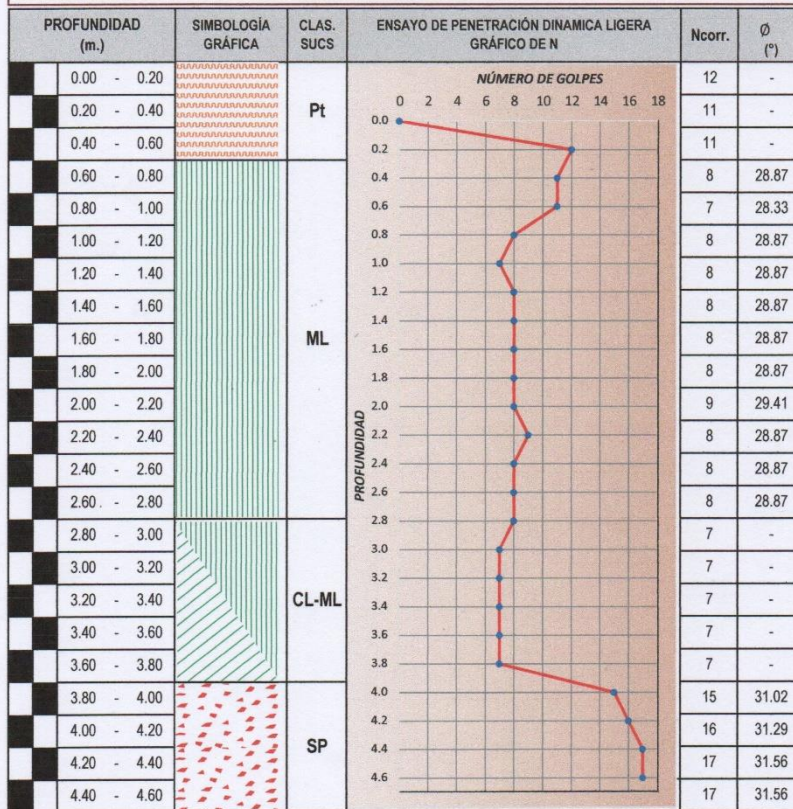
Límite Líquido : NP Límite Plástico : NP Índice de Plasticidad : NP



Ing. Yesenia Apaza Pinto
INGENIERO CIVIL
 CIP 216181
RESPONSABLE DE LABORATORIO

<p>UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS</p>	UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN	
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA	
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS	
PROYECTO DE TESIS	: "Evaluación de la Estabilidad de Márgenes y Erosión de Pie para la Predicción de Retiro Lateral en el Río Ramis"	
SOLICITANTE	: TESISTA Ing. Ecler Mamani Chambi	ASESOR DE TESIS: M.Sc. Roberto Alfaro Alejo
UBICACIÓN DEL PUNTO	: Puente Ramis	
PERSONAL DE LAB.	: Ing. Yesenia Apaza Pinto	FECHA DE EJEC. DE ENSAYO : 06/10/2019

ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA DE CONO (DPL)



Ing. Yesenia Apaza Pinto
 INGENIERO CIVIL
 CIP 216181
 RESPONSABLE DE LABORATORIO

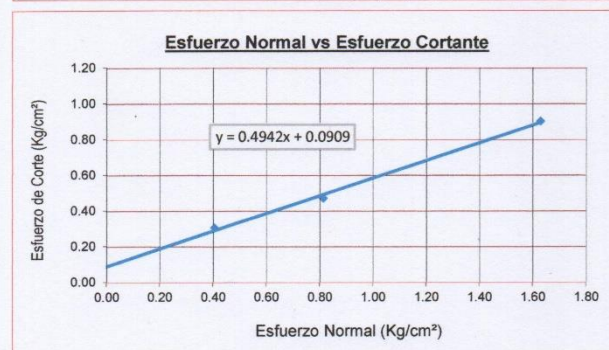
		UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS	
PROYECTO DE TESIS	: "Evaluación de la Estabilidad de Márgenes y Erosión de Pie para la Predicción de Retiro Lateral en el Río Ramis"		
SOLICITANTE	: TESISTA Ing. Ecler Mamani Chambi	ASESOR DE TESIS:	M.Sc. Roberto Alfaro Alejo
UBICACIÓN DEL PUNTO	: Puente Ramis		
RESP. DE LABORATORIO	: Ing. Yesenia Apaza Pinto	Fecha de ejec. de Ensayo	: 07/10/2019
ENSAYO: CORTE DIRECTO NORMA ASTM - D3080		Nro de Muestra	: M - 01
		Nro de Calicata	: C - 01
		Nro de Estrato	: E - 02
		Estado de la Muestra	: Inalterada
		Velocidad de Ensayo	: 0.50 mm/min



ESFUERZO NORMAL	
ESPECIMEN 1	0.41 kg/cm ²
ESPECIMEN 2	0.82 kg/cm ²
ESPECIMEN 3	1.63 kg/cm ²

ESFUERZO CORTANTE	
ESPECIMEN 1	0.31 kg/cm ²
ESPECIMEN 2	0.47 kg/cm ²
ESPECIMEN 3	0.90 kg/cm ²

PARAMETROS DE LA RECTA	
m =	0.494
b =	0.091



PARAMETROS DE LA RESISTENCIA AL CORTE	
ϕ =	26.30°
C =	0.09 kg/cm ²

DONDE:	
ϕ	Ángulo de Fricción
C	Cohesión

Ing. Yesenia Apaza Pinto
 INGENIERO CIVIL
 CIP 216181
 RESPONSABLE DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN										
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA										
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL										
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS										
PROYECTO DE TESIS		: "Evaluación de la Estabilidad de Márgenes y Erosión de Pie para la Predicción de Retiro Lateral en el Río Ramis"								
SOLICITANTE		: TESISTA Ing. Ecler Mamani Chambi				ASESOR DE TESIS: M.Sc. Roberto Alfaro Alejo				
UBICACIÓN DEL PUNTO		: Puente Ramis								
RESP. DE LABORATORIO		: Ing. Yesenia Apaza Pinto				Fecha de ejec. de Ensayo		: 07/10/2019		
ENSAYO:					Nro de Muestra		: Ramis Arriba			
CORTE DIRECTO					Nro de Calicata		: C - 01			
					Nro de Estrato		: E - 02			
					Estado de la Muestra		: Inalterada			
					Velocidad de Ensayo		: 0.50 mm/min			
NORMA ASTM - D3080										
DATOS		ESPECIMEN 01			ESPECIMEN 02			ESPECIMEN 03		
Altura (cm)		2.10			2.10			2.10		
Diametro (cm)		5.00			5.00			5.00		
Area (cm ²)		19.62			19.62			19.62		
Volumen (cm ³)		41.27			41.27			41.27		
Peso Anillo(gr)		138.27			138.27			138.27		
Peso Muestra+Anillo(gr)		211.03			211.14			210.70		
Peso Muestra (gr)		72.76			72.87			72.43		
Densidad Nat. (gr/cm ³)		1.76			1.77			1.76		
Esf. Normal (Kg/cm ²)		0.41 Kg/cm ²			0.82 Kg/cm ²			1.63 Kg/cm ²		
Deformación Tang. (mm)	Lect. (N)	Fuerza Cortante (Kg)		Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)		Lect. (N)	Fuerza Cortante (Kg)		Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	5.50	0.56	0.03	8.50	0.87	0.04	11.00	1.12	0.06	0.06
0.20	11.00	1.12	0.06	15.50	1.58	0.08	20.50	2.09	0.11	0.11
0.30	17.50	1.78	0.09	21.50	2.19	0.11	28.50	2.91	0.15	0.15
0.40	22.00	2.24	0.11	28.50	2.91	0.15	37.50	3.82	0.19	0.19
0.60	29.50	3.01	0.15	38.50	3.92	0.20	47.00	4.79	0.24	0.24
0.80	33.00	3.36	0.17	44.50	4.54	0.23	55.50	5.66	0.29	0.29
1.00	38.50	3.92	0.20	53.50	5.45	0.28	65.00	6.63	0.34	0.34
1.25	44.50	4.54	0.23	65.00	6.63	0.34	79.00	8.05	0.41	0.41
1.50	51.00	5.20	0.26	72.50	7.39	0.38	91.50	9.33	0.48	0.48
1.75	54.50	5.56	0.28	78.00	7.95	0.41	104.50	10.65	0.54	0.54
2.00	57.00	5.81	0.30	84.00	8.56	0.44	119.00	12.13	0.62	0.62
2.25	59.00	6.01	0.31	91.00	9.28	0.47	135.00	13.76	0.70	0.70
2.50	58.00	5.91	0.30	90.50	9.23	0.47	147.50	15.04	0.77	0.77
2.75	57.00	5.81	0.30	90.00	9.17	0.47	162.50	16.56	0.84	0.84
3.00	55.50	5.66	0.29	87.50	8.92	0.45	174.00	17.74	0.90	0.90
3.50		0.00	0.00		0.00	0.00	173.00	17.64	0.90	0.90
4.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
4.50		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
5.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
6.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
7.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
8.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00	0.00

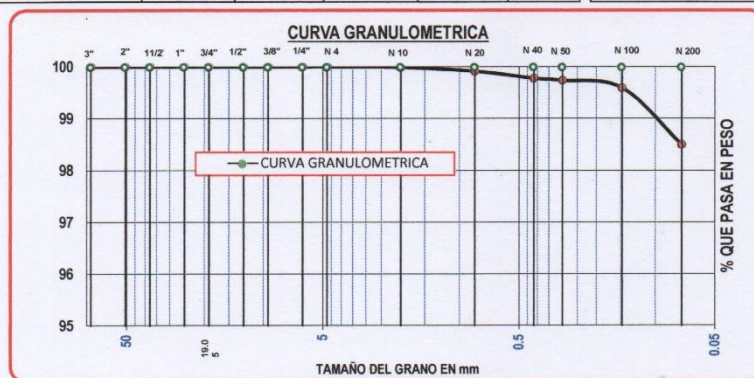

 Yesenia Apaza Pinto
 INGENIERO CIVIL
 CIP 216181
 RESPONSABLE DE LABORATORIO

		UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS	
PROYECTO DE TESIS : "Evaluación de la Estabilidad de Márgenes y Erosión de Pie para la Predicción de Retiro Lateral en el Río Ramis"		FECHA DE EJEC. DE ENSAYO : 06/10/2019	
SOLICITANTE : TESISTA Ing. Ecler Mamani Chambi		ASESOR DE TESIS: M.Sc. Roberto Alfaro Alejo	
UBICACIÓN DEL PUNTO DE ESTU : Comunidad de Chucaripo			
RESP. DE LABORATORIO : Yesenia Apaza Pinto		FECHA DE EJEC. DE ENSAYO : 06/10/2019	
PERFIL ESTRATIGRÁFICO		Coordenadas Este : 402955	
		Coordenadas Norte : 8315503	
		Cota : 3822 msnm	
		N° de calicata : C-02	
COTA	DESCRIPCIÓN VISUAL	PANEL FOTOGRÁFICO	
0.00	ESTRATO-01	Arcilla de baja plasticidad con presencia de material orgánico	
0.10			
0.20			
0.30			
0.40			
0.50			
0.60			
0.70			
0.80			
0.90			
1.00			
1.10			
1.20			
1.30			
1.40			
1.50			
1.60			
1.70			
1.80			
1.90			
2.00			
2.10			
2.20			
2.30			
2.40			
2.50			
2.60			
2.70			
2.80			
2.90			
3.00			
3.10			
3.20			
3.30			
3.40			
3.50			
3.60			
3.70			
3.80			
3.90			
4.00			
4.10			
4.20			
4.30			
4.40			
4.50			
4.60			
	ESTRATO - 02	Arcilla de baja plasticidad con presencia de arenas medianamente húmedo de color marrón amarillento	
	ESTRATO - 03	Limo de baja plasticidad con presencia de arena de consistencia media de color marrón amarillento	
	N.F		
	ESTRATO - 04	Arena mal graduada de consistencia media	



Yesenia Apaza Pinto
 Ing. Yesenia Apaza Pinto
 INGENIERO CIVIL
 CIP 216181
 RESPONSABLE DE LABORATORIO

