



UNIVERSIDAD NACIONAL “SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO”
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS GEOLOGÍA Y METALURGIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



TESIS

DISEÑO DE UN DIQUE DE SEDIMENTACIÓN PARA MINIMIZAR EL RIESGO DE MOVIMIENTOS DE TALUDES - 2021

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO DE MINAS**

PRESENTADO POR:

BACH.: PRÍNCIPE VEGA WALTER RENE

ASESOR:

MSc. Ing. ARNALDO ALEJANDRO RUIZ CASTRO

HUARAZ – PERÚ

2022





UNIVERSIDAD NACIONAL
"SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"

"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"
**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS,
GEOLOGÍA Y METALURGIA**



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PRESENCIAL

En la ciudad de Huaraz, siendo las catorce horas con cero minutos de la tarde (14:00 p.m.) del día veintidos de Febrero del dos mil Veintitres (22/02/23), se reunieron los miembros del jurado Evaluador nominados según Resolución Nro. 028-2023-FIMGM/D, de fecha 30 de Enero del 2023, integrado por los siguientes Docentes: **Dr. LUIS ALBERTO TORRES YUPANQUI, como Presidente; Dr. RICARDO CAYO CASTILLEJO MELGAREJO, como Secretario y el M.Sc. Ing. WALTER NICOLAW ROMERO VEGA, como Vocal;** para la sustentación de la tesis Titulada: **"DISEÑO DE UN DIQUE DE SEDIMENTACIÓN PARA MINIMIZAR EL RIESGO DE MOVIMIENTOS DE TALUDES – 2021"** presentado por el Bachiller **WALTER RENE PRINCIPE VEGA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas, en concordancia con el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo", se procedió con el acto de sustentación bajo las siguientes consideraciones, el Presidente del Jurado calificador, invitó a los docentes, alumnos y público en general a participar en este acto; luego invitó al Secretario del Jurado calificador a dar lectura de la Resolución N°028-2023-FIMGM/D de fecha 30 Enero del 2023. Acto seguido se invitó al sustentante a la defensa de su tesis por un lapso de veinte minutos (20), concluida con la misma, se procedió con el rol de preguntas de parte de los miembros del Jurado Calificador, finalmente se invitó al público en general a hacer abandono del Auditorium de la FIMGM por un lapso de diez (10) minutos con el propósito de deliberar la nota del sustentante, **ACORDANDO: APROBAR CON EL CALIFICATIVO (*)de: DIECIOCHO (18). Aprobado con Distinción. Siendo las quince horas y cero minutos (15:00 p.m.) del mismo día, se dio por concluida el acto de sustentación.**

En consecuencia, queda en condición de ser calificado **APTO** por el Consejo de Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Metalurgia y por el Consejo Universitario de la Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo" y recibir el Título de **INGENIERO DE MINAS** de conformidad con la Ley Universitaria y el Estatuto de la UNASAM.

Dr. LUIS ALBERTO TORRES YUPANQUI

Presidente

Dr. RICARDO CAYO CASTILLEJO MELGAREJO

Secretario

M.Sc. Ing. WALTER NICOLAW ROMERO VEGA

Vocal

M.Sc. Ing. ARNALDO ALEJANDRO RUIZ CASTRO

Asesor

(*) De acuerdo con el Artículo 84º Reglamento de Grados y Títulos de la UNASAM, están deben ser calificadas con términos de: **APROBADO CON EXCELENCIA (19-20), APROBADO CON DISTINCIÓN (17-18), APROBADO (14-16), DESAPROBADO (00-13).**



UNIVERSIDAD NACIONAL
"SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"

"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS,
GEOLOGÍA Y METALURGÍA**



ACTA DE CONFORMIDAD DE TESIS

Los Miembros del Jurado, luego de evaluar la tesis titulada: **"DISEÑO DE UN DIQUE DE SEDIMENTACIÓN PARA MINIMIZAR EL RIESGO DE MOVIMIENTOS DE TALUDES – 2021"** presentado por el Bachiller **WALTER RENE PRINCIPE VEGA**, y sustentada el día 22 de Febrero del 2023, por Resolución Decanatural N° 028-2023-FIMGM/D, la declaramos CONFORME.

En consecuencia queda en condiciones de ser publicada:

Huaraz, 22 de Febrero del 2023

Dr. LUIS ALBERTO TORRES YUPANQUI

Presidente

Dr. RICARDO CAYO CASTILLEJO MELGAREJO

Secretario

M.Sc. Ing. WALTER NICOLAW ROMERO VEGA

Vocal

M.Sc. Ing. ARNALDO ALEJANDRO RUIZ CASTRO

Asesor

NOMBRE DEL TRABAJO

Tesis de Principe Vega Walter Rene (Original) (1) (1).docx

AUTOR

Walter Principe

RECUENTO DE PALABRAS

12481 Words

RECUENTO DE CARACTERES

67383 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

67 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

827.8KB

FECHA DE ENTREGA

Apr 4, 2023 3:21 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Apr 4, 2023 3:22 PM GMT-5**● 23% de similitud general**

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

- 22% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 12% Base de datos de trabajos entregados
- 3% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Bloques de texto excluidos manualmente

Dedico esta tesis **a Dios, a mis padres a mi esposa e hijos.** A **Dios** porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar, a mis **padres** quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento, a mi esposa e hijos porque fueron mi motivación para concluir con este importante hito en mi vida.



AGRADECIMIENTO

A mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de los logros se los debo a ellos, que me formaron con reglas y ciertas libertades; De igual manera a mi esposa, que al igual que mis padres me motivaron constancia para alcanzar mis anhelos. Gracias padre y madre, gracias Eva mi esposa.

A los Señores Docentes de la Facultad de Ingeniería de Minas por apoyar mi formación profesional y a mis amigos que también estuvieron ahí empujándome en este duro camino de ser ingeniero de minas.



