

TÍTULO DEL PROYECTO

Estudio de la filtración por tubificación utilizando diferentes materiales empleados en la construcción en presas de tierra y su influencia de la geometría del terraplén.

SIGLAS

EFTPT

TIPO DE PROYECTO

Aplicada

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Por crear

DURACIÓN ESTIMADA

Fecha de inicio: 15/08/2019 Fecha de término: 30/05/2020

PARTICIPANTES

- FLORES CLARIANA ANTHONY (ESTUDIANTE) — 000144886
- CHAVARRY VICTORIANO RODRIGO ALEXANDER (ESTUDIANTE) — 000143760
- NARVAEZ ARANDA RICARDO ANDRES (COORDINADOR(INV. PRINCIPAL)) — 000000672
- YUPANQUI CHAVARRY DIEGO JESUS (ESTUDIANTE) — 000151960
- LUJAN SILVA ENRIQUE FRANCISCO (DOCENTE) — 000000365
- AMAYA TORIBIO MARIA DE LOS ANGELES (ESTUDIANTE) — 000136600
- SANCHEZ SECLÉN GABY DEL MILAGRO (ESTUDIANTE) — 000135732
- SANCHEZ VELEZMORO DIEGO DAVID (ESTUDIANTE) — 000138527

INSTITUCIÓN O LUGAR A EJECUCARSE

- UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO - UPAO (Laboratorio de mecánica de suelos y geotecnia)

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La estructura sujeta al flujo de agua, tiene afectaciones que podría ocasionarse en el suelo de la cimentación o dentro de ella, uno de los factores que se presenta es el movimiento del agua en un medio poroso llamado filtración, donde en 1958 se hizo los primeros estudios de está por el Ingeniero Darcy, quien afirma que *“el caudal que pasa a través de un medio permeable, es proporcional al área transversal normal al flujo de dicho dominio y al gradiente de niveles piezométricos entre la entrada y la salida del flujo en el medio permeable”* (Fernández, 2015). Las investigaciones de Darcy aportaron a la ingeniería de geotecnia, parámetros importantes para darle mayor entendimiento al comportamiento del flujo del agua dentro del medio poroso y para que exista ese cierto movimiento se necesita una diferencia de carga en una cierta trayectoria, que en su investigación mencionada es proporcional al caudal de infiltración llamado gradiente hidráulico.

Las fallas más comunes de las estructuras de retención de agua que llegan ser causadas por

las filtraciones resultan ser la superposición y tubificación, donde este último es una falla verdaderamente catastrófica, ya que ellas ocurren sin previo aviso, con embalse lleno o puesto en operación el vaso de almacenamiento (Terzaghi, 1943), se llegan a originar cuando el gradiente hidráulico del elemento es mayor que la unidad, donde este parámetro está influido por las propiedades del material del suelo y de la forma que tiene el núcleo del terraplén. Sin embargo, las estadísticas de falla de presas de tierra es una importante preocupación por especialistas de represas y se debe por la falta de monitoreo en la estructura.

En la actualidad, existen alrededor de 743 presas de diferentes tipología ubicadas dentro de nuestro país, donde un aproximado de un 36% son presas de tierra, teniendo la finalidad de uso de irrigación y abastecer cierta cantidad de volumen de agua para satisfacer las necesidades básicas a la comunidad, además que la mayoría de estas estructuras no se le están dando la importancia debida a que carece de mantenimiento por las autoridades respectivas, como se debería hacer en caso de una posible anomalía posteriormente y al ser elaborados por personas sin la capacitación adecuada del tema no proponen un plan de contingencia para prevención y acción ante un desastre.