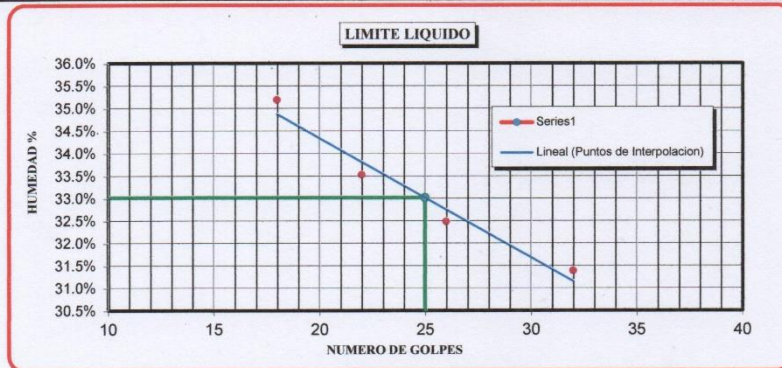
UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN							
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA							
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL							
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS							
PROYECTO DE TESIS	: "Evaluación de la Estabilidad de Márgenes y Erosión de Pie para la Predicción de Retiro Lateral en el Río Ramis"						
SOLICITANTE	: TESISISTA Ing. Ecler Mamani Chambi						
ASESOR DE TESIS	: M.Sc. Roberto Alfaro Alejo						
UBICACIÓN DEL PUNTO DE ESTUDIO	: Comunidad de Chucaripo						
RESP. LABORATORIO	: Ing. Yesenia Apaza Pinto						
Fecha de Ejec. del Ensayo	: 08/10/2019						
<p>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO</p> <p>NORMA ASTM - D 422</p>							
Nro de Muestra	: M-01						
N° Calicata	: C-02						
N° de estrato	: E-02						
Profundidad de Muestra	: 0.60 - 1.60m						
Clasificación SUCS	: CL (Arcilla de baja plasticidad)						
Clasificación AASHTO	: A-4 (10)						
Estado de la Muestra	: Alterada						
TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que pasa	Obs.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.2	0.00	0.00	0.00	100.00		Peso Inicial : 250.00 gr.
2"	50.8	0.00	0.00	0.00	100.00		Peso Lavado : 3.77 gr.
1 1/2"	38.1	0.00	0.00	0.00	100.00		Peso Perdido : 246.23 gr.
1"	25.4	0.00	0.00	0.00	100.00		
3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00		
1/2"	12.7	0.00	0.00	0.00	100.00		LIMITES DE CONSISTENCIA
3/8"	9.53	0.00	0.00	0.00	100.00		Limite Líquido : 33.03%
1/4"	6.35	0.00	0.00	0.00	100.00		Limite Plástico : 23.88%
No4	4.76	0.00	0.00	0.00	100.00		Indice d Plasticidad : 9.14%
No10	2.00	0.03	0.01	0.01	99.99		CARACT. GRANULOMETRICAS
No20	0.84	0.19	0.08	0.09	99.91		D10= NP
No40	0.42	0.34	0.14	0.22	99.78		D30= NP
No50	0.30	0.10	0.04	0.26	99.74		D60= NP
No100	0.15	0.36	0.14	0.41	99.59		CU= NP
No200	0.07	2.75	1.10	1.51	98.49		CC= NP
BASE		246.23	98.49	100.00	0.00		
TOTAL		250.00					



Ing. Yesenia Apaza Pinto
 INGENIERO CIVIL
 CIP 216181
 RESPONSABLE DE LABORATORIO

	UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS	
	PROYECTO DE TESIS : "Evaluación de la Estabilidad de Márgenes y Erosión de Pie para la Predicción de Retiro Lateral en el Río Ramis"	
SOLICITANTE	TESISTA Ing. Ecler Mamani Chambi	ASESOR DE TESIS: M.Sc. Roberto Alfaro Alejo
UBICACIÓN DEL PUNTO DE E	Comunidad de Chucaripo	
RESP. LABORATORIO	Ing. Yesenia Apaza Pinto	Fecha de ejec. del Ensayo : 09/10/2019
LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO NORMA ASTM - D 4318		Nro de Muestra : M-01 Nro de Calicata : C-02 Nro de estratos : E-02 Prof. de la Muestra : 0.60 - 1.60m Clasificación SUCS : CL (Arcilla de baja plasticidad) Clasificación AASHTO : A-4 (10) Estado de la Muestra : Alterada

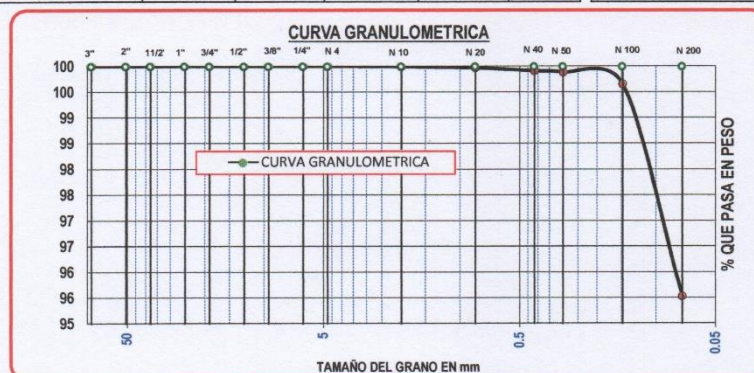
DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO	
	01	02	03	04	02	03
Nro de ensayo	01	02	03	04	02	03
Numero de Capsula	T-005	T-039	T-027	T-021	T-011	T-012
Peso de Capsula + Suelo Humedo (gr)	41.56	47.75	40.98	38.98	11.83	12.32
Peso de Capsula + Suelo Seco (gr)	35.66	40.15	35.01	33.83	11.11	11.79
Peso del Agua (gr)	5.90	7.60	5.97	5.15	0.72	0.53
Peso de Capsula (gr)	16.87	16.76	17.21	19.20	8.11	9.56
Peso de Suelo Seco (gr)	18.79	23.39	17.80	14.63	3.00	2.23
Contenido de Humedad (%)	31.40%	32.49%	33.54%	35.20%	24.00%	23.77%
Numero de Golpes	32	26	22	18	23.88%	



Limite Liquido : 33.03% Limite Plastico : 23.88% Indice de Plasticidad : 9.14%

Ing. Yesenia Apaza Pinto
INGENIERO CIVIL
 CIP 216181
RESPONSABLE DE LABORATORIO

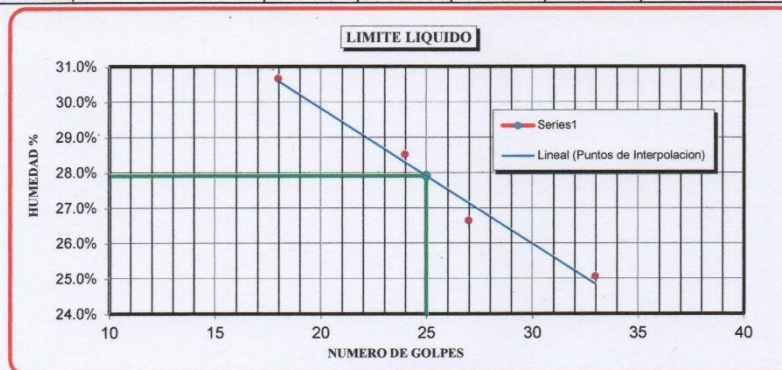
UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN							
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA							
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL							
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS							
PROYECTO DE TESIS	: "Evaluación de la Estabilidad de Márgenes y Erosión de Pie para la Predicción de Retiro Lateral en el Río Ramis"						
SOLICITANTE	: TESISISTA Ing. Ecler Mamani Chambi						
ASESOR DE TESIS	: M.Sc. Roberto Alfaro Alejo						
UBICACIÓN DEL PUNTO DE ESTUDIO	: Comunidad de Chucaripo						
RESP. LABORATORIO	: Ing. Yesenia Apaza Pinto						
Fecha de Ejec. del Ensayo	: 08/10/2019						
<p>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO</p> <p>NORMA ASTM - D 422</p>							
Nro de Muestra	: M-01						
N° Calicata	: C-02						
N° de estrato	: E-03						
Profundidad de Muestra	: 1.60 - 2.60m						
Clasificación SUCS	: ML (limo de baja plasticidad)						
Clasificación AASHTO	: A-4 (4)						
Estado de la Muestra	: Alterada						
TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que pasa	Obs.	<p>DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA</p> <p>Peso Inicial : 250.00 gr. Peso Lavado : 11.19 gr. Peso Perdido : 238.81 gr.</p> <p>LIMITES DE CONSISTENCIA</p> <p>Limite Líquido : 27.93% Limite Plástico : 23.96% Indice d Plasticidad : 3.97%</p> <p>CARACT. GRANULOMETRICAS</p> <p>D10= NP D30= NP D60= NP</p> <p>CU= NP CC= NP</p>
3"	76.2	0.00	0.00	0.00	100.00		
2"	50.8	0.00	0.00	0.00	100.00		
1 1/2"	38.1	0.00	0.00	0.00	100.00		
1"	25.4	0.00	0.00	0.00	100.00		
3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00		
1/2"	12.7	0.00	0.00	0.00	100.00		
3/8"	9.53	0.00	0.00	0.00	100.00		
1/4"	6.35	0.00	0.00	0.00	100.00		
No4	4.76	0.00	0.00	0.00	100.00		
No10	2.00	0.02	0.01	0.01	99.99		
No20	0.84	0.06	0.02	0.03	99.97		
No40	0.42	0.15	0.06	0.09	99.91		
No50	0.30	0.07	0.03	0.12	99.88		
No100	0.15	0.57	0.23	0.35	99.65		
No200	0.07	10.32	4.13	4.48	95.52		
BASE		238.81	95.52	100.00	0.00		
TOTAL		250.00					



UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FILIAL JULIACA
INGENIERO CIVIL
Yesenia Apaza Pinto
CIP 216181
RESPONSABLE DE LABORATORIO

<p>UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS</p>	<p>PROYECTO DE TESIS : "Evaluación de la Estabilidad de Márgenes y Erosión de Pie para la Predicción de Retiro Lateral en el Río Ramis"</p>	
	<p>SOLICITANTE : TESISTA Ing. Ecler Mamani Chambi</p>	<p>ASESOR DE TESIS: M.Sc. Roberto Alfaro Alejo</p>
<p>UBICACIÓN DEL PUNTO DE : Comunidad de Chucaripo</p>	<p>RES.P. LABORATORIO : Ing. Yesenia Apaza Pinto</p>	
<p>Fecha de ejec. del Ensayo : 09/10/2019</p>		<p>ENSAYO:</p>
<p>LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO</p> <p>NORMA ASTM - D 4318</p>		<p>Nro de Muestra : M-01 Nro de Calicata : C-02 Nro de estrato : E-03 Prof. de la Muestra : 1.60 - 2.60m Clasificación SUCS : ML (limo de baja plasticidad) Clasificación AASHTO : A-4 (4) Estado de la Muestra : Alterada</p>

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO	
	01	02	03	04	02	03
Nro de ensayo	01	02	03	04	02	03
Numero de Capsula	T-005	T-039	T-027	T-021	T-011	T-012
Peso de Capsula + Suelo Humedo (gr)	46.31	48.32	54.57	51.97	14.65	16.24
Peso de Capsula + Suelo Seco (gr)	41.27	42.49	47.60	44.31	13.94	15.06
Peso del Agua (gr)	5.04	5.83	6.97	7.66	0.71	1.18
Peso de Capsula (gr)	21.17	20.62	23.17	19.34	10.98	10.13
Peso de Suelo Seco (gr)	20.10	21.87	24.43	24.97	2.96	4.93
Contenido de Humedad (%)	25.07%	26.66%	28.53%	30.68%	23.99%	23.94%
Numero de Golpes	33	27	24	18	23.96%	

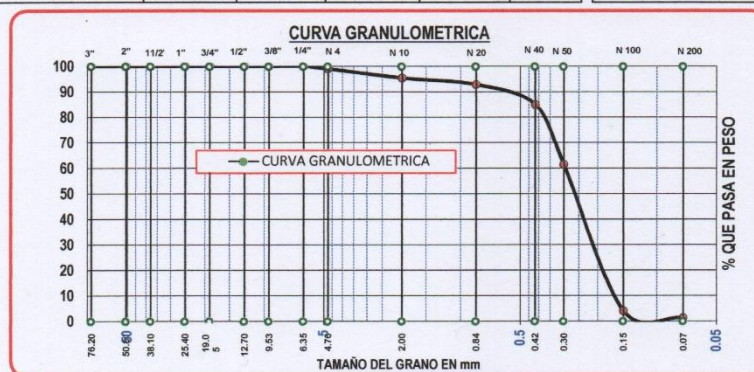


Limite Liquido : 27.93% Limite Plastico : 23.96% Indice de Plasticidad : 3.97%



Yesenia Apaza Pinto
Ing. Yesenia Apaza Pinto
INGENIERO CIVIL
CIP 216181
RESPONSABLE DE LABORATORIO