RESUMEN

En la presente investigación tiene por objetivo general realizar el diseño de un dique de sedimentación para minimizar el riesgo de movimientos de taludes – 2021. Se justifica porque con el diseño de un dique de sedimentación se minimizará el riesgo de movimientos de taludes en el año 2021. Los resultados determinaron que del análisis de estabilidad estática y Pseudo estáticos en condiciones de vacío y lleno se demuestra que la presa tiene condiciones de estabilidad estables. Las conclusiones más importantes fueron: Se realizó el diseño de un dique de sedimentación para minimizar el riesgo de movimientos de taludes – 2021, concluyendo que la cimentación de las estructuras corresponde al basamento rocoso en el fondo del vaso para el sistema de colección, en relleno y talud natural para el enrocado de estabilización, así como el sistema de impermeabilización y para el análisis de estabilidad de taludes en condiciones pseudo-estáticas se utilizó el 50% del PGA sugerido por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos, obteniéndose un coeficiente sísmico de 0,17, resultado del PGA de 0,35 g en la roca basal (estudios específicos de sitio), relacionado a este coeficiente sísmico, corresponde un período de retorno mayor al criterio de diseño, el cual está asociado a un riesgo “significante” ($Tr = 1\ 000$ años) según el CDA (Canadian Dam Association) y Se determina 04 zonas evaluadas para materiales de enrocado para protección y estabilización, en el sector 01 corresponde a tobas, el sector 02 a dacitas, y el sector 03 y 04 corresponde a cuarcitas; y son tomados en cuenta para los criterios de diseño de un dique de sedimentación

Palabras claves: Diseño de un dique de sedimentación, minimizar, riesgo de movimientos de taludes, 2021.

ABSTRACT

In the present investigation, the general objective is to carry out the design of a sedimentation dam to minimize the risk of slope movements - 2021. It is justified because with the design of a sedimentation dam the risk of slope movements will be minimized in 2021. The results determined that the analysis of static stability and Pseudo static under empty and full conditions shows that the dam has stable stability conditions. The most important conclusions were: The design of a sedimentation dam was carried out to minimize the risk of slope movements - 2021, concluding that the foundation of the structures corresponds to the rocky basement at the bottom of the vessel for the collection system, in fill. and natural slope for the stabilization rockfill, as well as the waterproofing system and for the slope stability analysis in pseudo-static conditions, 50% of the PGA suggested by the United States Army Corps of Engineers was used, obtaining a seismic coefficient of 0.17, result of the PGA of 0.35g in the basal rock (site specific studies), related to this seismic coefficient, a return period greater than the design criterion corresponds, which is associated with a risk " significant" (Tr = 1,000 years) according to the CDA (Canadian Dam Association) and 04 evaluated zones are determined for rockfill materials for protection and stabilization. ion, in sector 01 corresponds to tuffs, sector 02 to dacites, and sector 03 and 04 corresponds to quartzites; and are taken into account for the design criteria of a sedimentation dam

Keywords: Design of a sedimentation dam, minimize, risk of slope movements, 2021.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	iv
CAPITULO I.....	1
GENERALIDADES.....	1
1.1. Ubicación y Acceso.....	1
1.2. Planteamiento y formulación del Problema.....	2
1.2.1. El Problema	2
1.2.2. Formulación del problema.....	2
1.3.Objetivos de la investigación.....	3
1.3.1. Objetivo General.....	3
1.3.2. Objetivos Específicos	3
1.4.Justificación e importancia	3
1.5.Alcances	4
1.6.Limitaciones	4
1.7.Delimitación	4
1.8.Hipótesis	4
1.9.Variables.....	5
1.9.1. Operacionalización de variables.....	5
CAPITULO II.....	7
FUNDAMENTACIÓN.....	7
2.1.Marco Teórico	7
2.1.1.Antecedentes de la investigación.....	7
2.1.2.Fundamentación teórica.....	10
2.1.2.1.Diseño de un dique de sedimentación	10



2.1.2.2. Tipos.....	10
2.1.2.3. Funciones.....	13
2.1.2.4. Cerradas	14
2.1.2.5. Diseño estructural.....	17
2.1.2.6. Análisis de estabilidad del Dique.....	18
2.1.2.7. Fórmula de Hudson	18
2.1.2.8. Movimientos de taludes.....	19
2.1.3. Definición de Términos.....	19
 CAPITULO III	 24
 METODOLOGÍA.....	 24
 3.1. Diseño de la investigación.....	 24
3.1.1. Tipo de investigación.....	24
3.1.2. Nivel de la investigación	24
3.1.3. Método.....	24
3.1.4. Diseño de la investigación.....	24
3.1.5. Población y muestra.....	25
3.1.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	25
3.1.7. Procedimientos	25
3.1.8. Material de investigación.....	26
 CAPITULO IV	 27
 RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	 27
 4.1. Descripción de la realidad y procesamiento de datos.....	 27
4.1.1. Criterios de Diseño	27

4.1.2. Sismicidad	29
4.1.3. Condiciones de Sitio	30
4.1.4. Aceleración de Diseño	33
4.1.5. Coeficiente Sísmico	34
4.2. Marco Geológico	34
4.3. Investigación Geotécnica de Campo	35
4.3.1. Generalidades	35
4.3.2. Mapeo Geológico - Geotécnico	35
4.3.3. Ensayos de Laboratorio	36
4.3.4. Ensayos Índice en Mecánica de Suelos	36
4.3.5. Ensayo de Compresión Triaxial Consolidado No Drenado	37
4.3.6. Ensayo de Carga Puntual	37
4.3.7. Ensayo de Abrasión	38
4.3.8. Ensayo de Durabilidad	38
4.3.9. Ensayo ABA	38
4.3.10. Caracterización Geotécnica de la Cimentación	39
4.3.11. Unidades Geotécnicas	39
4.3.12. Bofedales - Unidad Geotécnica I	39
4.3.13. Depósitos Aluviales - Unidad Geotécnica II	40
4.3.14. Depósito Coluvial - Unidad Geotécnica III	40
4.3.15. Depósitos Murrénicos - Unidad Geotécnica IV	40
4.3.16. Basamento Rocoso - Unidad Geotécnica V	41
4.3.17. Nivel de Agua	41
4.3.18. Nivel de Cimentación	41
4.3.19. Descripción de Canteras	42

4.4.Diseño Geotécnico.....	42
4.4.1.Objetivo	42
4.4.2.Fases de Construcción	42
4.4.3.Análisis de infiltración	43
4.4.4.Condiciones Analizadas	43
4.4.5.Análisis de Estabilidad de Taludes.....	44
4.4.6.Cuerpo del Dique existente	44
4.4.7.Análisis de Infiltraciones.....	44
4.4.8.Análisis de Estabilidad	45
4.4.9.Diseño Civil e Hidráulico.....	45
4.5.Discusión de resultados	45
4.6.Aportes del tesista.....	46
CONCLUSIONES.....	47
RECOMENDACIONES	49
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	50
ANEXOS.....	51
ANEXO N° 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	52
ANEXO N° 02: PLANO DE LA ZONA DE IMPERMEABILIZACION DEL DISEÑO DEL DIQUE DE SEDIMENTACIÓN.....	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Presa con ventanas rectangulares en Austria.	11
Figura 2. Presa de enrejado reticular en Japón.	11
Figura 3. Presa con ranura de paredes verticales en Austria.	12
Figura 4. Presa de rastrillo en Japón.	12
Figura 5. Pendiente de Compensación.	16
Figura 6. Elementos de un dique.	17
Figura 7. Equilibrio de un canto en un talud ante la acción del Sedimento.	18