Este proyecto de investigación tiene la finalidad de hacer un estudio de análisis de filtración sobre la influencia de las propiedades físicas e hidráulicas del material con el que fue construida la presa, además de la geometría del terraplén en resistencia contra el fenómeno de la tubificación en presas de tierra, siendo cuantificado los valores mediante un equipo mecánico elaborado por ingenieros especialistas llamado "sistema de prueba de infiltración ascendente", seleccionando una cierta cantidad de presas de tierra, donde no están siendo monitoreadas y sin haberse construido con debida supervisión de especialistas, además recalcando la importancia del estudio, ya que no es un tema conocido en nuestro país para que pueda ser un buen aporte de investigaciones posteriores y ayudar a las autoridades a dar al alcance los resultados importantes para el diseño de presa de materiales sueltos a considerar.

Donde la formulación del problema del proyecto es la siguiente:

¿En qué medida, la filtración por tubificación es influida por las propiedades del material de construcción y la geometría del terraplén de una presa de tierra?.

II. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

(BBC, 2019) en su noticia llamada *"la rotura de presa que almacenaba aguas residuales en el municipio de Brumadinho, en el estado de Minas Gerais, causó la muerte de al menos 34 personas, además de 400 desaparecidos"*, nos menciona lo siguiente: La presa de relave que falló estaba inactiva 3 años, la cual aún se desconoce las causas que hayan producido la rotura de la estructura, pero hay una probabilidad que haya sido causada por una erosión interna que pudo originar un fenómeno que produjo la inestabilidad de la presa. Se toma como referencia la noticia

para justificar el proyecto de investigación, la cual nos hace ver la importancia que se debe tener en estas tipos de estructuras sujetas al agua y el monitoreo que se le debe dar constantemente para evitar estos tipos de desastres.

(Yu Wang, Ning Guo, Shijun Wang, & Yanchang Gu, 2016) en su investigación titulada “*Detection of Internal Erosion and Piping in Embankment Dams*”, tiene como objetivo general proporcionar una comprensión del fenómeno de erosión interna y tubificación, la investigación realiza un modelo físico para evaluar los mecanismos asociados con el proceso de falla de filtración en diferentes tipos de materiales como arena arenosa, arena de grano fino y arcilla. Concluyendo que el tamaño y la compacidad del suelo tienen un gran impacto en la filtración del proceso de falla, además que es difícil de detectar el pequeño cambio en el inicio y la a continuación de la erosión a medida que aumente el gradiente. El antecedente contribuye tanto la gravedad como la fricción de los granos infliere a la resistencia en el movimiento de las partículas.

(Chukwueloka Austin , 2016) en su investigación titulada “*Internal erosion and Piping failure of landslide dams*”, tiene como objetivo general estudiar los mecanismos de erosión interna y tubificación en presas de deslizamiento, la investigación realiza un modelo físico experimental para el cálculo de gradientes hidráulicos en su inicio de erosión interna utilizando varios sensores de precisión para rastrear las condiciones hidráulicas transitoria en un tanque de humo, variando de 0.042 a 0.147 el gradiente hidráulico asumidos. Concluyendo que el colapso de la cresta fue influenciado por el coeficiente de uniformidad de los materiales, además del aumento de condiciones de húmedas. El antecedente contribuye tanto la relación vacíos, la geometría de la presa y las propiedades del material influyen en el gradiente hidráulico.

(Kuo-Hsin , Yang; Jyun-Yen, Wang, 2016) en su investigación titulada “*Experiment and statistical assessment on piping failures in soils with different gradations*”, tiene como objetivo general investigar el fallo causado por la tubificación y los gradientes hidráulicos asociados del suelo con diferentes gradaciones, la investigación realiza un modelo físico experimental donde utiliza 3 diferentes materiales como la arena de playa fu-long, arena de cuarzo uniforme y arena clasificada por brecha. Concluyendo que los valores del gradiente hidráulico crítico de la arena fu-long y la arena de cuarzo, están de acuerdo con los valores teóricos de Terzaghi, además que la predicción del gradiente hidráulico crítico no es precisa y que el suelo sigue siendo una considerable incertidumbre. El antecedente contribuye un equipo de infiltración donde se le considera un método experimental que puede abordar eficazmente las diferentes fallas por tubificación.