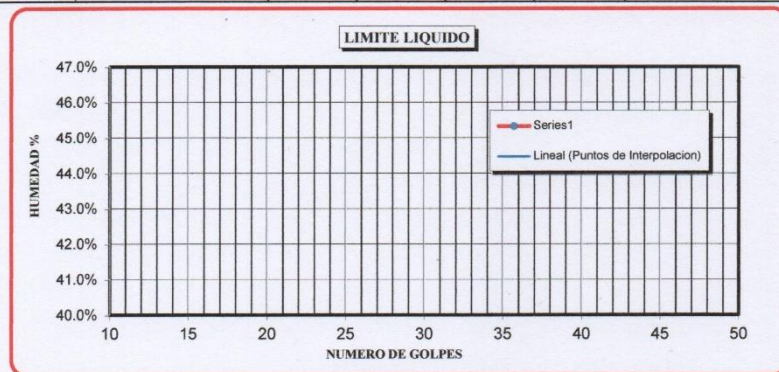
UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN															
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA															
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL															
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS															
PROYECTO DE TESIS	: "Evaluación de la Estabilidad de Márgenes y Erosión de Pie para la Predicción de Retiro Lateral en el Río Ramis"														
SOLICITANTE	: TESISTA Ing. Ecler Mamani Chambi ASESOR DE TESIS: M.Sc. Roberto Alfaro Alejo														
UBICACIÓN DEL PUNTO DE ESTUDIO	: Comunidad de Chucaripo														
RESP. LABORATORIO	: Ing. Yesenia Apaza Pinto Fecha de Ejec. del Ensayo : 08/10/2019														
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO NORMA ASTM - D 422															
<table border="1"> <tr> <td>Nro de Muestra</td> <td>: M-01</td> </tr> <tr> <td>N° Calicata</td> <td>: C-02</td> </tr> <tr> <td>N° de estrato</td> <td>: E-04</td> </tr> <tr> <td>Profundidad de Muestra</td> <td>: 2.60 - 4.60m</td> </tr> <tr> <td>Clasificación SUCS</td> <td>: SP (arena mal graduada)</td> </tr> <tr> <td>Clasificación AASHTO</td> <td>: A-3 (0)</td> </tr> <tr> <td>Estado de la Muestra</td> <td>: Alterada</td> </tr> </table>		Nro de Muestra	: M-01	N° Calicata	: C-02	N° de estrato	: E-04	Profundidad de Muestra	: 2.60 - 4.60m	Clasificación SUCS	: SP (arena mal graduada)	Clasificación AASHTO	: A-3 (0)	Estado de la Muestra	: Alterada
Nro de Muestra	: M-01														
N° Calicata	: C-02														
N° de estrato	: E-04														
Profundidad de Muestra	: 2.60 - 4.60m														
Clasificación SUCS	: SP (arena mal graduada)														
Clasificación AASHTO	: A-3 (0)														
Estado de la Muestra	: Alterada														
TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que pasa	Obs.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA Peso Inicial : 250.00 gr. Peso Lavado : 246.87 gr. Peso Perdido : 3.13 gr. LIMITES DE CONSISTENCIA Limite Líquido : NP Limite Plástico : NP Índice d Plasticidad : NP CARACT. GRANULOMETRICAS D10= 0.16 mm D30= 0.22 mm D60= 0.30 mm CU= 1.797 CC= 0.968								
3"	76.2	0.00	0.00	0.00	100.00										
2"	50.8	0.00	0.00	0.00	100.00										
1 1/2"	38.1	0.00	0.00	0.00	100.00										
1"	25.4	0.00	0.00	0.00	100.00										
3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00										
1/2"	12.7	0.00	0.00	0.00	100.00										
3/8"	9.53	0.00	0.00	0.00	100.00										
1/4"	6.35	0.00	0.00	0.00	100.00										
No4	4.76	2.55	1.02	1.02	98.98										
No10	2.00	8.95	3.58	4.60	95.40										
No20	0.84	6.40	2.56	7.16	92.84										
No40	0.42	19.79	7.92	15.08	84.92										
No50	0.30	58.68	23.47	38.55	61.45										
No100	0.15	143.66	57.46	96.01	3.99										
No200	0.07	6.84	2.74	98.75	1.25										
BASE		3.13	1.25	100.00	0.00										
TOTAL		250.00													



Yesenia Apaza Pinto
 INGENIERO CIVIL
 CIP 216181
 RESPONSABLE DE LABORATORIO

	UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS	
	PROYECTO DE TESIS : "Evaluación de la Estabilidad de Márgenes y Erosión de Pie para la Predicción de Retiro Lateral en el Río Ramis"	
SOLICITANTE : TESISTA Ing. Ecler Mamani Chambi	ASESOR DE TESIS : M.Sc. Roberto Alfaro Alejo	
UBICACIÓN DEL PUNTO DE : Comunidad de Chucaripo		
RESP. LABORATORIO : Ing. Yesenia Apaza Pinto	Fecha de ejec. del Ensayo : 09/10/2019	
ENSAYO: LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO NORMA ASTM - D 4318	Nro de Muestra : M-01	Nro de Calicata : C-02
	Nro de estrato : E-04	Profundidad de muestra : 2.60 - 4.60m
	Clasificación SUCS : SP (arena mal graduada)	Clasificación AASHTO : A-3 (0)
	Estado de la Muestra : Alterada	

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO	
	01	02	03	04	02	03
Nro de ensayo						
Numero de Capsula						
Peso de Capsula + Suelo Humedo (gr)						
Peso de Capsula + Suelo Seco (gr)						
Peso del Agua (gr)						
Peso de Capsula (gr)						
Peso de Suelo Seco (gr)						
Contenido de Humedad (%)						
Numero de Golpes						NP

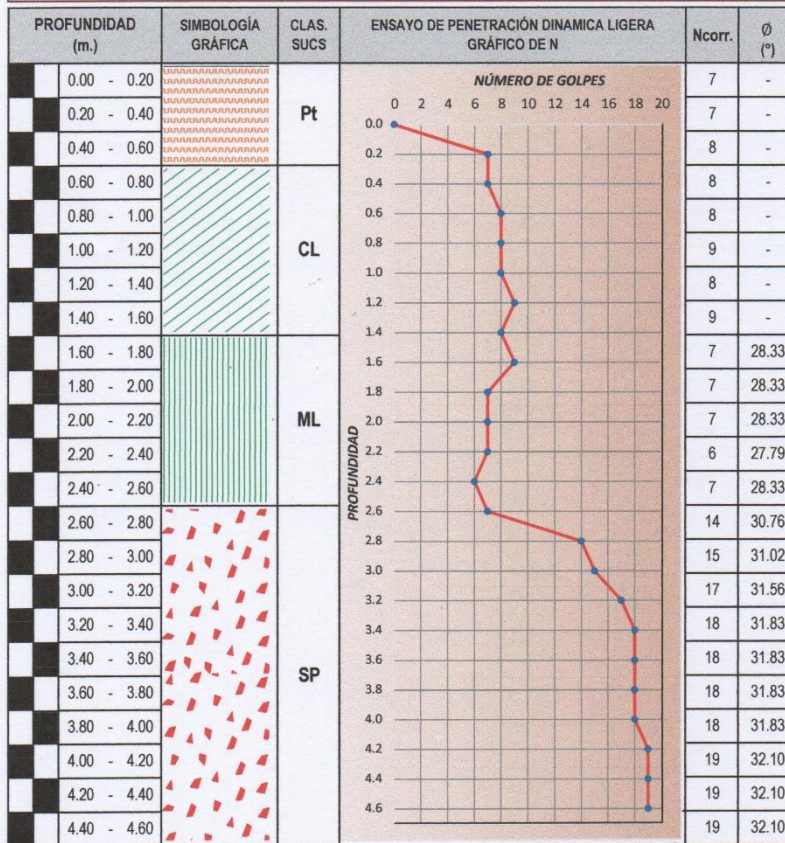


Limite Liquido : NP Limite Plastico : NP Indice de Plasticidad : NP

Ing. Yesenia Apaza Pinto
INGENIERO CIVIL
 CIP 216181
RESPONSABLE DE LABORATORIO

<p>UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS</p>	UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN	
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA	
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS	
PROYECTO DE TESIS	: "Evaluación de la Estabilidad de Márgenes y Erosión de Pie para la Predicción de Retiro Lateral en el Río Ramis"	
SOLICITANTE	: TESISISTA Ing. Ecler Mamani Chambi	ASESOR DE TESIS: M.Sc. Roberto Alfaro Alejo
UBICACIÓN DEL PUNTO	: Comunidad Chucaripo	
PERSONAL DE LAB.	: Ing. Yesenia Apaza Pinto	FECHA DE EJEC. DE ENSAYO : 06/10/2019

ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA DE CONO (DPL)




Ing. Yesenia Apaza Pinto
INGENIERO CIVIL
 CIP 216181
 RESPONSABLE DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN												
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA												
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL												
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS												
PROYECTO DE TESIS		"Evaluación de la Estabilidad de Márgenes y Erosión de Pie para la Predicción de Retiro Lateral en el Río Ramis"										
SOLICITANTE		TESISTA Ing. Ecler Mamani Chambi				ASESOR DE TESIS: M.Sc. Roberto Alfaro Alejo						
UBICACIÓN DEL PUNTO		Comunidad de Chucaripo										
RESP. DE LABORATORIO		Ing. Yesenia Apaza Pinto				Fecha de ejec. de Ensayo		: 07/10/2019				
ENSAYO:												
CORTE DIRECTO						Nro de Muestra		: M - 01				
NORMA ASTM - D3080						Nro de Calicata		: C - 01				
						Nro de Estrato		: E - 03				
						Estado de la Muestra		: Inalterada				
DATOS		ESPECIMEN 01			ESPECIMEN 02			ESPECIMEN 03				
Altura (cm)		2.10			2.10			2.10				
Diametro (cm)		5.00			5.00			5.00				
Area (cm ²)		19.62			19.62			19.62				
Volumen (cm ³)		41.27			41.27			41.27				
Peso Anillo(gr)		138.27			138.27			138.27				
Peso Muestra+Anillo(gr)		138.27			138.27			138.27				
Peso Muestra (gr)												
Densidad Nat. (gr/cm ³)		0.00			0.00			0.00				
Esf. Normal (Kg/cm ²)		0.41 Kg/cm ²			0.82 Kg/cm ²			1.63 Kg/cm ²				
Deformacion Tang. (mm)	Lect. (N)	Fuerza Cortante (Kg)		Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Lect. (N)	Fuerza Cortante (Kg)		Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Lect. (N)	Fuerza Cortante (Kg)		Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.10	3.50	0.36	0.02	0.02	8.50	0.87	0.04	0.04	12.00	1.22	0.06	
0.20	9.00	0.92	0.05	0.05	14.00	1.43	0.07	0.07	23.50	2.40	0.12	
0.30	11.00	1.12	0.06	0.06	20.50	2.09	0.11	0.11	36.00	3.67	0.19	
0.40	12.50	1.27	0.06	0.06	26.50	2.70	0.14	0.14	48.00	4.89	0.25	
0.60	17.00	1.73	0.09	0.09	36.00	3.67	0.19	0.19	64.00	6.52	0.33	
0.80	22.00	2.24	0.11	0.11	42.50	4.33	0.22	0.22	75.50	7.70	0.39	
1.00	27.00	2.75	0.14	0.14	51.50	5.25	0.27	0.27	87.50	8.92	0.45	
1.25	31.00	3.16	0.16	0.16	62.50	6.37	0.32	0.32	97.50	9.94	0.51	
1.50	37.50	3.82	0.19	0.19	69.50	7.08	0.36	0.36	106.50	10.86	0.55	
1.75	43.00	4.38	0.22	0.22	74.50	7.59	0.39	0.39	118.00	12.03	0.61	
2.00	52.50	5.35	0.27	0.27	82.00	8.36	0.43	0.43	127.50	13.00	0.66	
2.25	61.00	6.22	0.32	0.32	91.50	9.33	0.48	0.48	138.50	14.12	0.72	
2.50	67.50	6.88	0.35	0.35	97.00	9.89	0.50	0.50	150.00	15.29	0.78	
2.75	67.00	6.83	0.35	0.35	96.50	9.84	0.50	0.50	149.50	15.24	0.78	
3.00	66.00	6.73	0.34	0.34	96.00	9.79	0.50	0.50	148.00	15.09	0.77	
3.50	64.50	6.57	0.34	0.34	92.00	9.38	0.48	0.48	148.00	15.09	0.77	
4.00	63.00	6.42	0.33	0.33	87.00	8.87	0.45	0.45	147.00	14.98	0.76	
4.50		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	
5.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	
6.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	
7.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	
8.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	



Yesenia Apaza Pinto
Ing. Yesenia Apaza Pinto
INGENIERO CIVIL
CIP 216181
RESPONSABLE DE LABORATORIO

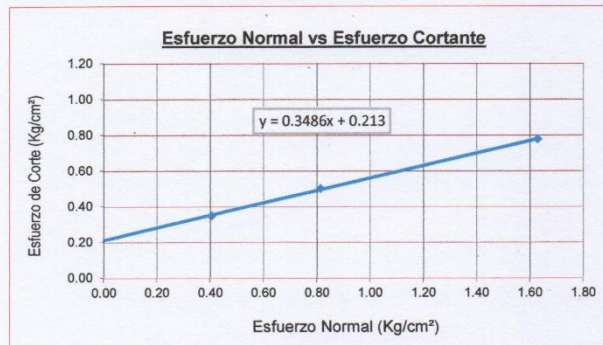
		UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS	
PROYECTO DE TESIS	: "Evaluación de la Estabilidad de Márgenes y Erosión de Pie para la Predicción de Retiro Lateral en el Río Ramis"		
SOLICITANTE	: TESISTA Ing. Ecler Mamani Chambi	ASESOR DE TESIS:	M.Sc. Roberto Alfaro Alejo
UBICACIÓN DEL PUNTO	: Comunidad de Chucaripo		
RESP. DE LABORATORIO	: Ing. Yesenia Apaza Pinto	Fecha de ejec. de Ensayo	: 07/10/2019
ENSAYO: CORTE DIRECTO NORMA ASTM - D3080		Nro de Muestra	: M - 01
		Nro de Calicata	: C - 02
		Nro de Estrato	: E - 03
		Estado de la Muestra	: Inalterada



ESFUERZO NORMAL	
ESPECIMEN 1	0.41 kg/cm ²
ESPECIMEN 2	0.82 kg/cm ²
ESPECIMEN 3	1.63 kg/cm ²

ESFUERZO CORTANTE	
ESPECIMEN 1	0.35 kg/cm ²
ESPECIMEN 2	0.50 kg/cm ²
ESPECIMEN 3	0.78 kg/cm ²

PARAMETROS DE LA RECTA	
m =	0.349
b =	0.213



PARAMETROS DE LA RESISTENCIA AL CORTE	
ϕ =	19.22 °
C =	0.21 kg/cm ²

DONDE:	
ϕ	Ángulo de Fricción
C	Cohesión



Yesenia Apaza Pinto
 Yesenia Apaza Pinto
 INGENIERO CIVIL
 CIP 216181
 RESPONSABLE DE LABORATORIO

		UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
PROYECTO DE TESIS	: "Evaluación de la Estabilidad de Márgenes y Erosión de Pie para la Predicción de Retiro Lateral en el Río Ramis"	
SOLICITANTE	: TESISISTA Ing. Ecler Mamani Chambi	ASESOR DE TESIS: M.Sc. Roberto Alfaro Alejo
UBICACIÓN DEL PUNTO DE ES	: Taraco	
RESP. DE LABORATORIO	: Yesenia Apaza Pinto	FECHA DE EJEC. DE ENSAYO : 06/10/2019

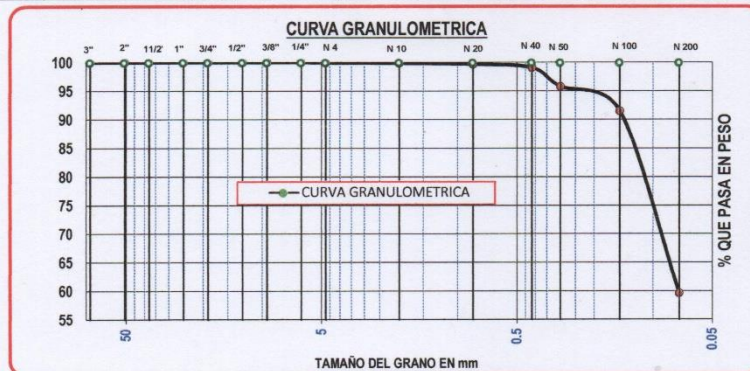
PERFIL ESTRATIGRÁFICO

COTA	DESCRIPCIÓN VISUAL	PANEL FOTOGRÁFICO
0.00	E-01 Limo de baja plasticidad con presencia de material orgánico	
0.10		
0.20		
0.30		
0.40		
0.50	ESTRATO - 02 Limo de baja plasticidad con presencia de arena de color marron claro de consistencia media	
0.60		
0.70		
0.80		
0.90		
1.00		
1.10		
1.20	N.F. ESTRATO - 03 Arcilla con presencia de arenas y limos de baja plasticidad de color marron claro	
1.30		
1.40		
1.50		
1.60		
1.70		
1.80		
1.90		
2.00		
2.10		
2.20	ESTRATO - 04 Arena mal graduada de color gris	
2.30		
2.40		
2.50		
2.60		
2.70		
2.80		
2.90		
3.00		
3.10		
3.20		
3.30		
3.40		
3.50		
3.60		
3.70		
3.80		
3.90		
4.00		
4.10		
4.20		
4.30		
4.40		
4.50		
4.60		



Yesenia Apaza Pinto
Yesenia Apaza Pinto
INGENIERO CIVIL
 CIP 216181
 RESPONSABLE DE LABORATORIO

		UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS					
PROYECTO DE TESIS : "Evaluación de la Estabilidad de Márgenes y Erosión de Pie para la Predicción de Retiro Lateral en el Río Ramis"							
SOLICITANTE : TESISTA Ing. Ecler Mamani Chambi		ASESOR DE TESIS : M.Sc. Roberto Alfaro Alejo					
UBICACIÓN DEL PUNTO DE EST. : Taraco							
RESP. LABORATORIO : Ing. Yesenia Apaza Pinto		Fecha de Ejec. del Ensayo : 10/10/2019					
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO NORMA ASTM - D 422		Nro de Muestra : M-01					
		N° Calicata : C-03					
		N° de estrato : E-02					
		Profundidad de Muestra : 0.40 - 2.00m					
		Clasificación SUCS : ML (limo de baja plasticidad)					
		Clasificación AASHTO : A-4 (0)					
		Estado de la Muestra : Alterada					
TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que pasa	Obs.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA Peso Inicial : 250.00 gr. Peso Lavado : 101.02 gr. Peso Perdido : 148.98 gr. LIMITES DE CONSISTENCIA Limite Liquido : NP Limite Plástico : NP Índice d Plasticidad : NP CARACT. GRANULOMETRICAS D10= NP D30= NP D60= 0.07 mm CU= NP CC= NP
3"	76.2	0.00	0.00	0.00	100.00		
2"	50.8	0.00	0.00	0.00	100.00		
1 1/2"	38.1	0.00	0.00	0.00	100.00		
1"	25.4	0.00	0.00	0.00	100.00		
3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00		
1/2"	12.7	0.00	0.00	0.00	100.00		
3/8"	9.53	0.00	0.00	0.00	100.00		
1/4"	6.35	0.00	0.00	0.00	100.00		
No4	4.76	0.15	0.06	0.06	99.94		
No10	2.00	0.18	0.07	0.13	99.87		
No20	0.84	0.45	0.18	0.31	99.69		
No40	0.42	1.56	0.62	0.93	99.07		
No50	0.30	8.20	3.28	4.21	95.79		
No100	0.15	10.70	4.28	8.49	91.51		
No200	0.07	79.78	31.91	40.41	59.59		
BASE		148.98	59.59	100.00	0.00		
TOTAL		250.00					



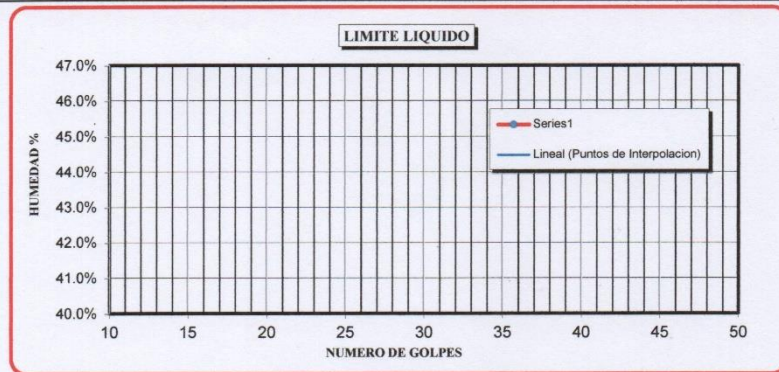
Yesenia Apaza Pinto
 INGENIERO CIVIL
 CIP 216181
 RESPONSABLE DE LABORATORIO

<p>UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS</p>
--

PROYECTO DE TESIS	: "Evaluación de la Estabilidad de Márgenes y Erosión de Pie para la Predicción de Retiro Lateral en el Rio Ramis"	
SOLICITANTE	: TESISTA Ing. Ecler Mamani Chambi	ASESOR DE TESIS: M.Sc. Roberto Alfaro Alejo
UBICACIÓN DEL PUNTO DE E	: Taraco	
RESP. LABORATORIO	: Ing. Yesenia Apaza Pinto	Fecha de ejec. del Ensayo : 11/10/2019

<p>LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO</p> <p>NORMA ASTM - D 4318</p>	Nro de Muestra	: M-01
	Nro de Calicata	: C-03
	Nro de estrato	: E-02
	Profundidad de muestra	: 0.40 - 2.00m
	Clasificación SUCS	: ML (limo de baja plasticidad)
	Clasificación AASHTO	: A-4 (0)
	Estado de la Muestra	: Alterada

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO	
	01	02	03	04	02	03
Nro de ensayo						
Numero de Capsula						
Peso de Capsula + Suelo Humedo (gr)						
Peso de Capsula + Suelo Seco (gr)						
Peso del Agua (gr)						
Peso de Capsula (gr)						
Peso de Suelo Seco (gr)						
Contenido de Humedad (%)						
Numero de Golpes						NP

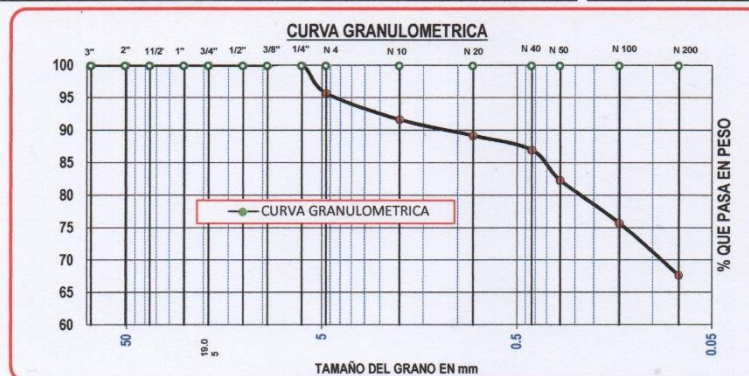


Limite Liquido : NP Limite Plastico : NP Indice de Plasticidad : NP



Yesenia Apaza Pinto
Ing. Yesenia Apaza Pinto
INGENIERO CIVIL
CIP 216181
RESPONSABLE DE LABORATORIO

		UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS																																																																																																																														
PROYECTO DE TESIS : "Evaluación de la Estabilidad de Márgenes y Erosión de Pie para la Predicción de Retiro Lateral en el Río Ramis"		ASESOR DE TESIS : M.Sc. Roberto Alfaro Alejo																																																																																																																														
SOLICITANTE : TESISTA Ing. Ecler Mamani Chambi		FECHA DE EJEC. DEL ENSAYO : 10/10/2019																																																																																																																														
UBICACIÓN DEL PUNTO DE ES : Taraco		FECHA DE EJEC. DEL ENSAYO : 10/10/2019																																																																																																																														
RESP. LABORATORIO : Ing. Yesenia Apaza Pinto		FECHA DE EJEC. DEL ENSAYO : 10/10/2019																																																																																																																														
ENSAYO: <h2 style="text-align: center;">ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO</h2> NORMA ASTM - D 422		Nro de Muestra : M-01																																																																																																																														
		N° Calicata : C-03																																																																																																																														
		N° de estrato : E-03																																																																																																																														
		Profundidad de Muestra : 2.00 - 3.80 m																																																																																																																														
		Clasificación SUCS : CL-ML (arcilla limosa arenosa)																																																																																																																														
		Clasificación AASHTO : A-4 (4)																																																																																																																														
		Estado de la Muestra : Alterada																																																																																																																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>TAMICES ASTM</th> <th>ABERTURA (mm)</th> <th>Peso Retenido (gr)</th> <th>% Retenido Parcial</th> <th>% Retenido Acumulado</th> <th>% que pasa</th> <th>Obs.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>3"</td><td>76.2</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td><td></td></tr> <tr><td>2"</td><td>50.8</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td><td></td></tr> <tr><td>1 1/2"</td><td>38.1</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td><td></td></tr> <tr><td>1"</td><td>25.4</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td><td></td></tr> <tr><td>3/4"</td><td>19.05</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td><td></td></tr> <tr><td>1/2"</td><td>12.7</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td><td></td></tr> <tr><td>3/8"</td><td>9.53</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td><td></td></tr> <tr><td>1/4"</td><td>6.35</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td><td></td></tr> <tr><td>No4</td><td>4.76</td><td>10.80</td><td>4.32</td><td>4.32</td><td>95.68</td><td></td></tr> <tr><td>No10</td><td>2.00</td><td>10.15</td><td>4.06</td><td>8.38</td><td>91.62</td><td></td></tr> <tr><td>No20</td><td>0.84</td><td>6.14</td><td>2.46</td><td>10.84</td><td>89.16</td><td></td></tr> <tr><td>No40</td><td>0.42</td><td>5.63</td><td>2.25</td><td>13.09</td><td>86.91</td><td></td></tr> <tr><td>No50</td><td>0.30</td><td>11.55</td><td>4.62</td><td>17.71</td><td>82.29</td><td></td></tr> <tr><td>No100</td><td>0.15</td><td>16.54</td><td>6.62</td><td>24.32</td><td>75.68</td><td></td></tr> <tr><td>No200</td><td>0.07</td><td>20.15</td><td>8.06</td><td>32.38</td><td>67.62</td><td></td></tr> <tr><td>BASE</td><td></td><td>169.04</td><td>67.62</td><td>100.00</td><td>0.00</td><td></td></tr> <tr><td>TOTAL</td><td></td><td>250.00</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que pasa	Obs.	3"	76.2	0.00	0.00	0.00	100.00		2"	50.8	0.00	0.00	0.00	100.00		1 1/2"	38.1	0.00	0.00	0.00	100.00		1"	25.4	0.00	0.00	0.00	100.00		3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00		1/2"	12.7	0.00	0.00	0.00	100.00		3/8"	9.53	0.00	0.00	0.00	100.00		1/4"	6.35	0.00	0.00	0.00	100.00		No4	4.76	10.80	4.32	4.32	95.68		No10	2.00	10.15	4.06	8.38	91.62		No20	0.84	6.14	2.46	10.84	89.16		No40	0.42	5.63	2.25	13.09	86.91		No50	0.30	11.55	4.62	17.71	82.29		No100	0.15	16.54	6.62	24.32	75.68		No200	0.07	20.15	8.06	32.38	67.62		BASE		169.04	67.62	100.00	0.00		TOTAL		250.00					DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA Peso Inicial : 250.00 gr. Peso Lavado : 80.96 gr. Peso Perdido : 169.04 gr.	
TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que pasa	Obs.																																																																																																																										
3"	76.2	0.00	0.00	0.00	100.00																																																																																																																											
2"	50.8	0.00	0.00	0.00	100.00																																																																																																																											
1 1/2"	38.1	0.00	0.00	0.00	100.00																																																																																																																											
1"	25.4	0.00	0.00	0.00	100.00																																																																																																																											
3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00																																																																																																																											
1/2"	12.7	0.00	0.00	0.00	100.00																																																																																																																											
3/8"	9.53	0.00	0.00	0.00	100.00																																																																																																																											
1/4"	6.35	0.00	0.00	0.00	100.00																																																																																																																											
No4	4.76	10.80	4.32	4.32	95.68																																																																																																																											
No10	2.00	10.15	4.06	8.38	91.62																																																																																																																											
No20	0.84	6.14	2.46	10.84	89.16																																																																																																																											
No40	0.42	5.63	2.25	13.09	86.91																																																																																																																											
No50	0.30	11.55	4.62	17.71	82.29																																																																																																																											
No100	0.15	16.54	6.62	24.32	75.68																																																																																																																											
No200	0.07	20.15	8.06	32.38	67.62																																																																																																																											
BASE		169.04	67.62	100.00	0.00																																																																																																																											
TOTAL		250.00																																																																																																																														
		LIMITES DE CONSISTENCIA Límite Líquido : 33.62% Límite Plástico : 26.78% Índice d Plasticidad : 6.83%																																																																																																																														
		CARACT. GRANULOMETRICAS D10= NP D30= NP D60= NP CU= NP CC= NP																																																																																																																														