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables.....	5
Tabla 2. Criterios de Diseño	27
Tabla 3. Clasificación del Sitio (IBC, 2009).	31
Tabla 4. Estimados de PGA a partir de Estudios de Peligro Sísmico Probabilísticos.....	33
Tabla 5. Las propiedades índices de los suelos ensayados.....	36
Tabla 6. Resumen de Ensayos de Conductividad Hidráulica.....	37
Tabla 7. Resumen de Ensayos de Conductividad Hidráulica.....	37
Tabla 8. Resultados de los Análisis de Estabilidad	45



INTRODUCCIÓN

La presente tesis titulada “Diseño de un dique de sedimentación para minimizar el riesgo de movimientos de taludes – 2021”. Nace de la idea de minimizar el riesgo de movimientos de los taludes asociados a procesos de geodinámica externa al interior del vaso, la obtención de la mayor capacidad para operación de la poza de sedimentación, realizar un control adecuado del sistema de subdrenaje y la estabilidad del dique y vaso en condiciones estáticas y sísmicas. Las características y propiedades de los suelos de cimentación y los materiales involucrados en el diseño fueron evaluadas a partir de investigaciones geotécnicas de campo y de laboratorio llevadas a cabo como parte de los alcances del estudio de la ingeniería de detalle. Sobre la base de las investigaciones de campo, como parte de los alcances de la ingeniería de detalle de esta instalación, de los informes de campo y la geometría de las fases de diseño propuesta, se determinaron las cantidades de movimientos de tierras y geosintéticos involucradas en las tareas de diseño de la poza de sedimentación. El diseño civil de las obras se ha realizado debido a la proximidad de la temporada de lluvias y tiene como objetivo la protección e impermeabilización del paramento aguas arriba del dique.

Las labores contemplan actividades relacionadas a la preparación y acondicionamiento de la geometría existente para la instalación del sistema de subdrenaje, la colocación del sistema de impermeabilización en el paramento aguas arriba del dique, la colocación del enrocado de estabilización y la impermeabilización, del área contigua al dique, en el vaso del dique de sedimentación. Como parte de los trabajos del sistema de subdrenaje, se está considerando la captación de los ojos de agua existentes, que se encuentran en la margen izquierda del dique; así como la instalación de un sistema de recuperación de agua de subdrenaje mediante el uso de bombas sumergibles. Los trabajos de adecuación de la geometría del dique, consistirán en el retiro de la capa de enrocado de protección existente (rip-rap) del talud aguas arriba del dique, para realizar un perfilado con un talud de 2:1 (H:

V) aproximadamente y la colocación de un tapón de concreto en la tubería existente, ubicado al pie del talud aguas arriba del dique (el tapón ya se encuentra construido). En las márgenes derecha e izquierda del vaso se hará un perfilado de los taludes tratando de encontrar un talud mínimo de 1,2:1 (H: V), que asegure la estabilidad durante la construcción, y en las zonas donde el material es demasiado suelto se perfilará con taludes 1,5:1 (H: V).

En el fondo del vaso, al pie del talud aguas arriba del dique, se excavará hasta el contacto con la roca, sobre ella se realizará una nivelación para colocar el sistema de colección del subdrenaje (Dren Basal), este sistema coleccionará tanto el subdrenaje principal y secundario, desde el sistema de colección partirá el sistema de recuperación, conformado por un sistema de bombeo.

Los movimientos de tierra realizados previamente conformarán la nivelación necesaria para la construcción del dren basal, además se realizará la excavación de dos zanjas en la cara aguas arriba del dique, con la finalidad de instalar el sistema de recuperación de agua, que consiste en dos bombas sumergibles que impulsarán las aguas de subdrenaje captadas por el sistema de colección instalado en el dren basal, que serán conducidas hacia el vaso de la poza de sedimentación.

La tesis consta de: La dedicatoria; el agradecimiento, el resumen, el abstract, índice general, de tablas, de figuras y la introducción.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, con el problema, la identificación y selección del problema, la formulación del problema, los objetivos de la investigación, la justificación, la importancia, las limitaciones, la delimitación de la investigación, los alcances, la hipótesis, las variables y operacionalización de las variables

CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN, con el marco teórico, los antecedentes de la investigación, la fundamentación teórica y la definición de términos.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA, el diseño de la investigación.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN, con la descripción de la realidad y procesamiento de datos, el control de la voladura para optimizar la fragmentación, luego se realiza la prueba de hipótesis y la discusión de resultados.



CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1. Ubicación y Acceso

La unidad minera Lagunas Norte se ubica en el distrito Quiruvilca, provincia Santiago de Chuco, región La Libertad, aproximadamente a 130 km. al Este de la ciudad de Trujillo y a 11 km al Noreste del pueblo de Quiruvilca.

La unidad minera Lagunas Norte se sitúa en la cordillera Occidental de los Andes Peruanos a una elevación entre los 3 700 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.) y los 4 200 m.s.n.m

ACCESIBILIDAD.

Desde la ciudad de Lima, la Mina Lagunas Norte es accesible por dos vías: vía aérea y terrestre; por vía aérea (avioneta) 1,50 h. aproximadamente Lima – aeropuerto Pata de Gallo, ubicado a 3,5 Km de la mina; y por vía terrestre a 12 h aproximadamente Lima – Trujillo – Mina Lagunas Norte.

1.2. Planteamiento y formulación del problema

La necesidad de tener el diseño de un dique, para un periodo de operación mayor de 5 años, el cual incluya la impermeabilización del paramento aguas arriba del dique, la estabilización e impermeabilización de los taludes internos del vaso, el sistema de subdrenaje en el fondo del vaso, así como la inclusión de drenes sub horizontales en el lado izquierdo del vaso y el sistema de manejo de flujos de emergencia el revestimiento del vaso el sistema de subdrenaje y para la operación de la poza de sedimentación se debe realizar el diseño de la poza de sedimentación; en base a los ensayos de campo y resultados de laboratorio incluyendo ; especificaciones técnicas de construcción; el estimado de cantidades de materiales y movimiento de tierras; el

manual de aseguramiento de la calidad de la construcción (CQA); y el estimado de costos de ingeniería hace que sea necesario realizar el Diseño de un dique de sedimentación para minimizar el riesgo de movimientos de taludes – 2021. Las características y propiedades de los suelos de cimentación y los materiales involucrados en el diseño denominado Nuevo Diseño del Dique de Sedimentación, serán evaluadas a partir de investigaciones geotécnicas de campo y de laboratorio. El diseño civil de las obras se realizará debido a la proximidad de la temporada de lluvias y tiene como objetivo la protección e impermeabilización del paramento aguas arriba del dique y parte del vaso (estribos); además se culminará las labores de obtención de la mayor capacidad de almacenamiento de la poza, el manejo de los flujos subterráneos, la estabilización de los taludes de la margen derecha e izquierda del vaso y la impermeabilización de todo el vaso de la poza de sedimentación.