(Fernández Enríquez, Edgar , 2015) en su investigación titulada “*Estudio de la erosión interna en estructuras térreas enfocado al problema ocurrido en la presa “El Batán” ubicada en el estado de Querétaro*”, tiene como objetivo general contribuir el entendimiento de los mecanismos de la erosión interna y tubificación en presas de materiales graduados, la investigación realiza un modelo matemático llamado Seep/w, donde los cálculos se llevaron a cabo a condiciones del flujo establecido, tomando en cuenta los diferentes niveles de embalse de la presa. Concluyendo

que es recomendable en modelo matemático la elección del refinamiento de elementos posibles, ya que una malla refinada no implica mejor convergencia en resultados. El antecedente contribuye que los diferentes niveles de embalse influyen en el aumento del gradiente hidráulico, además del uso de modelos matemáticos para resultados con mayor precisión.

(Robbins, Bryant;, 2014) en su investigación titulada "*Discussions on laboratory testing of backwards erosion piping of soil*", tiene como objetivo general de entrevistar a los representantes del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos, sobre los trabajos realizados en los años 1981, 1986, 1995 y las pruebas de laboratorio que se han realizado antes del año 2000, la investigación usa el método de encuesta y entrevista para la recolección de datos. Concluyendo que en la historia los especialistas de geotecnia e hidráulica siempre han querido saber el comportamiento del suelo ante el flujo de agua, pero los ensayos experimentales no han sido muy precisos hasta en la actualidad, ya que es difícil entender al suelo y su forma de comportarse. El antecedente contribuye a que otras personas intenten realizar pruebas similares a futuro, con las pruebas realizadas anteriormente en relación con la tubificación y erosión interna que sufre las presas de tierra.

(Vásquez, Jhon, 2014) en su investigación titulada "*Modelling internal erosion within an Embankment dam prior to breaching*", tiene como objetivo general de identificar los mecanismos de falla de la presa de tierra antes de fallar y verificar la confiabilidad de un análisis de riesgo después de incumplimiento de la presa, la investigación usa una presa a escala donde se observa el modelamiento del flujo de agua ante el material. Concluyendo que es importante la realización de un análisis de riesgo para la prevención de una posible falla de la presa. El antecedente contribuye la importancia de monitorear la presa y darle su mantenimiento debido cada cierto tiempo, se recomienda que en ensayos experimentales se debe monitorear un largo de 12 horas para observar con mayor precisión del flujo del agua en el material.

III. FUNDAMENTACIÓN DE LAS ACTIVIDADES NO LECTIVAS

CONVERSACIONES CON AUTORIDADES DE LA AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA Y EMPRESAS ENCARGADAS DEL MANTENIMIENTO Y CONSERVACION DE PRESAS A ESTUDIAR , CON LA FINALIDAD DE SOLICITAR LOS PERMISOS RESPECTIVOS PARA LAS VISITAS Y TOMAS DE MUESTRA.

III. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO (IMPORTANCIA, BENEFICIARIOS, RESULTADOS ESPERADOS)

Justificación académica

Contribuirá al entendimiento de mecanismo de la tubificación y sus parámetros a considerar en el diseño de presas de tierra, además de incentivar al alumnado de ingeniería civil a la investigación de fenómenos que ocurren en nuestras estructuras hidráulicas y generar aportes académicos a nuestros compañeros de ciclos inferiores para que puedan actualizarse; también se construirá un sistema de prueba de infiltración ascendente para mayor entendimiento, así pueda usarse para fines académicos y de investigación.

Justificación social

Se aportara el diagnóstico actual del proyecto de investigación a las autoridades encargadas de las estructuras estudiadas para que ellos puedan tomar medidas preventivas, además se justifica ya que las normas que nos proporcionas las autoridades no mencionan este fenómeno, por eso se aportará la investigación al Ministerio de Transporte y Autoridad Nacional de Agua (ANA) para que posteriormente puedan elaborar una manual de presas de tierra pequeña, dando los criterios importantes obtenidas en la investigación.

IV. OBJETIVOS

Objetivos Específicos

O.E.1.- Realizar el diagnóstico de las presas de tierra.