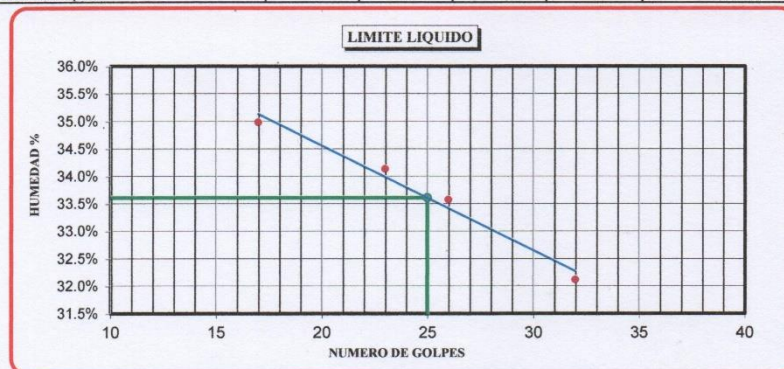
Ing. Yesenia Apaza Pinto
INGENIERO CIVIL
CIP 216181
RESPONSABLE DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO DE TESIS	: "Evaluación de la Estabilidad de Márgenes y Erosión de Pie para la Predicción de Retiro Lateral en el Río Ramis"	
SOLICITANTE	: TESISISTA Ing. Ecler Mamani Chambi	ASESOR DE TESIS: M.Sc. Roberto Alfaro Alejo
UBICACIÓN DEL PUNTO DE	: Taraco	
RESP. LABORATORIO	: Ing. Yesenia Apaza Pinto	Fecha de ejec. del Ensayo : 11/10/2019

LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO NORMA ASTM - D 4318	Nro de Muestra	: M-01
	Nro de Calicata	: C-03
	Nro de estratos	: E-03
	Prof. de la Muestra	: 2.00 - 3.80 m
	Clasificación SUCS	: CL-ML (arcilla limosa arenosa)
	Clasificación AASHTO	: A-4 (4)
	Estado de la Muestra	: Alterada

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO	
	01	02	03	04	02	03
Nro de ensayo						
Numero de Capsula	T-005	T-006	T-007	T-008	T-011	T-012
Peso de Capsula + Suelo Humedo (gr)	34.27	35.14	30.61	40.06	10.32	12.17
Peso de Capsula + Suelo Seco (gr)	29.63	30.37	27.06	36.06	9.81	11.53
Peso del Agua (gr)	4.64	4.77	3.55	4.00	0.51	0.64
Peso de Capsula (gr)	16.37	16.40	16.49	23.61	7.89	9.16
Peso de Suelo Seco (gr)	13.26	13.97	10.57	12.45	1.92	2.37
Contenido de Humedad (%)	34.99%	34.14%	33.59%	32.13%	26.56%	27.00%
Numero de Golpes	17	23	26	32	26.78%	

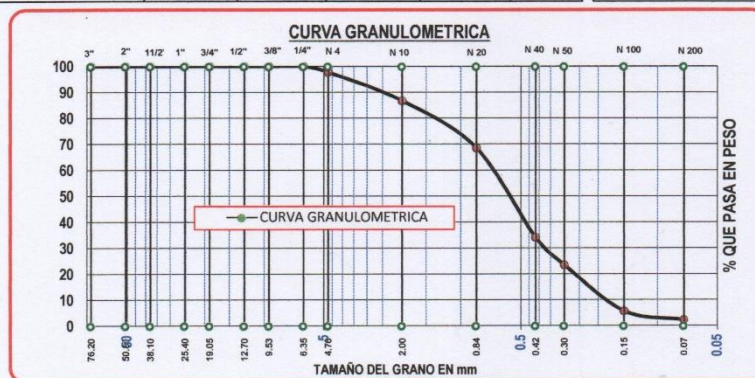


Limite Liquido : 33.62% Limite Plastico : 26.78% Indice de Plasticidad : 6.83%



Yesenia Apaza Pinto
Ing. Yesenia Apaza Pinto
INGENIERO CIVIL
CIP 216181
RESPONSABLE DE LABORATORIO

		UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS																																																																																																																														
PROYECTO DE TESIS : "Evaluación de la Estabilidad de Márgenes y Erosión de Pie para la Predicción de Retiro Lateral en el Río Ramis"		ASESOR DE TESIS : M.Sc. Roberto Alfaro Alejo																																																																																																																														
SOLICITANTE : TESISTA Ing. Ecler Mamani Chambi		UBICACIÓN DEL PUNTO DE EST : Taraco																																																																																																																														
RESP. LABORATORIO : Ing. Yesenia Apaza Pinto		Fecha de Ejec. del Ensayo : 10/10/2019																																																																																																																														
<p style="text-align: center;">ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO</p> <p style="text-align: center;">NORMA ASTM - D 422</p>		Nro de Muestra : M-01																																																																																																																														
		N° Calicata : C-03																																																																																																																														
		N° de estrato : E-04																																																																																																																														
		Profundidad de Muestra : 3.80 - 4.60m																																																																																																																														
		Clasificación SUCS : SP (arena mal graduada)																																																																																																																														
		Clasificación AASHTO : A-1-b (0)																																																																																																																														
		Estado de la Muestra : Alterada																																																																																																																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>TAMICES ASTM</th> <th>ABERTURA (mm)</th> <th>Peso Retenido (gr)</th> <th>% Retenido Parcial</th> <th>% Retenido Acumulado</th> <th>% que pasa</th> <th>Obs.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>3"</td><td>76.2</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td><td></td></tr> <tr><td>2"</td><td>50.8</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td><td></td></tr> <tr><td>1 1/2"</td><td>38.1</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td><td></td></tr> <tr><td>1"</td><td>25.4</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td><td></td></tr> <tr><td>3/4"</td><td>19.05</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td><td></td></tr> <tr><td>1/2"</td><td>12.7</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td><td></td></tr> <tr><td>3/8"</td><td>9.53</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td><td></td></tr> <tr><td>1/4"</td><td>6.35</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td><td></td></tr> <tr><td>No4</td><td>4.76</td><td>5.64</td><td>2.26</td><td>2.26</td><td>97.74</td><td></td></tr> <tr><td>No10</td><td>2.00</td><td>27.58</td><td>11.03</td><td>13.29</td><td>86.71</td><td></td></tr> <tr><td>No20</td><td>0.84</td><td>45.40</td><td>18.16</td><td>31.45</td><td>68.55</td><td></td></tr> <tr><td>No40</td><td>0.42</td><td>86.11</td><td>34.44</td><td>65.89</td><td>34.11</td><td></td></tr> <tr><td>No50</td><td>0.30</td><td>26.54</td><td>10.62</td><td>76.51</td><td>23.49</td><td></td></tr> <tr><td>No100</td><td>0.15</td><td>44.57</td><td>17.83</td><td>94.34</td><td>5.66</td><td></td></tr> <tr><td>No200</td><td>0.07</td><td>8.52</td><td>3.41</td><td>97.74</td><td>2.26</td><td></td></tr> <tr><td>BASE</td><td></td><td>5.64</td><td>2.26</td><td>100.00</td><td>0.00</td><td></td></tr> <tr><td>TOTAL</td><td></td><td>250.00</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que pasa	Obs.	3"	76.2	0.00	0.00	0.00	100.00		2"	50.8	0.00	0.00	0.00	100.00		1 1/2"	38.1	0.00	0.00	0.00	100.00		1"	25.4	0.00	0.00	0.00	100.00		3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00		1/2"	12.7	0.00	0.00	0.00	100.00		3/8"	9.53	0.00	0.00	0.00	100.00		1/4"	6.35	0.00	0.00	0.00	100.00		No4	4.76	5.64	2.26	2.26	97.74		No10	2.00	27.58	11.03	13.29	86.71		No20	0.84	45.40	18.16	31.45	68.55		No40	0.42	86.11	34.44	65.89	34.11		No50	0.30	26.54	10.62	76.51	23.49		No100	0.15	44.57	17.83	94.34	5.66		No200	0.07	8.52	3.41	97.74	2.26		BASE		5.64	2.26	100.00	0.00		TOTAL		250.00					DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA Peso Inicial : 250.00 gr. Peso Lavado : 244.36 gr. Peso Perdido : 5.64 gr.	
TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que pasa	Obs.																																																																																																																										
3"	76.2	0.00	0.00	0.00	100.00																																																																																																																											
2"	50.8	0.00	0.00	0.00	100.00																																																																																																																											
1 1/2"	38.1	0.00	0.00	0.00	100.00																																																																																																																											
1"	25.4	0.00	0.00	0.00	100.00																																																																																																																											
3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00																																																																																																																											
1/2"	12.7	0.00	0.00	0.00	100.00																																																																																																																											
3/8"	9.53	0.00	0.00	0.00	100.00																																																																																																																											
1/4"	6.35	0.00	0.00	0.00	100.00																																																																																																																											
No4	4.76	5.64	2.26	2.26	97.74																																																																																																																											
No10	2.00	27.58	11.03	13.29	86.71																																																																																																																											
No20	0.84	45.40	18.16	31.45	68.55																																																																																																																											
No40	0.42	86.11	34.44	65.89	34.11																																																																																																																											
No50	0.30	26.54	10.62	76.51	23.49																																																																																																																											
No100	0.15	44.57	17.83	94.34	5.66																																																																																																																											
No200	0.07	8.52	3.41	97.74	2.26																																																																																																																											
BASE		5.64	2.26	100.00	0.00																																																																																																																											
TOTAL		250.00																																																																																																																														
		LIMITES DE CONSISTENCIA Limite Líquido : NP Limite Plástico : NP Índice d Plasticidad : NP																																																																																																																														
		CARACT. GRANULOMETRICAS D10= 0.19 mm D30= 0.37 mm D60= 0.74 mm CU= 3.961 CC= 1.021																																																																																																																														



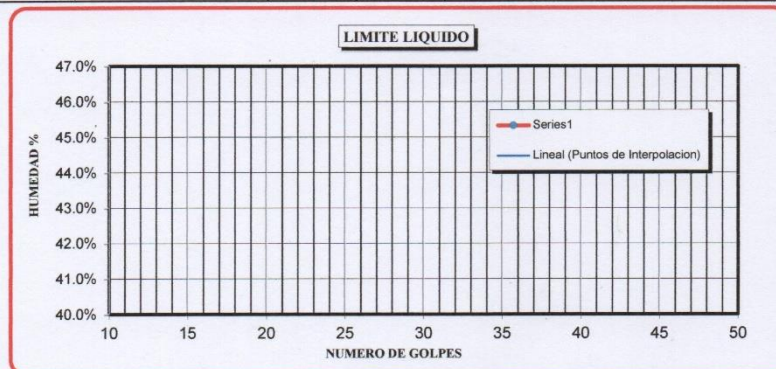
Yesenia Apaza Pinto
 INGENIERO CIVIL
 CIP 216181
 RESPONSABLE DE LABORATORIO

	UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS	
	<i>Noa Institución Acreditada</i>	

PROYECTO DE TESIS	: "Evaluación de la Estabilidad de Márgenes y Erosión de Pie para la Predicción de Retiro Lateral en el Río Ramis"	
SOLICITANTE	: TESISTA Ing. Ecler Mamani Chambi	ASESOR DE TESIS : M.Sc. Roberto Alfaro Alejo
UBICACIÓN DEL PUNTO DE E	: Taraco	
RESP. LABORATORIO	: Ing. Yesenia Apaza Pinto	Fecha de ejec. del Ensayo : 11/10/2019

LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO <small>NORMA ASTM - D 4318</small>	Nro de Muestra	: M-01
	Nro de Calicata	: C-03
	Nro de estrato	: E-04
	Profundidad de muestra	: 3.80 - 4.60m
	Clasificación SUCS	: SP (arena mal graduada)
	Clasificación AASHTO	: A-1-b (0)
	Estado de la Muestra	: Alterada

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
Nro de ensayo						
Numero de Capsula						
Peso de Capsula + Suelo Humedo (gr)						
Peso de Capsula + Suelo Seco (gr)						
Peso del Agua (gr)						
Peso de Capsula (gr)						
Peso de Suelo Seco (gr)						
Contenido de Humedad (%)						
Numero de Golpes						NP