1.2.1 El Problema

El Diseño de un dique de sedimentación para minimizar el riesgo de movimientos de taludes, en el año 2021, presenta problemas porque el suelo de fundación donde se ubicará presenta poca homogeneidad es porque el diseño se deberá realizar en base a parámetros geológicos y geotécnicos

1.2.2 Formulación del Problema

Formulación del problema General:

¿El diseño de un dique de sedimentación minimizara el riesgo de movimientos de taludes - 2021?

Formulación de los problemas específicos

✚ ¿Los criterios de diseño de un dique de sedimentación minimizara el riesgo de movimientos de taludes?

✚ ¿Las investigaciones geotécnicas incidirán en el riesgo de movimientos de taludes?

✚ ¿El diseño geotécnico de un dique de sedimentación influirá en el riesgo de movimientos de taludes?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo General

Diseñar un dique de sedimentación para minimizar el riesgo de movimientos de taludes – 2021.

1.3.2. Objetivos Específicos

✚ Determinar los criterios de diseño de un dique de sedimentación para minimizar el riesgo de movimientos de taludes.

✚ Evaluar las investigaciones geotécnicas que inciden en el riesgo de movimientos de taludes.

✚ Evaluar el diseño geotécnico de un dique de sedimentación que influye en el riesgo de movimientos de taludes.

1.4. Justificación e importancia

Se justifica porque con el diseño de un dique de sedimentación minimiza el riesgo de movimientos de taludes en el año 2021, garantiza la estabilidad de los taludes, se estandariza la perforación y voladura en base al cálculo de los parámetros intervinientes, se mejora la perforación con el control del paralelismo de los taladros, se calcula el factor de carga, el factor de potencia, cálculo de factor de avance, cálculo de factor de sobre excavación de esta manera se mejora los rendimientos de perforación y voladura y consecuentemente la reducción de costos operativos los

cuales maximiza las utilidades mineras, es importante porque se logra extraer mayor cantidad de mineral y se cuida la seguridad de las labores mineras teniendo secciones uniformes y estables.

1.5. Alcances

El presente trabajo de investigación tendrá un alcance en el diseño de un dique de sedimentación para minimizar el riesgo de movimientos de taludes – 2021. Que, además, servirá como fundamento de obras similares.

1.6. Limitaciones

Una limitación importante es la poca información por ser un diseño que no se realizan usualmente.

1.7. Delimitación

Delimitación espacial. - La zona de estudio ubicada en el norte de los andes peruanos a una altitud que varía entre los 3,700 a 4,200 msnm, en un paisaje propio de las zonas andinas con cobertura de pastos naturales, vestigios de arbustos nativos y de árboles. El clima en el área del proyecto es frío durante todo el año, con temperaturas que oscilan entre 0 y 15 °C.

Delimitación temporal. - El periodo en el cual se realizará la investigación comprende los meses de enero a julio del año 2021.

Delimitación social. - Se encuentra dirigido al departamento de ingeniería.

1.8. Hipótesis

Hipótesis General

El diseño de un dique de sedimentación minimiza el riesgo de movimientos de taludes – 2021.

Hipótesis Específicas.

- ✚ Los criterios de diseño de un dique de sedimentación minimizan el riesgo de movimientos de taludes.
- ✚ Las investigaciones geotécnicas inciden en el riesgo de movimientos de taludes.
- ✚ El diseño geotécnico de un dique de sedimentación influye en el riesgo de movimientos de taludes.

1.9. Variables

Variable Independiente (x):

Diseño de un dique de sedimentación.

Variable dependiente (y):

Minimizar el riesgo de movimientos de taludes – 2021.

1.9.1. Operacionalización de variables.

Tabla 1. Operacionalización de variables.

Nombre de la variable	Dimensiones	Indicadores
VI: Diseño de un dique de sedimentación.	Criterios de diseño	✚ Capacidad máxima de almacenamiento. ✚ Tiempo de operación. ✚ Tipo de dique. ✚ Taludes externos e internos del dique. ✚ Altura máxima del Dique. ✚ Aliviadero de emergencia. ✚ Borde Libre, mínimo.
	Investigaciones geotécnicas	✚ Sismicidad. ✚ Aceleración de Diseño. ✚ Coeficiente Sísmico. ✚ Geología. ✚ Ensayos de Laboratorio.

		<ul style="list-style-type: none"> ✚ Ensayos Índice en Mecánica de Suelos.
	Diseño Geotécnico	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Fases de Construcción. ✚ Análisis de infiltración.
VD Minimizar el riesgo de movimientos de taludes – 2021.	Análisis de Estabilidad de Taludes.	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Factor de Seguridad (Estático). ✚ Factor de Seguridad (Pseudo estático).

Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO II

FUNDAMENTACIÓN

2.1. Marco Teórico

2.1.1. Antecedentes de la investigación

Antecedente Internacional:

Dos Ramos, D. y Ortega, A. (2016) en el trabajo de *titulación “Compendio de los criterios de diseño de las presas de retención de sedimentos propuestas en Vargas por los hechos de diciembre de 1999”*, Caracas – Venezuela.

RESUMEN

El objetivo general fue documentar las soluciones propuestas para el diseño de las presas de retención de sedimentos con fines de protección para los hechos ocurridos en Vargas en diciembre de 1999. Se concluye que, las presas de retención de sedimentos representan una de las alternativas para la mitigación estos riesgos, siempre y cuando se les aplique el mantenimiento correspondiente.

Cordero, L. (2017) en la tesis *“Análisis de filtraciones y estabilidad de taludes en presas de tierra para suelos parcialmente saturados”*, Santa Clara – Cuba.

RESUMEN

El análisis de estabilidad de taludes en presas de tierra se realiza solamente en el plano de la mecánica de suelos saturados, aunque es conocida la existencia de zonas parcialmente saturadas que aportan resistencia durante los



diferentes estados de carga de estas estructuras. Los parámetros de resistencia obtenidos mediante los ensayos de Corte Directo y Triaxial, y corregidos a través de los ajustes de Fredlund y Vanapalli. La geometría de la presa está definida a partir de los criterios de dimensionamiento para las condiciones de Cuba y acorde a las obras de este tipo existentes en el país.