O.E.2.- Toma de muestras de los suelos utilizadas para la construcción de las presas de tierra.

O.E.3.- Realizar ensayos de mecánica de suelos para obtener las características físicas, mecánicas e hidráulicas del material de estudio.

O.E.4.- Diseño y construcción del sistema de prueba de infiltración ascendente para los ensayos respectivos.

O.E.5.- Realizar ensayos en el sistema de prueba de infiltración ascendente para la obtención de velocidad del flujo y la predicción del gradiente hidráulico.

O.E.6.- Realizar un modelamientos de flujo por infiltración de agua en presas de tierra mediante un modelo matemático bidimensional

O.E.7.- Realizar un análisis comparativo de los resultados obtenidos y proponer criterios para el control y construcción de las presas.

IV. OBJETIVOS

Objetivo General

Analizar la filtración sobre la influencia de las propiedades del suelo y la geometría del terraplén

en resistencia contra la tubificación en las presas de tierra.

V. MARCO TEÓRICO

3.1.1. Ley de Darcy

Darcy en sus estudios de red de abastecimiento con filtros de arena para purificar el agua en 1856, permitió describir el comportamiento del flujo de agua dentro un medio poroso.

La ley de Darcy establece: “Que el caudal de infiltración que pasa a través de un medio permeable, es directamente proporcional al área y al gradiente hidráulico. Además, está incluido la constante de permeabilidad o conductividad hidráulica, por tratar de una característica del fluido”.

Dónde:

Q: caudal de infiltración (m^3/s)

k: permeabilidad o conductividad hidráulica (m/s)

i: gradiente hidráulico

a: área transversal (m^2)

3.1.1. Gradiente hidráulico

Se define como la diferencia de niveles de agua entre la trayectoria que recorre el flujo de agua, se cuantifica de manera adimensional.

3.1.1. Influencia de la geometría al gradiente hidráulico

Estudios revelan que el gradiente hidráulico está sujeta a cambios por el tamaño y la forma del núcleo de una presa, donde se puede observar en la figura como se modifica este parámetro. Al disminuir la forma y el tamaño del núcleo de una presa de tierra, el gradiente hidráulico de salida va aumentando su valor, a tal grado que pueden llegar a ser incontrolables y provoque la falla de dicha estructura

Como se puede observar en la figura donde nos muestra como la permeabilidad y el talud de la estructura tiende a darnos como consecuencia cambios en los valores del gradiente hidráulico

Figura 7.- Gradiente vs permeabilidad del suelo

Fuente: (Sánchez, 2013)

Mientras más pronunciadas sean las inclinaciones en las presas de tierra, será mayor el gradiente hidráulico de salida, es de suma importancia hacer un estudio de los taludes que se diseñara la estructura.

3.1. Presas

3.1.1. Clasificación por su tipo de importancia

El tipo de importancia que tiene la estructura es dado con la finalidad y uso del embalse.

N°	Uso de embalse
1	Riego
2	Aprovechamiento Hidroenergético
3	Suministro de agua
4	Minería

5	Industrial
6	Piscícola
7	Ganadero
8	Control de avenida
9	Relave

Tabla 1.- Uso de embalse

Fuente: Elaboración propia

3.1.2. Clasificación por su tipo de material

Existe una diversidad de tipo de material que usa para la construcción de una presa, las cuales la autoridad nacional de agua lo cuantifica y clasifica de la siguiente manera:

Tabla 2.- Tipología de presas

N°	Tipología	N° Presas
-----------	------------------	------------------

1	Presas de materiales sueltos	249
2	Presas de gravedad de concreto o mampostería	294
3	Presas de enrocado y/o materiales con pantalla	29
4	Presas de contrafuerte	5
5	Presas mixta (de gravedad y dique de material suelto)	3
6	Presas de arco – gravedad	4
7	Presas de bóveda	1
8	Presas de relave	113
9	otras	45

Fuente: Elaboración propia

3.1.1. Tipos de fallas

Según la Autoridad Nacional de Agua (2017) afirma: “Los informes de los organismos internacionales que se ocupan principalmente de la seguridad de las presas, describe los principales accidentes y fallas ocurridos en el mundo”. Donde nos describe las principales fallas por las dos diferentes tipos de material usado en la construcción de la presa.