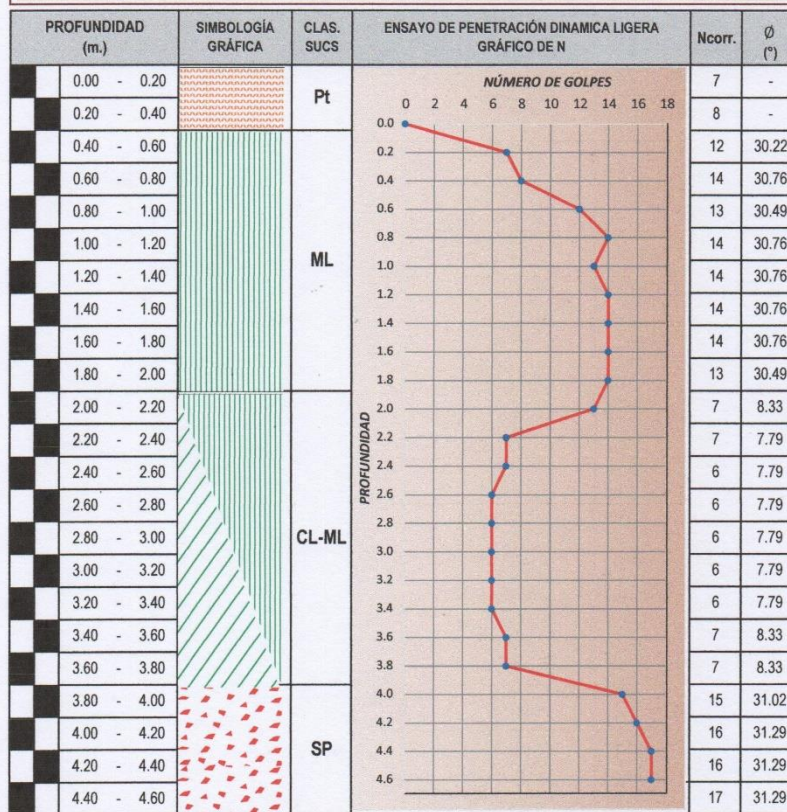


Limite Liquido : NP Limite Plastico : NP Indice de Plasticidad : NP

Ing. Yesenia Apaza Pinto
INGENIERO CIVIL
 CIP 216181
RESPONSABLE DE LABORATORIO

	UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN	
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA	
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS		
PROYECTO DE TESIS	"Evaluación de la Estabilidad de Márgenes y Erosión de Pie para la Predicción de Retiro Lateral en el Río Ramis"	
SOLICITANTE	TESISTA Ing. Ecler Mamani Chambi	ASESOR DE TESIS: M.Sc. Roberto Alfaro Alejo
UBICACIÓN DEL PUNTO	Distrito de Taraco - Punto 03	
PERSONAL DE LAB.	Ing. Yesenia Apaza Pinto	FECHA DE EJEC. DE ENSAYO : 06/10/2019

ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA DE CONO (DPL)




Ing. Yesenia Apaza Pinto
 INGENIERO CIVIL
 CIP 216181
 RESPONSABLE DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN										
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA										
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL										
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS										
PROYECTO DE TESIS		: "Evaluación de la Estabilidad de Márgenes y Erosión de Pie para la Predicción de Retiro Lateral en el Río Ramis"								
SOLICITANTE		: TESISTA Ing. Ecler Mamani Chambi				ASESOR DE TESIS: M.Sc. Roberto Alfaro Alejo				
UBICACIÓN DEL PUNTO		: Taraco								
RESP. DE LABORATORIO		: Ing. Yesenia Apaza Pinto				Fecha de ejec. de Ensayo		: 07/10/2019		
ENSAYO:										
CORTE DIRECTO						Nro de Muestra		: M - 01		
						Nro de Calicata		: C - 03		
						Nro de Estrato		: E - 03		
						Estado de la Muestra		: Inalterada		
NORMA ASTM - D3080						Velocidad de Ensayo		: 0.50 mm/min		
DATOS		ESPECIMEN 01			ESPECIMEN 02			ESPECIMEN 03		
Altura (cm)		2.10			2.10			2.10		
Diametro (cm)		5.00			5.00			5.00		
Area (cm ²)		19.62			19.62			19.62		
Volumen (cm ³)		41.27			41.27			41.27		
Peso Anillo(gr)		138.27			138.27			138.27		
Peso Muestra+Anillo(gr)		206.74			206.91			207.31		
Peso Muestra (gr)		68.47			68.64			69.04		
Densidad Nat. (gr/cm ³)		1.66			1.66			1.67		
Esf. Normal (Kg/cm ²)		0.41 Kg/cm ²			0.82 Kg/cm ²			1.63 Kg/cm ²		
Deformación Tang. (mm)	Lect. (N)	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Lect. (N)	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Lect. (N)	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.10	2.50	0.25	0.01	6.00	0.61	0.03	9.00	0.92	0.05	
0.20	4.50	0.46	0.02	13.50	1.38	0.07	20.00	2.04	0.10	
0.30	10.00	1.02	0.05	20.50	2.09	0.11	30.50	3.11	0.16	
0.40	15.50	1.58	0.08	33.50	3.41	0.17	42.00	4.28	0.22	
0.60	20.00	2.04	0.10	45.50	4.64	0.24	58.50	5.96	0.30	
0.80	24.50	2.50	0.13	54.50	5.56	0.28	70.50	7.19	0.37	
1.00	31.50	3.21	0.16	60.00	6.12	0.31	81.00	8.26	0.42	
1.25	38.00	3.87	0.20	69.50	7.08	0.36	90.00	9.17	0.47	
1.50	46.50	4.74	0.24	76.50	7.80	0.40	98.50	10.04	0.51	
1.75	54.50	5.56	0.28	83.50	8.51	0.43	107.50	10.96	0.56	
2.00	62.00	6.32	0.32	88.50	9.02	0.46	110.00	11.21	0.57	
2.25	65.50	6.68	0.34	88.00	8.97	0.46	109.50	11.16	0.57	
2.50	66.00	6.73	0.34	87.00	8.87	0.45	108.00	11.01	0.56	
2.75	64.50	6.57	0.34	85.50	8.72	0.44	107.50	10.96	0.56	
3.00	63.00	6.42	0.33	83.00	8.46	0.43	106.00	10.81	0.55	
3.50		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00	
4.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00	
4.50		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00	
5.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00	
6.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00	
7.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00	
8.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00	



Yesenia Apaza Pinto
 Yesenia Apaza Pinto
 INGENIERO CIVIL
 CIP 216181
 RESPONSABLE DE LABORATORIO

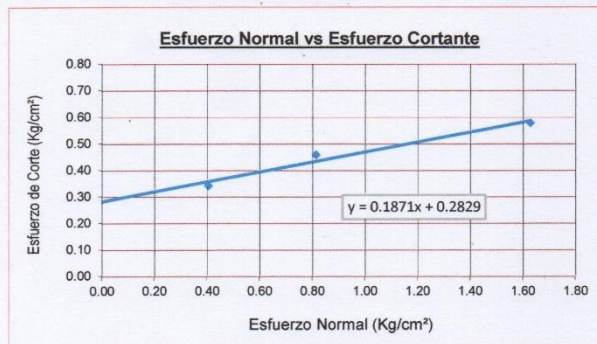
		UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS	
PROYECTO DE TESIS	: "Evaluación de la Estabilidad de Márgenes y Erosión de Pie para la Predicción de Retiro Lateral en el Río Ramis"		
SOLICITANTE	: TESISTA Ing. Ecler Mamani Chambi	ASESOR DE TESIS:	M.Sc. Roberto Alfaro Alejo
UBICACIÓN DEL PUNTO	: Taraco		
RESP. DE LABORATORIO	: Ing. Yesenia Apaza Pinto	Fecha de ejec. de Ensayo	: 07/10/2019
ENSAYO: CORTE DIRECTO NORMA ASTM - D3080		Nro de Muestra	: M - 01
		Nro de Calicata	: C - 03
		Nro de Estrato	: E - 03
		Estado de la Muestra	: Inalterada
		Velocidad de Ensayo	: 0.50 mm/min



ESFUERZO NORMAL	
ESPECIMEN 1	0.41 kg/cm ²
ESPECIMEN 2	0.82 kg/cm ²
ESPECIMEN 3	1.63 kg/cm ²

ESFUERZO CORTANTE	
ESPECIMEN 1	0.34 kg/cm ²
ESPECIMEN 2	0.46 kg/cm ²
ESPECIMEN 3	0.85 kg/cm ²

PARAMETROS DE LA RECTA	
m =	0.182
b =	0.290



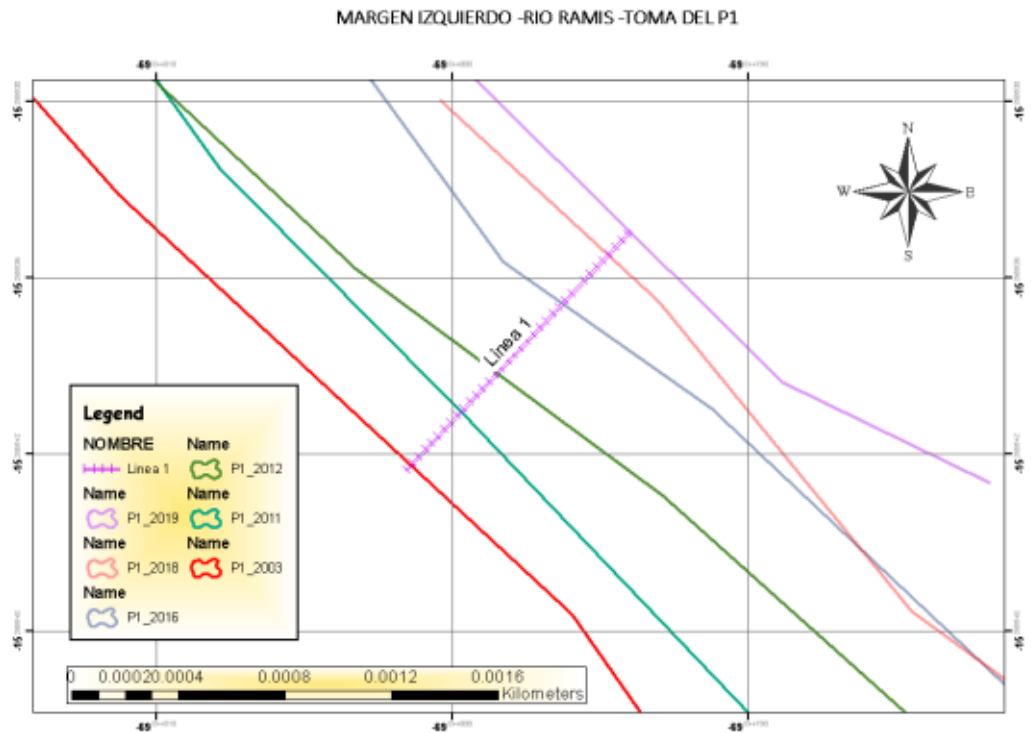
PARAMETROS DE LA RESISTENCIA AL CORTE	
ϕ =	10.33 °
C =	0.29 kg/cm ²

DONDE:	
ϕ	Ángulo de Fricción
C	Cohesión

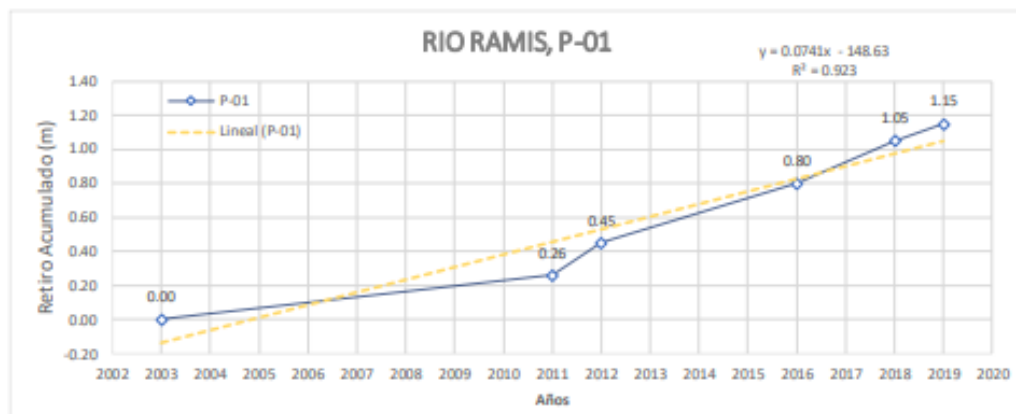


Yesenia Apaza Pinto
 Yesenia Apaza Pinto
 INGENIERO CIVIL
 CIP 216181
 RESPONSABLE DE LABORATORIO

Anexo 2. Variación del retiro en imágenes satelitales.



AÑOS	Tendencia Línea 1	Tendencia acumulada
2003	0.000	0
2011	0.260	0.260
2012	0.190	0.450
2016	0.350	0.800
2018	0.250	1.050
2019	0.100	1.150
metros	1.150	



NOTA:

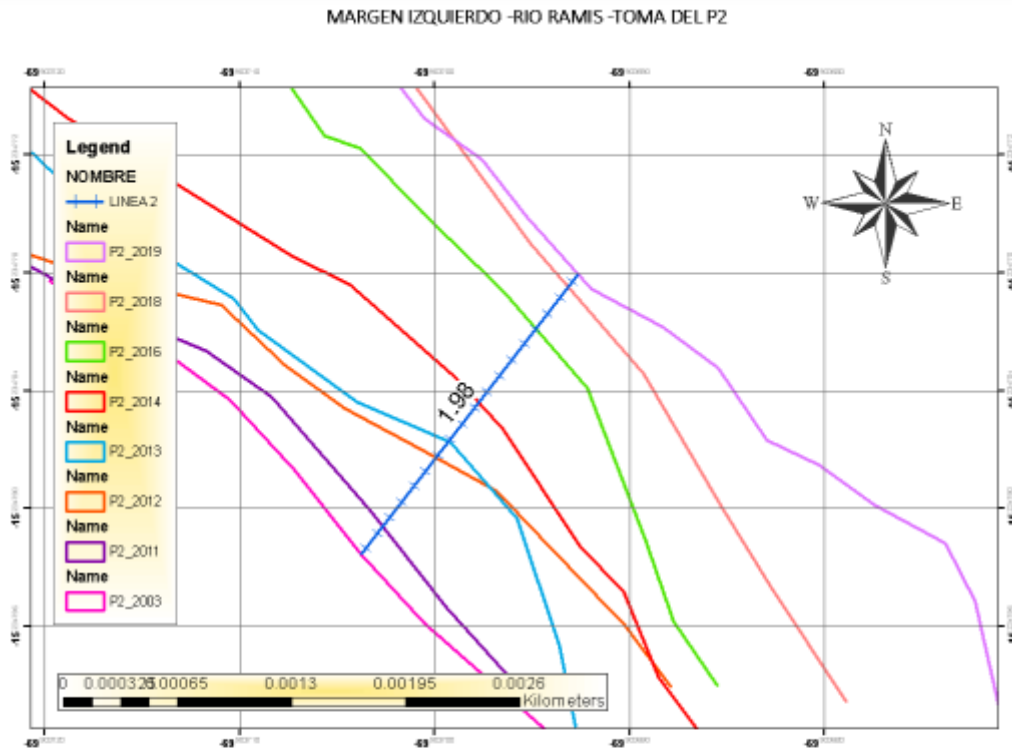
Para estimar cálculos a futuro, se puede visualizar la ecuación a continuación para reemplazar valores y encontrar valores estimados.