Rodríguez, C. (2014) en la tesis *“Análisis tipológico-estructural de diques de consolidación-estabilización en el ámbito forestal “, Huelva - España.*

RESUMEN

Restauración hidrológico-forestal de las cuencas vertientes, emplea en sus prácticas, entre otras, una aplicación de la ingeniería civil. Esta aplicación, consiste en unos diques de consolidación-estabilización. Para el diseño y dimensionamiento, se requerirán los conocimientos que componen la geotecnia, hidráulica torrencial, hidrología de superficie, obras hidráulicas, muros de contención, ingeniería de la construcción; y particularmente, los conocimientos específicos propios del ámbito forestal de la restauración hidrológico- forestal. De los resultados obtenidos y su discusión, se concluye que es recomendable el empleo de la tipología ménsula-gravedad para diques de 7 hasta 14 m de altura útil, con algunas limitaciones expuestas.

Antecedente Nacional:

Huamán, J. (2019) en la tesis *“Mejoramiento del proceso constructivo para corte de taludes en tajo abierto, mina Rosarina, Yauli – Junín”, Lima - Perú.*

RESUMEN

La tesis es el resultado de la investigación y principalmente de la experiencia en la Mina Rosarina, Santa Rosa de Sacco, Yauli – Junín, la mina que produce minerales no metálicos a tajo abierto. Para lograr el mejoramiento del proceso constructivo de corte de taludes se desarrolló una metodología propuesta en la tesis con la intención de implementar de forma correcta la extracción de la materia prima de la mina, con un énfasis del diseño óptimo del talud para el tajo. El diseño óptimo del talud del tajo abierto se ha determinado teniendo en claro que el procedimiento constructivo de corte de taludes se realice con seguridad y eficiencia.

Saldaña, L. (2017) en la tesis *“Diseño de un dique de escollera para protección de la vía Costa Verde tramo Callao”, Lima – Perú.*

RESUMEN

La infraestructura vial es un eje importante en el desarrollo de las comunicaciones y la economía de un país en crecimiento. Para definir el diseño se estudió, en primer lugar, el clima marítimo de las playas mencionadas, así como los fenómenos más relevantes ligados a éste, a fin de definir las solicitaciones a las que estará expuesta la futura estructura. Conocidas las características del clima marítimo, se estudiaron las fórmulas de diseño más usadas a nivel mundial, con el objetivo de optimizar los resultados y evaluar cada factor determinante de forma objetiva y clara. Los resultados obtenidos en el diseño están conformados por una sección del dique en talud, conformada por capaz y a su vez las dimensiones de cada escollera en particular. Se concluye, además, con la evaluación cualitativa de cada parámetro involucrado en el diseño.

2.1.2. Fundamentación teórica

2.1.2.1. Diseño de un dique de sedimentación

Son estructuras construidas en el cauce de cursos de agua ubicados en la garganta de los torrentes, como acción de prevención y mitigación de daños que puedan causar futuros aludes torrenciales. Dependiendo del criterio de diseño y la función a desempeñar, pueden ser de diferentes materiales: concreto, acero, gaviones, enrocado, tierra, entre otros. (Dos Ramos y Ortega De Lima, 2016).

Los Diques: Son conocidos también como defensas longitudinales y de revestimiento y presentan normalmente superficies inclinadas, flexibles en la mayoría de los casos y compuestos por material resistente construidos en talud. Su objetivo es contener la energía destructiva del oleaje ante extensiones costeras expuestas e importantes, tales como caminos y carreteras. Los diques se construyen al borde la línea de costa y paralela a ésta, generalmente son estructuras que no están sumergidas y no admiten el rebose del agua. (Saldaña del Rio, 2017).

2.1.2.2. Tipos

Abiertas: Son presas caracterizadas por la presencia de grandes aberturas o ranuras en la forma de su estructura. Se idearon bajo el propósito de retener de manera selectiva los sedimentos transportados por el flujo de un torrente en el cauce de una montaña, ya que es un hecho que una de las causas de la gravedad de los daños por flujos torrenciales es el impacto de los sedimentos de grandes

dimensiones sobre las infraestructuras de las poblaciones adyacentes. Existen diversos tipos de presas abiertas, su selección depende del diseño que mejor se adapte a las condiciones requeridas: De ventanas: presentan ranuras rectangulares, cuadradas o circulares en la parte central y bajo el vertedero. (Dos Ramos y Ortega De Lima, 2016).

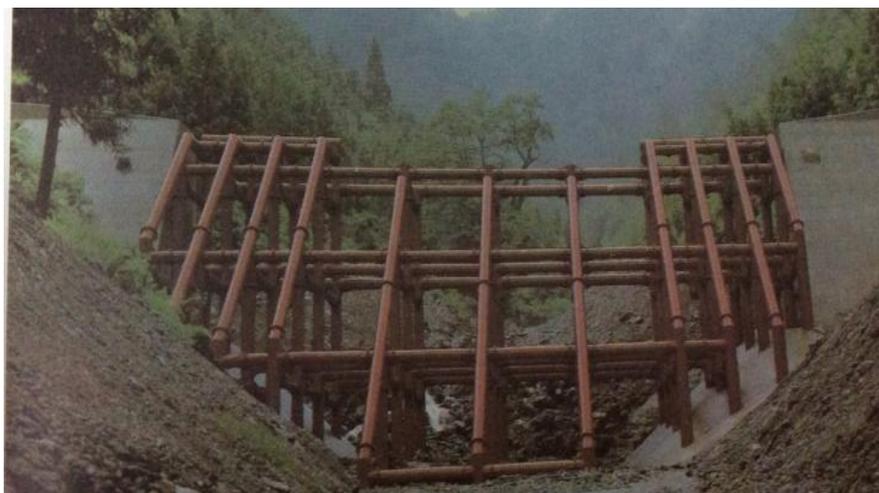
Figura 1. Presa con ventanas rectangulares en Austria.



Fuente: Dos Ramos y Ortega De Lima, 2016.

De enrejado: se caracterizan por tener una sección central compuesta por traviesas o una retícula de perfiles estructurales o tubos de acero.

Figura 2. Presa de enrejado reticular en Japón.



Fuente: Dos Ramos y Ortega De Lima, 2016.

De ranura: el área central de la presa tiene una cavidad estrecha cuya profundidad coincide con el fondo del cauce.

Figura 3. Presa con ranura de paredes verticales en Austria.



Fuente: Dos Ramos y Ortega De Lima, 2016.

De rastrillo: la estructura de la presa está conformada por elementos verticales, ya sean tubos o perfiles de acero, o columnas de concreto empotrados en una zapata de fundación y desligados en la parte superior

Figura 4. Presa de rastrillo en Japón.



Fuente: Dos Ramos y Ortega De Lima, 2016.