Tabla 3.- Tipos de falla de presas según su tipología

Tipos de fallas	
Material suelto	Concreto
Sobrevertimiento	Actividad neo tectónica
Erosión interna	Filtraciones y erosión
Sinfonamiento	Inestabilidad de taludes
Licuefacción de suelos	Subpresión en la cimentación
Deslizamiento de taludes	Insuficiencia resistencia en la roca

Fuente: (Autoridad Nacional de Agua, 2017)

Conagua (2000), afirma: “La falla que predomina en presas a nivel internacional es dada por tubificación y filtraciones”, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 8.- Frecuencias de fallas a nivel internacional

Fuente: (Conagua ,2000)

3.1. Estudio de la tubificación

3.1.1. Tubificación

Según Fernández (2015) afirma que: “La tubificación es el proceso de remoción de partículas influenciado por un gradiente hidráulico saliente, que llega a formar un conducto desde la salida de agua”, donde va depender directamente del tipo de suelo a la que va estar sujeta el agua.

Los suelos granulares que no son uniformes llegan ser los más susceptibles a la tubificación, especialmente los que tienen una granulometría discontinua, llegando a tener un gradiente menor a 0.20 y mientras los suelos de material no susceptible a la tubificación, el gradiente es igual que a uno. (Fernández, 2015, p.32-33)

Un ejemplo de falla por tubificación es la represa de Teton, donde la formación de las brechas fue investigada por IMPACT.

Figura 9.- Presa Teton (EE.UU)

Fuente: (CNN)

Donde Robbins (2015) los describe de la siguiente manera: “La erosión interna se puede subdividir en cuatro mecanismos distintos: (1) erosión por fuga concentrada, (2) erosión por contacto, (3) sufusión (inestabilidad interna) y (4) tubificación retrograda”.

(1) La erosión concentrada de las fugas se produce cuando el agua fluye a través de un camino abierto, como una grieta de desecación, que conduce a la erosión del terraplén

(2) La erosión por contacto ocurre cuando la filtración a través de una capa de grano grueso, como una capa de grava, comienza a erosionar una capa adyacente de suelo más fino

(3) Sufusión se refiere a la eliminación de un suelo fino de una matriz de suelo más gruesa

(4) La tubificación retrógrada ocurre cuando la erosión del suelo comienza en una salida de filtración no filtrada y se erosiona hacia atrás a lo largo de la interfaz de una capa erosionable, no plástica y una capa de cobertura cohesiva.

(5) La falla de la presa de tierra.

3.1.1. Gradiente Hidráulico para originar Tubificación

Skempton y Brogan (1994) “demuestra mediante sus ensayos que los valores de gradientes para que se produzca la erosión para suelos internamente inestables son menores que el denominado gradiente crítico, la cual está anula los esfuerzos efectivos”; para los suelos internamente inestables ensayados por estos autores, la erosión inició con gradientes iguales a 0.8 o menores. Mientras el gradiente crítico es aproximadamente uno en materiales internamente estables, y por tanto consistente con el valor teórico establecido por Terzaghi

VI. HIPÓTESIS

HIPOTESIS

Si determinamos las propiedades del material de construcción y la geometría del terraplén, entonces podríamos obtener un comportamiento hidráulico al 95% del fenómeno de filtración por tubificación que se está presentando en las presas de tierra.