ECUACION DEL GRAFICO:

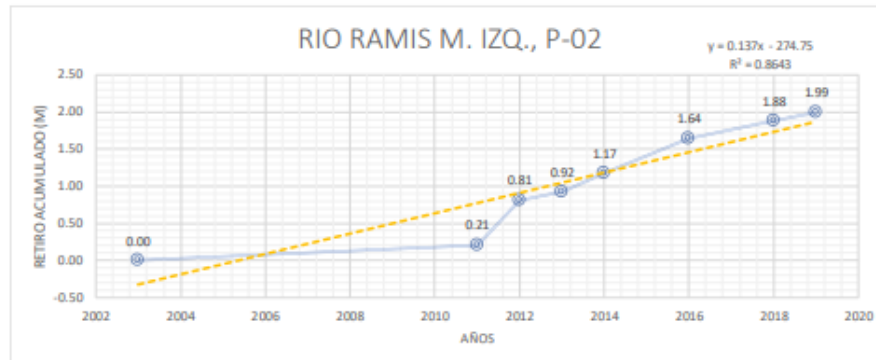
- $y = 0.0741x - 148.63$

VALOR R CUADRADO DEL GRAFICO EXPONENCIAL:

- $R^2 = 0.923$



AÑOS	Tendencia Linea 2	Tendencia acumulada
2003	0.0000	0.00
2011	0.2100	0.21
2012	0.6000	0.81
2013	0.1100	0.92
2014	0.2500	1.17
2016	0.4700	1.64
2018	0.2400	1.88
2019	0.1100	1.99
metros	1.9900	



NOTA:

Para estimar cálculos a futuro, se puede visualizar la ecuación a continuación para reemplazar valores y encontrar valores estimados.

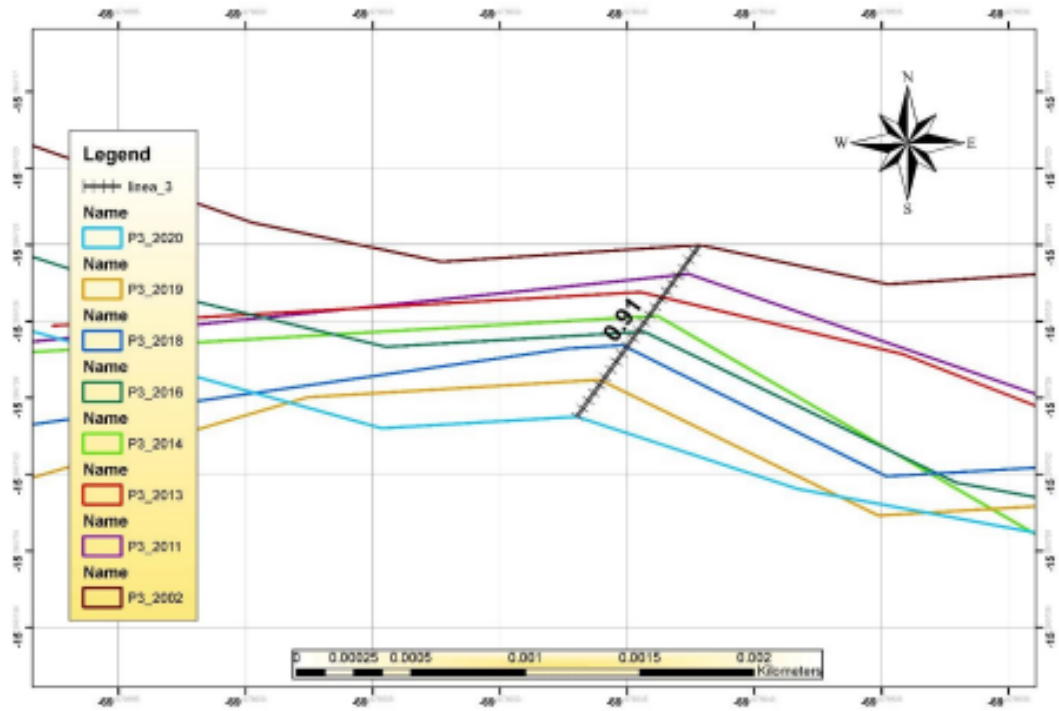
ECUACION DEL GRAFICO:

- $y = 0.137x - 274.75$

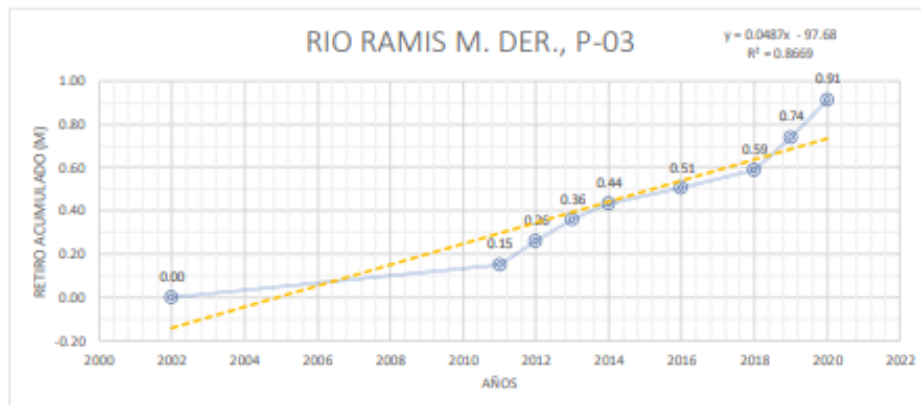
VALOR R CUADRADO DEL GRAFICO EXPONENCIAL:

- $R^2 = 0.8643$

MARGEN DERECHO RIO RAMIS -TOMA DEL P3



AÑOS	Tendencia Linea 3	Tendencia acumulada
2002	0.00	
2011	0.15	0.15
2012	0.11	0.26
2013	0.1	0.36
2014	0.075	0.44
2016	0.07	0.51
2018	0.085	0.59
2019	0.15	0.74
2020	0.17	0.91
metros	0.91	



NOTA:

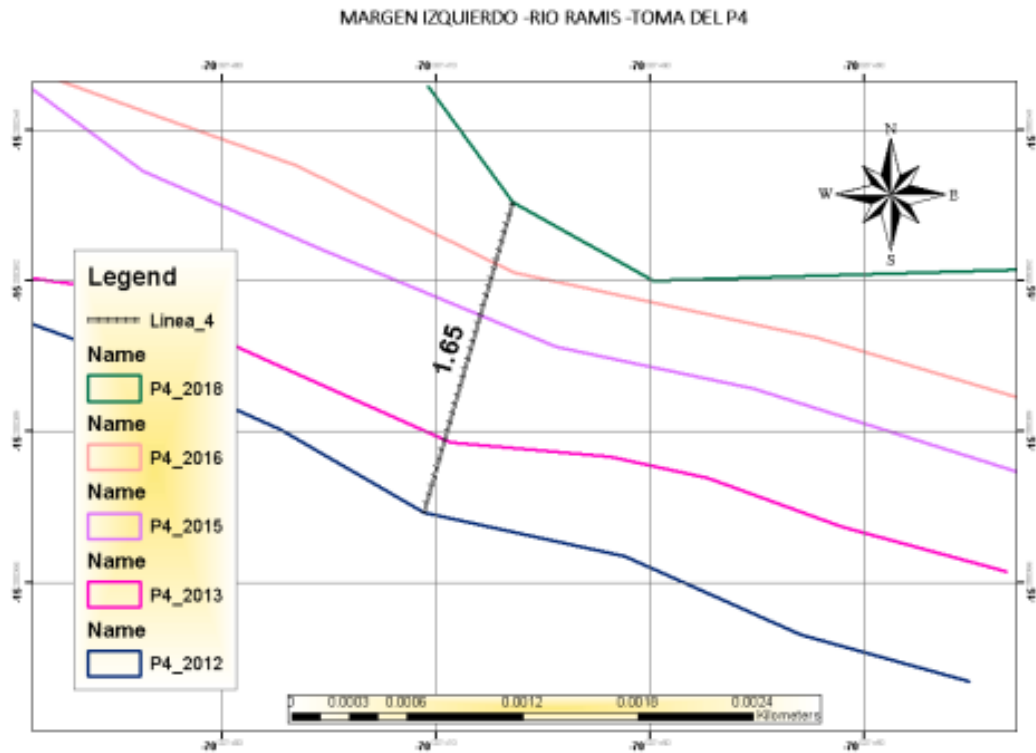
Para estimar cálculos a futuro, se puede visualizar la ecuación a continuación para reemplazar valores y encontrar valores estimados.

ECUACION DEL GRAFICO:

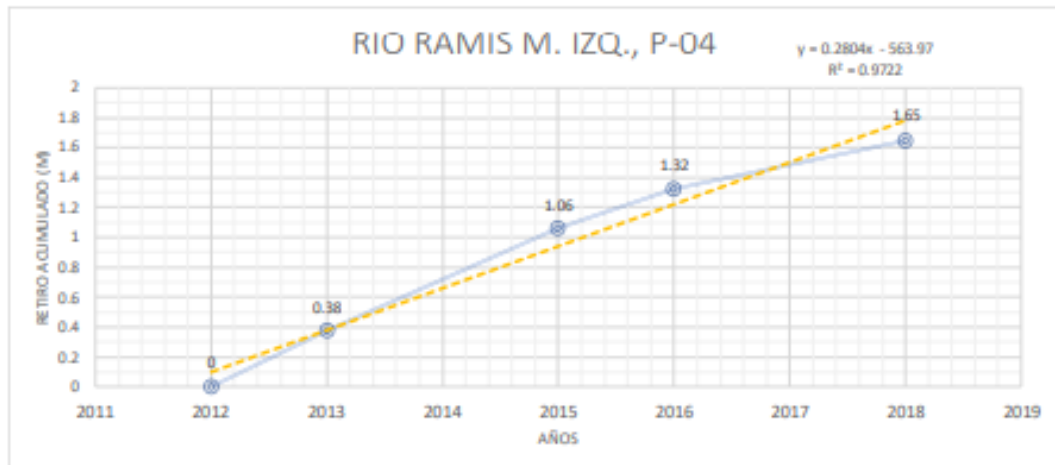
- $y = 0.0487x - 97.68$

VALOR R CUADRADO DEL GRAFICO EXPONENCIAL:

- $R^2 = 0.8669$



AÑOS	Tendencia Línea 4	Tendencia acumulada
2012	0	0
2013	0.38	0.38
2015	0.68	1.06
2016	0.26	1.32
2018	0.33	1.65
metros	1.65	



NOTA:

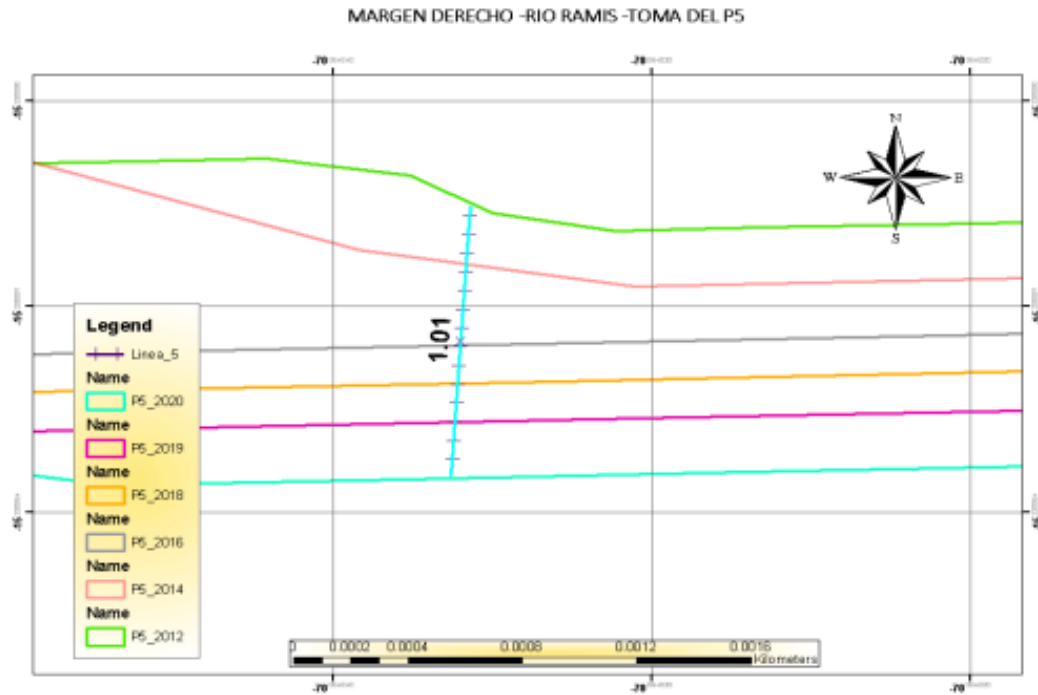
Para estimar cálculos a futuro, se puede visualizar la ecuación a continuación para reemplazar valores y encontrar valores estimados.