2.1.2.3. Funciones

Obstruir el paso de los materiales sólidos de mayor tamaño, ya que éstos son los responsables de causar daños en las infraestructuras a medida que avanza el flujo aguas abajo. De esta forma se optimiza el uso del volumen del embalse. No solo se retienen rocas de gran tamaño, la idea es impedir el paso de cuerpos flotantes de dimensión notable, pues al ser transportados suelen quedar trabados en algún punto de la trayectoria del flujo y originan represamiento del mismo, cuando se rompe esta barrera se pueden generar crecientes de carácter más destructivo que las naturales y desbordamientos. Al mismo tiempo las partículas finas se asientan en los espacios que se forman entre los sólidos grandes por el remanso consecuente a la retención del flujo. Luego, al pasar la creciente, los materiales son arrastrados gradualmente aguas abajo ya que la presa no bloquea el paso de sus tamaños, evitando así que el flujo presente una concentración excesiva de sedimentos durante el pico de la misma. De este modo también se previene que la presencia de la presa ocasione procesos importantes de degradación en el fondo del cauce y erosión regresiva en las playas donde desemboca el río, manteniendo así el equilibrio en los mismos. El diseño de la estructura abierta de estas presas, favorece la velocidad de drenaje de las crecientes. A diferencia de las presas tradicionales provistas de mechinales, la capacidad de descarga de estas aberturas logra drenar la creciente en un menor tiempo, permitiendo el

almacenamiento temporal de la próxima. Asimismo, se produce una sobreelevación menor del agua sobre el vertedero y los muros laterales (impermeables) reciben un empuje hidrostático menor.

La colmatación del embalse se encuentra representado en su mayoría por sólidos de gran tamaño, por lo que el relleno es altamente permeable. Esta característica beneficia la estabilidad del torrente por la infiltración de un caudal líquido entre los sedimentos, es decir, se origina un flujo subterráneo. La naturaleza abierta y permeable de estas presas, suprime el efecto del empuje hidrostático del agua embalsada, contrario a lo que sucede en las presas tradicionales. (Dos Ramos y Ortega De Lima, 2016).

2.1.2.4. Cerradas

Presas estructuralmente construidas para impedir el paso de sedimentos y descargar caudales líquidos mediante mecinales o a través del vertedero durante las crecientes. Son empleadas como estructuras principales de retención de sedimentos, así como presas complementarias de las presas abiertas. Una vez que se llenan de sedimentos generan una estabilización local del cauce al reducir su pendiente e incrementar el ancho del fondo del mismo, con la consiguiente reducción de las fuerzas tractivas.

✚ Primera Etapa: no colmatadas, Retener los materiales arrastrados. Gracias a su capacidad de almacenamiento, se busca atenuar los picos de las crecientes

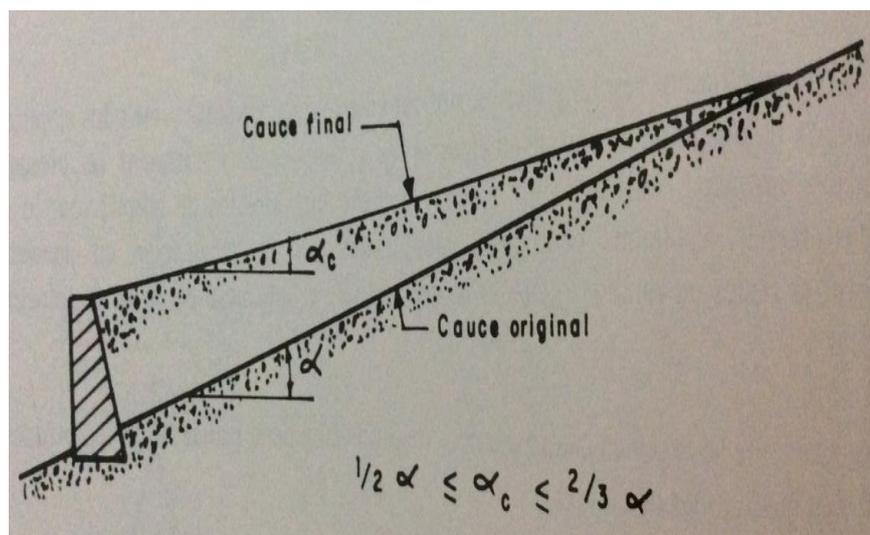
✚ **Segunda Etapa: colmatadas,** La función retenedora de sedimentos y la atenuación de los picos de las crecientes, continúa, aunque en menor grado. La acumulación progresiva de sedimentos da lugar a una cuña de aterramiento, lo cual propicia la consolidación del fondo del cauce, fijando el perfil longitudinal del mismo y evitando procesos de degradación y erosión regresiva. Las secciones hidráulicas aumentan de tamaño, causando la disminución del radio hidráulico y la profundidad del flujo. Por otro lado, dicha cuña de sedimentos orientada hacia el centro de la presa y del cauce, reduce la erosión lateral en los márgenes del torrente y favorece el crecimiento de vegetación, así como también, contribuye a impedir los deslizamientos de laderas inestables. Estos efectos se interpretan como disminución de aportes sólidos a la corriente de flujo. Formación de una nueva pendiente aguas arriba de la presa, menor que la del cauce natural en ese tramo, se conoce como pendiente de compensación porque se modifica en función del equilibrio entre los volúmenes sólidos extraídos del aluvión del fondo por la fuerza tractiva del flujo y los depositados en el mismo. La estimación de la pendiente radica en que uno de los propósitos de la construcción de estas obras hidráulicas es disipar la energía que traen los flujos debido a las fuertes pendientes por las que se desplazan. Si dichas pendientes se plantean como delta cotas, lo que se busca es suprimir el desnivel, pero no solo con altura de presas (ya que si son muy

altas se tendrían inconvenientes en disipar la energía de caída (aguas abajo) sino con atenuaciones de pendientes. La vasta gama de variables que se encuentran involucradas con problemas relativos a los cauces naturales con presencia de flujo de sólidos, hace que el cálculo preciso de la pendiente de compensación a efectos prácticos sea imposible, por lo que se habla de la estimación de la misma. La experiencia de campo de diferentes países con estos flujos los ha llevado a crear sus propias estimaciones, Entre las más conocidas se encuentra la japonesa. (Dos Ramos y Ortega De Lima, 2016).

Donde

- Ángulo de la pendiente original del cauce.
- Ángulo de la pendiente de compensación

Figura 5. Pendiente de Compensación.