VII. METODOLOGÍA

Diseño de la investigación

La investigación se desarrollará de manera lógica y siguiendo un orden secuencial para el desarrollo de los objetivos planteados, detallándose de la siguiente manera:

- Se construirá un sistema de prueba de infiltración ascendente tomando el modelo a los equipos elaborados por empresas mineras con ayuda de especialistas de electrónica, mecánica y geotecnia.
- Paralelamente se procederá en ir al lugar de investigación para realizar un diagnóstico con la finalidad de observar las condiciones actuales de la presa de tierra a estudiar, además de posibles problemas que se haya tenido anteriormente.
- Posteriormente obtener la información del material con el que se ha construido la estructura, se procederá ir a la cantera en busca del material para extraerla la muestra inalterada bajos los principios de la norma ASTM D4220.
- Luego en el laboratorio se realizará los ensayos de las muestras inalterables del material retirado de las canteras para la obtención de las propiedades físicas, mecánicas e hidráulicas bajo los principios de las normas que nos proporciona la entidad ASTM.
- Finalizando los ensayos de las propiedades del material, se procederá con el equipo de

sistema de prueba de infiltración para el cálculo de gradiente hidráulico y velocidad de flujo que tiene en la muestra.

- Obteniendo los resultados del sistema de prueba de infiltración con las diferentes muestras de las 7 presas de tierra estudiadas, se utilizará la que tenga un gradiente crítico para modelarlo en un modelo a escala.
- Se construirá una presa de tierra escala que tendrá las mismas características físicas, mecánicas de la presa real estudiada, además de sus condiciones de geometría, además de incorporar un sistema electrónico de reconocimiento de humedad con la ayuda de estudiantes de ingeniería electrónica de nuestra universidad.
- Se empezará con el modelamiento del flujo en la presa de tierra a escala para dar entender los mecanismos que tiene la tubificación en la estructura y los criterios que se deberán tomar ante una posible falla de este fenómeno, y posteriormente con el apoyo de un modelo matemático llamado Seep/w para la comparación de datos y observar la precisión de resultados.
- Sustentación del proyecto de investigación y los aportes que trajo consigo esté.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

Autoridad Nacional de Agua. (2019). *Geoportal*. Obtenido de <http://geo.ana.gob.pe:8080/geoportal/>

Badillo, Juarez; Rodríguez, Rico;. (1997). *Mecánica de suelos tomo 3 : Flujo de agua*. México: Limusa.

Charner, Flora;. (25 de Enero de 2019). *CNN*. Obtenido de <https://cnnespanol.cnn.com/2019/01/25/colapsa-una-represa-en-una-mina-en-brasil/>

Chukwueloka Austin , O. (2016). *Internal erosion and piping failure of landslide dams*. Shimane University, Department of Geoscience. Japan: Interdisciplinary Graduate School of Science and.

Fernández Enríquez, Edgar . (2015). *Estudio de la erosión interna en estructuras térreas enfocados al problema ocurrido en la presa "El Batán" ubicada en el estado de Querétaro*. Universidad Autónoma de México, Departamento de Maestría y Doctorado en Ingeniería , México.

Kuo-Hsin , Yang; Jyun-Yen, Wang. (2016). *Experiment and statistical assessment on piping failures in soils with different gradations*. National Taiwan University of Science and Technology, Department of Civil and Construction Engineering. Taipei, Taiwan: Taylor & Francis Group.

López Acosta, N;. (2013). *Apuntes de clase : Flujo de agua en suelos*. División de Postgrado de Ingeniería Civil.

Ministerio de agricultura y riego;. (2017). *Normas y reglamentos de seguridad de presas en el Perú*. Lima, Perú.

Murillo, R. (2012). *Presas de tierra y sus fallas*. México: Sociedad Mexicana de Ingeniería Geotécnica, A.C.

Autoridad Nacional de Agua. (2019). *Geoportal*. Obtenido de <http://geo.ana.gob.pe:8080/geoportal/>

Badillo, Juarez; Rodríguez, Rico;. (1997). *Mecánica de suelos tomo 3 : Flujo de agua*. México: Limusa.

Charner, Flora;. (25 de Enero de 2019). *CNN*. Obtenido de <https://cnnespanol.cnn.com/2019/01/25/colapsa-una-represa-en-una-mina-en-brasil/>

Chukwueloka Austin , O. (2016). *Internal erosion and piping failure of landslide dams*. Shimane University, Department of Geoscience. Japan: Interdisciplinary Graduate School of Science and.