ECUACION DEL GRAFICO:

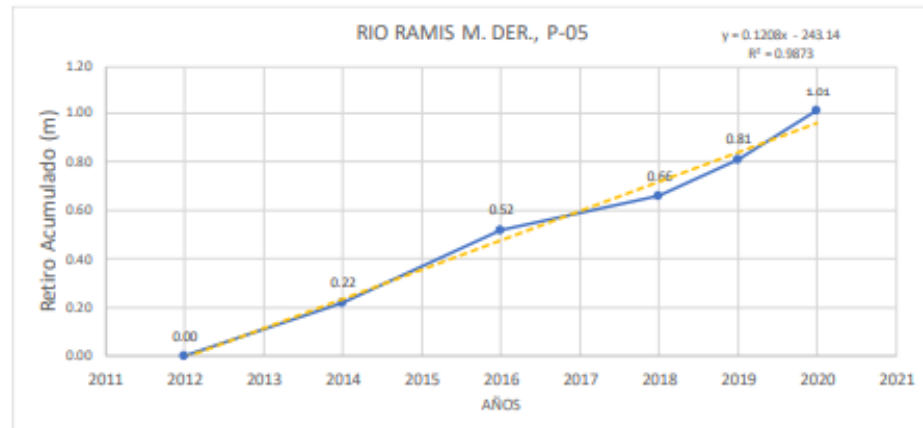
- $y = 0.2804x - 563.97$

VALOR R CUADRADO DEL GRAFICO EXPONENCIAL:

- $R^2 = 0.9722$



AÑOS	Tendencia Linea 5	Tendencia acumulada
2012	0.00	0.00
2014	0.22	0.22
2016	0.3	0.52
2018	0.14	0.66
2019	0.15	0.81
2020	0.2	1.01
metros	1.01	



RESUMEN RETIROS RIO RAMIS - PUNTOS DE INTERES					
AÑOS	Punto 01	Punto 02	Punto 03	Punto 04	Punto 05
2002			0.00		
2003	0.00	0.00	***		
2011	0.26	0.21	0.15		
2012	0.19	0.60	0.11	0.00	0.00
2013	***	0.11	0.1	0.38	***
2014	***	0.25	0.075	***	0.22
2015	***	***	***	0.68	***
2016	0.35	0.47	0.07	0.26	0.3
2017	***	***	***	***	***
2018	0.25	0.24	0.085	0.33	0.14
2019	0.10	0.11	0.15	***	0.15
2020	***	***	0.179	***	0.2
metros	1.150	1.990	0.919	1.65	1.01

Anexo 3. Resultados de modelamiento hidráulico en HEC-RAS.

HEC-RAS Plan: Plan 02 River: Ramis Reach: Ramis Abajo

Reach	River Sta	Profile	Shear Chan (N/m2)	Shear LOB (N/m2)	Shear ROB (N/m2)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Ramis Abajo	24000	2 AÑOS	1.82	0.42	0.41	3809.85	3813.99	0.000037	0.54	750.90	237.61	0.08
Ramis Abajo	24000	5 AÑOS	2.06	0.59	0.54	3809.99	3814.44	0.000038	0.58	857.99	240.01	0.08
Ramis Abajo	24000	10 AÑOS	1.05	0.31	0.40	3810.05	3814.52	0.000019	0.42	1585.20	566.90	0.06
Ramis Abajo	23500	2 AÑOS	1.18	0.24	0.26	3809.84	3813.98	0.000025	0.43	868.35	224.11	0.06
Ramis Abajo	23500	5 AÑOS	1.38	0.36	0.37	3809.95	3814.42	0.000027	0.48	969.05	225.78	0.07
Ramis Abajo	23500	10 AÑOS	1.58	0.43	0.42	3810.00	3814.50	0.000030	0.51	986.38	227.44	0.07
Ramis Abajo	23000	2 AÑOS	2.36	0.35	0.48	3809.81	3813.96	0.000050	0.61	651.36	227.38	0.09
Ramis Abajo	23000	5 AÑOS	2.66	0.57	0.71	3809.99	3814.41	0.000052	0.66	753.30	229.77	0.09
Ramis Abajo	23000	10 AÑOS	3.01	0.67	0.83	3810.08	3814.48	0.000058	0.70	770.14	230.09	0.10
Ramis Abajo	22500	2 AÑOS	1.48	0.58	0.57	3810.21	3813.94	0.000033	0.48	862.01	270.38	0.07
Ramis Abajo	22500	5 AÑOS	1.64	0.72	0.71	3810.36	3814.38	0.000033	0.51	982.95	271.78	0.07
Ramis Abajo	22500	10 AÑOS	1.85	0.82	0.82	3810.42	3814.46	0.000037	0.55	1002.45	272.04	0.08
Ramis Abajo	22000	2 AÑOS	1.14	0.45	0.46	3810.41	3813.92	0.000028	0.42	952.55	292.80	0.06
Ramis Abajo	22000	5 AÑOS	1.27	0.56	0.56	3810.51	3814.37	0.000028	0.45	1084.25	296.49	0.07
Ramis Abajo	22000	10 AÑOS	1.44	0.65	0.64	3810.57	3814.44	0.000031	0.48	1105.01	296.86	0.07
Ramis Abajo	21500	2 AÑOS	0.95	0.37	0.42	3809.93	3813.90	0.000028	0.37	1005.61	315.55	0.06
Ramis Abajo	21500	5 AÑOS	1.04	0.43	0.51	3810.07	3814.35	0.000028	0.39	1146.96	316.77	0.06
Ramis Abajo	21500	10 AÑOS	1.18	0.50	0.58	3810.14	3814.42	0.000031	0.42	1168.56	316.95	0.07
Ramis Abajo	21000	2 AÑOS	0.97	0.39	0.37	3809.63	3813.89	0.000021	0.39	1002.61	269.44	0.06
Ramis Abajo	21000	5 AÑOS	1.12	0.49	0.48	3809.83	3814.34	0.000022	0.43	1123.20	270.81	0.06
Ramis Abajo	21000	10 AÑOS	1.27	0.56	0.56	3809.92	3814.41	0.000025	0.46	1141.27	271.03	0.06
Ramis Abajo	20500	2 AÑOS	3.73	0.62	0.70	3809.90	3813.87	0.000075	0.77	530.97	192.42	0.11
Ramis Abajo	20500	5 AÑOS	4.19	0.94	1.04	3810.07	3814.32	0.000078	0.83	616.71	194.49	0.11
Ramis Abajo	20500	10 AÑOS	4.77	1.11	1.22	3810.16	3814.38	0.000088	0.89	628.52	194.65	0.12
Ramis Abajo	20000	2 AÑOS	2.49	1.14	0.55	3809.84	3813.84	0.000050	0.63	662.12	195.38	0.09
Ramis Abajo	20000	5 AÑOS	2.81	1.40	0.76	3810.03	3814.28	0.000052	0.68	749.05	197.42	0.09
Ramis Abajo	20000	10 AÑOS	3.22	1.62	0.89	3810.11	3814.34	0.000059	0.73	760.45	197.68	0.10
Ramis Abajo	19500	2 AÑOS	4.33	0.80	1.18	3810.59	3813.80	0.000103	0.81	530.14	247.57	0.12
Ramis Abajo	19500	5 AÑOS	4.46	1.16	1.47	3810.76	3814.25	0.000096	0.84	640.78	249.38	0.12
Ramis Abajo	19500	10 AÑOS	5.06	1.35	1.70	3810.81	3814.30	0.000108	0.89	653.77	249.60	0.13
Ramis Abajo	19000	2 AÑOS	3.64	0.69	1.19	3811.22	3813.75	0.000111	0.71	515.30	175.39	0.12
Ramis Abajo	19000	5 AÑOS	3.96	1.02	1.49	3811.34	3814.20	0.000106	0.76	594.47	178.44	0.12
Ramis Abajo	19000	10 AÑOS	1.36	0.37	0.77	3811.40	3814.27	0.000036	0.45	1295.31	481.86	0.07
Ramis Abajo	18500	2 AÑOS	3.41	0.69	0.62	3811.03	3813.69	0.000102	0.69	557.48	239.78	0.12
Ramis Abajo	18500	5 AÑOS	3.53	0.98	0.96	3811.14	3814.15	0.000093	0.72	666.12	242.09	0.12
Ramis Abajo	18500	10 AÑOS	3.91	1.14	1.13	3811.24	3814.24	0.000101	0.76	687.38	242.33	0.12
Ramis Abajo	18000	2 AÑOS	6.38	1.22	1.19	3810.37	3813.63	0.000147	0.99	390.42	128.70	0.15
Ramis Abajo	18000	5 AÑOS	7.21	1.67	1.77	3810.59	3814.08	0.000151	1.07	450.56	136.51	0.15
Ramis Abajo	18000	10 AÑOS	1.94	0.49	0.84	3810.68	3814.20	0.000039	0.56	1208.53	467.27	0.08
Ramis Abajo	17500	2 AÑOS	4.45	1.05	1.61	3810.83	3813.55	0.000136	0.79	502.79	206.84	0.14
Ramis Abajo	17500	5 AÑOS	4.62	0.90	1.91	3811.12	3814.01	0.000125	0.82	599.47	218.41	0.13
Ramis Abajo	17500	10 AÑOS	4.83	1.02	2.09	3811.25	3814.17	0.000125	0.84	633.82	220.13	0.14
Ramis Abajo	17000	2 AÑOS	9.25	1.34	0.81	3810.31	3813.47	0.000210	1.20	310.11	98.99	0.18
Ramis Abajo	17000	5 AÑOS	10.83	1.30	1.33	3810.53	3813.92	0.000224	1.31	359.33	122.72	0.19
Ramis Abajo	17000	10 AÑOS	11.74	1.59	1.72	3810.63	3814.08	0.000235	1.38	377.70	124.09	0.19
Ramis Abajo	16500	2 AÑOS	6.12	1.56	1.70	3810.35	3813.37	0.000155	0.95	386.24	107.83	0.15
Ramis Abajo	16500	5 AÑOS	7.08	1.96	0.94	3810.57	3813.82	0.000162	1.04	435.43	120.00	0.16
Ramis Abajo	16500	10 AÑOS	7.71	2.24	1.18	3810.68	3813.97	0.000171	1.10	452.88	120.83	0.16
Ramis Abajo	16000	2 AÑOS	6.40	0.96	1.44	3810.90	3813.28	0.000195	0.95	403.45	164.29	0.17
Ramis Abajo	16000	5 AÑOS	6.77	1.31	1.80	3811.07	3813.73	0.000182	0.99	479.79	179.40	0.16
Ramis Abajo	16000	10 AÑOS	7.21	1.57	2.01	3811.14	3813.88	0.000187	1.03	505.74	182.28	0.17
Ramis Abajo	15500	2 AÑOS	12.25	1.85	6.10	3810.56	3813.16	0.000310	1.35	278.71	78.56	0.21
Ramis Abajo	15500	5 AÑOS	14.12	2.37	7.15	3810.77	3813.61	0.000323	1.47	313.13	81.00	0.22
Ramis Abajo	15500	10 AÑOS	15.56	2.72	7.82	3810.91	3813.75	0.000346	1.56	323.61	81.86	0.23
Ramis Abajo	15000	2 AÑOS	10.19	1.18	2.45	3810.25	3813.01	0.000260	1.23	308.46	113.40	0.20
Ramis Abajo	15000	5 AÑOS	11.38	2.23	2.92	3810.46	3813.45	0.000262	1.32	358.37	117.09	0.20
Ramis Abajo	15000	10 AÑOS	12.47	2.67	3.24	3810.56	3813.58	0.000279	1.39	372.56	118.24	0.21



AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Euler Mamani Chambi
identificado con DNI 02064074 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

Maestría en Ciencias de la Ingeniería Agrícola - Recursos Hídricos
informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

“Evaluación de la estabilidad de márgenes y erosión
de pie para la predicción de retiro lateral en el río
Ramis”

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

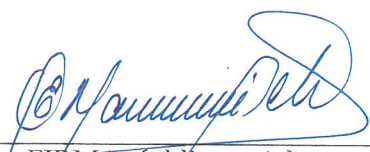
En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 03 de Mayo del 2023


FIRMA (obligatoria)



Huella



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Ecler Mamani Chambi,
identificado con DNI 02064074 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
Maestría en Ciencias de la Ingeniería Agrícola - Recursos Hídricos,

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

"Evaluación de la estabilidad de márgenes y erosión
de pie para la predicción de retiro lateral en el río
Ramis"

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

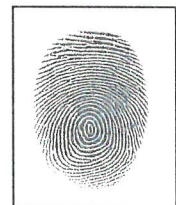
Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 03 de Mayo del 2023

FIRMA (obligatoria)



Huella