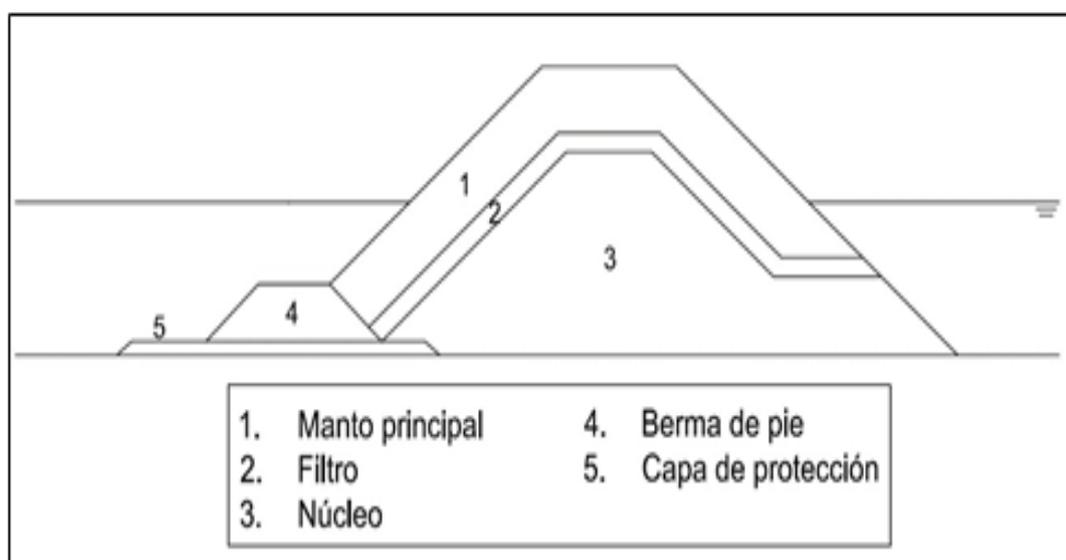


Fuente: Dos Ramos y Ortega De Lima, 2016.

2.1.2.5. Diseño estructural

De manera general, los diques algunos de estos están regidos por los análisis de fuerzas o solicitaciones y en consecuencia dependen del emplazamiento y condiciones del entorno. Otros, en cambio, son de libre elección por parte del diseñador y a pesar de la influencia en los métodos de cálculos que puedan ocurrir, los valores de estos parámetros libres son escogidos según disponibilidad o economía del proyecto. En ese grupo, por ejemplo, se encuentra el valor de la pendiente, el ancho de la cresta, el ancho de la berma y su profundidad. En la sección de diseño, se destaca la presencia de tres elementos estructurales diferentes: la coraza, el núcleo y la berma. Cada uno tiene un diseño diferente, pero están ligados íntimamente entre sí. Las dimensiones son las variables de diseño estructural y se verán en el capítulo IV. Por último, hay una estructura en forma de muro sobre la corona del dique. (Saldaña del Rio, 2017).

Figura 6. Elementos de un dique.

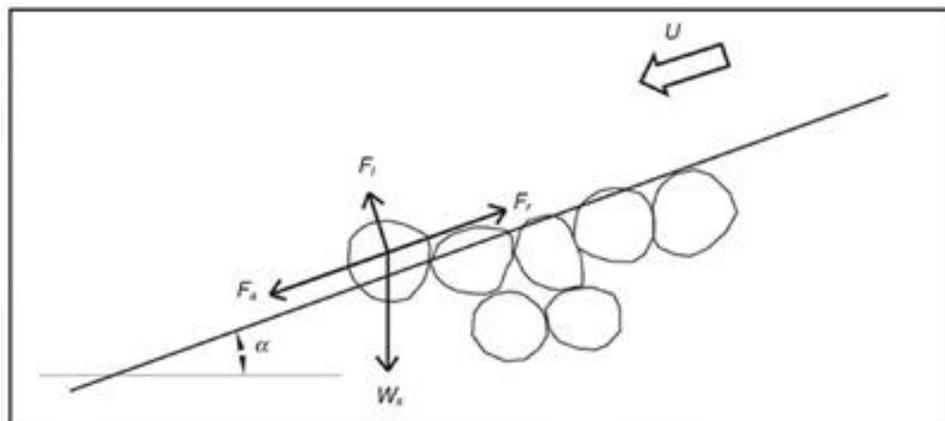


Fuente: Saldaña del Rio, 2017.

2.1.2.6. Análisis de estabilidad del Dique

Para una correcta interpretación de los resultados expuestos por las diferentes formulaciones de diseño, es importante conocer como éstas están compuestas. De Castro (1993) aseguraba que la fuerza que desestabiliza y causa averías en el dique. Un fluido en movimiento, al toparse con un cuerpo extraño, le genera dos acciones: una fuerza de empuje y una de levantamiento, y ambas suceden por la transferencia de cantidad de momento. Estas fuerzas están relacionadas a la cantidad de fluido y la velocidad que llevan. Por su parte, el cuerpo ofrece una resistencia al movimiento, vinculada a la fricción que ejerce contra el lecho en que se asienta. Así, al realizar un diagrama de cuerpo libre (DCL) de dique, se presentan 4 fuerzas interactuando con el canto.

Figura 7. Equilibrio de un canto en un talud ante la acción del Sedimento.



Fuente: Copeiro y Garcia, 2001, Citado por Saldaña del Rio, 2017.

2.1.2.7. Fórmula de Hudson

La fórmula de Hudson surgió como un intento de la Marina de Guerra de los Estados Unidos para hallar experimentalmente los coeficientes de proporcionalidad y fricción de Iribarren (N y f , respectivamente) y ajustar sus fórmulas a un cálculo más realista y efectivo. No obstante, Hudson no encontró una forma convincente de evaluar ambos parámetros por separado y reformuló la expresión de Iribarren englobando ambos coeficientes en uno solo (Copeiro y Garcia 2011, Citado por Saldaña del Rio, 2017).

2.1.2.8. Movimientos de taludes

Movimiento de masa y estabilidad de taludes: Los movimientos de masa abarcan un conjunto de fenómenos que incluyen, entre otros, flujos de rocas, de partículas de suelo (detritos), deslizamientos, hundimientos del terreno, caída de rocas y avalanchas de nieve o rocas. El principio básico y elemental que rige el proceso de generación de los movimientos en masa es que, por acción de la gravedad, todo lo que está arriba puede bajar. En dicho proceso influyen otras variables naturales: • Propiedades del terreno: el tipo de roca o suelo, la forma del paisaje (cañones, valles, planicies), la pendiente del terreno y su contenido de agua. • Agua: detonador que actúa como lubricante en zonas por donde se filtra, como agente que aumenta la presión y como agente de arrastre superficial de partículas. • Vibraciones del terreno: causadas por terremotos. ((<https://es.slideshare.net/caesaccupe/>)).