Fernández Enríquez, Edgar . (2015). *Estudio de la erosión interna en estructuras térreas enfocados al problema ocurrido en la presa "El Batán" ubicada en el estado de Querétaro*. Universidad Autónoma de México, Departamento de Maestría y Doctorado en Ingeniería , México.

Kuo-Hsin , Yang; Jyun-Yen, Wang. (2016). *Experiment and statistical assessment on piping failures in soils with different gradations*. National Taiwan University of Science and Technology, Department of Civil and Construction Engineering. Taipei, Taiwan: Taylor & Francis Group.

López Acosta, N;. (2013). *Apuntes de clase : Flujo de agua en suelos*. División de Postgrado de Ingeniería Civil.

Ministerio de agricultura y riego;. (2017). *Normas y reglamentos de seguridad de presas en el Perú*. Lima, Perú.

Murillo, R. (2012). *Presas de tierra y sus fallas*. México: Sociedad Mexicana de Ingeniería Geotécnica, A.C.

Rayano, M. (2001). *Fenómenos de tubificación en presas pequeña de tierra*. Universidad Nacional del Nordeste, Departamento de Hidráulica, Argentina.

Robbins, B. (2015). *Backward Erosion Piping: A Historical Review and Discussion of influential Factors*. Conference Paper, U.S. Army Engineer Research and Development Center, PE Civil

Engineer, U.S.A.

Robbins, Bryant;. (2014). *Discussions on Laboratory Testing of Backwards Erosion Piping of Soil*. U.S Army Corps of Engineers. ERDC.

Sanchez , M. (2013). *Comportamiento hidromeccánico de bodos bajo condiciones de flujo transitorio*. Tesis de maestría, DEPFI - UNAM, División de Estudios de Postgrado.

Skempton, A; Brogan, J;. (1994). *Experiments on piping in sand gravels*. Departament Geotechnique.

Terzaghi, K;. (1943). *Theoretical soil mechanics*.

Vazquez Borragan, Alejandro;. (2014). *Modelling Internal Erosion Within An Embankment Dam Prior To Breaching*. Master Thesis, Royal Institute of Technology, Departament of Civil and Architectural Engineering, Sweden.

Yu Wang, Ning Guo, Shijun Wang, & Yanchang Gu. (2016). *Detecion of internal Erosion and Piping in Embankment Dams*. International Forum on Energy, Enviromment and Sustainable Development, Jiangu. Atlantis Press.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD	INICIO	FIN
PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO	30/08/2019	05/09/2019
RECOLECCION DE DATOS	06/09/2019	29/02/2020
Informe Parcial del Proyecto	20/01/2020	30/01/2020
INFORME PARCIAL DEL PROYECTO	20/01/2020	30/01/2020
INFORME FINAL DEL PROYECTO	20/05/2020	20/05/2020
Informe Final del Proyecto	20/05/2020	30/05/2020

PRESUPUESTO

DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO_UNITARIO	PRECIO_PARCIAL
TRANSPORTE NACIONAL	2 UNI	200	400
HOSPEDAJE	2 UNI	210	420
HOSPEDAJE	2 UNI	140	280
PALANAS	1 UNI	32	32
PICOS	1 UNI	90	90
Fotocopiado y/o Impresiones	5 UNI	10	50
TRANSPORTE LOCAL	2 UNI	50	100
SACOS	8 UNI	1	8
APOYO	7 UNI	70	490
TRANSPORTE NACIONAL	2 UNI	130	260
TRANSPORTE LOCAL	2 UNI	50	100
TRANSPORTE NACIONAL	2 UNI	130	260
TRANSPORTE NACIONAL	2 UNI	200	400
TRANSPORTE NACIONAL	2 UNI	200	400
ALIMENTACION	15 UNI	60	900
Equipo	1 UNI	12213	12213
BARRETAS	1 UNI	48	48
			Total 16451