2.1.3. Definición de Términos.

- ✚ **Aseguramiento de Calidad de Construcción (CQA):** Sistema de verificación de las funciones del departamento de control de calidad del Contratista y/o Instalador con el propósito de garantizar que éstas sean efectuadas de manera que aseguren la calidad esperada. (Ausenco, 2013).
- ✚ **Control de la Calidad de Construcción (CQC):** Ensayos, inspecciones y otras funciones relacionadas que se lleven a cabo durante la instalación del sistema, con el fin de controlar las actividades de construcción con respecto a los planos y especificaciones técnicas del proyecto. (Ausenco, 2013).
- ✚ **Contratista de Movimiento de Tierras:** Denominado también “Contratista”. La persona o Firma responsable de las actividades relacionadas con el trabajo de movimiento de tierras. Esta definición es aplicable a cualquiera de las partes que efectúe el trabajo definido como movimiento de tierras, incluso cuando éste no sea su función primaria. (Ausenco, 2013).
- ✚ **Grado de Compactación:** En este documento, corresponde al valor definido como la densidad seca in-situ dividida por, la densidad seca máxima de laboratorio, según lo determina el método de ensayo de la norma ASTM D-698, (conocido como Método de Proctor Estándar) como se indica en los planos o en estas especificaciones, para el suelo y que va expresada como porcentaje. (Ausenco, 2013).
- ✚ **Diseñador:** Firma o su representante, responsable por el diseño y preparación de los Planos y Especificaciones de Construcción del Proyecto. (Ausenco, 2013).

- ✚ **Documentos del Proyecto:** Planos para construcción, planos de registro, especificaciones técnicas, manual de CQA, informes diarios, informes mensuales, informe final de CQA, todos los resultados de ensayos de laboratorio y de campo, solicitudes de información (RFI), solicitudes de cambio de diseño (RCD), reportes de no conformidad (NCR), instrucciones de campo (SI), certificados de control de calidad de fabricación (MQC), e indicaciones del Contratista, Constructor y/o Instalador. (Ausenco, 2013).
- ✚ **Fabricante:** Empresa o firma encargada de la manufactura de los diferentes materiales utilizados en el proyecto. (Ausenco, 2013).
- ✚ **GCL:** Material sintético que se utiliza como barrera hidráulica consistente de una capa de bentonita encapsulada entre dos geotextiles no tejidos, y sujeta mecánicamente por refuerzo punzonado por aguja. (Ausenco, 2013).
- ✚ **Geomembrana:** Lámina delgada sintética fabricada de polímeros de polietileno, de muy baja permeabilidad, utilizadas como barreras para sólidos, líquidos o gases. (Ausenco, 2013).
- ✚ **Ingeniero:** Firma o su representante, responsable de la administración de la Ingeniería y Calidad de la construcción del proyecto. (Ausenco, 2013).
- ✚ **Ingeniero de CQA:** Ingeniero administrador principal responsable de la supervisión y/o realización de las tareas de Aseguramiento de la Calidad de Construcción descritas en las especificaciones. El Ingeniero CQA es responsable además de la supervisión del personal de CQA y de todas las tareas asignadas a ellos. La inspección, observación, aprobación u otras

acciones del Ingeniero de CQA o su representante de ninguna manera limitan las obligaciones y responsabilidades del Contratista o Instalador, relacionadas con los requerimientos de estas especificaciones. (Ausenco, 2013).

- ✚ **Instalador de Geosintéticos:** También denominado “Instalador”. La unidad responsable por la instalación de geosintéticos en campo. Esta definición es aplicable a cualquiera de las partes que realice trabajos definidos como instalación de GCL, geomembrana, geotextil, incluso cuando ésta no sea su función primaria. (Ausenco, 2013).
- ✚ **Laboratorio:** El laboratorio establecido y autorizado por el Propietario o Administrador de Construcción para realizar los ensayos de materiales y el trabajo involucrado en el contrato. (Ausenco, 2013).
- ✚ **La Obra:** Todas las tareas que deberá realizar el Contratista de acuerdo a lo definido en los documentos del alcance del contrato, las bases de licitación, la propuesta, los planos de construcción, las especificaciones técnicas del proyecto y demás documentos involucrados. (Ausenco, 2013).
- ✚ **Movimiento de Tierras:** Todas las actividades que involucra la remoción, replazo y todo uso de suelos naturales del sitio o de préstamo, o material de roca. (Ausenco, 2013).
- ✚ **Panel:** Un rollo completo o un área unitaria de la geomembrana, las cuales serán soldadas con otras unidades en campo. (Ausenco, 2013).
- ✚ **Propietario:** Firma o su representante, responsable de la propiedad y operaciones del proyecto. (Ausenco, 2013).

- ✚ **Planos As-Built:** También referidos como “Planos de Registro”. Estos planos registran dimensiones, detalles y coordenadas de la instalación luego del término de la construcción. (Ausenco, 2013).
- ✚ **Planos y Especificaciones de Construcción del Proyecto:** Incluye todos los planos y especificaciones técnicas relacionadas con el Proyecto, considerando también las modificaciones al diseño y planos de gabinete aprobados. (Ausenco, 2013).
- ✚ **Supervisor CQA:** Persona responsable de realizar la supervisión y conducción del programa de CQA. (Ausenco, 2013).
- ✚ **Trabajos de Preparación del Terreno:** Una actividad que implica el uso de suelos o material rocoso del lugar o importado. (Ausenco, 2013).
- ✚ **Manual de CQA:** El manual de CQA, solo para este proyecto está referido al Manual de CQA de la Ingeniería de Detalle del Dique de Sedimentación. (Ausenco, 2013).

CAPITULO III

METODOLOGÍA

1.1. Diseño de la investigación

1.1.1. Tipo de investigación

El presente estudio está dentro del campo de la ingeniería. Es del tipo aplicada o tecnológico, porque aplica los términos teóricos a determinada situación concreta. Busca conocer para hacer, para actuar, para modificar, etc. (H. Sánchez C. y C. Reyes M. Citado por Cairo, 2013).

1.1.2. Nivel de la investigación

Es Descriptivo porque describe un fenómeno o una situación mediante el estudio del mismo en una circunstancia temporal-espacial determinada.

Este estudio descriptivo nos lleva al conocimiento actualizado del fenómeno tal como se presenta. (Cairo, 2013).

1.1.3. Método No Experimental - Transversal

No se realizan experimentos de las variables y es transversal por que se realizó en el año 2021

1.1.4. Diseño de la investigación

En este caso el Método Específico Descriptivo Simple, que corresponde al nivel más simple de la Investigación Científica, que es la investigación descriptiva o formularia, porque se analiza las variables de amenazas y sistemas de contingencias, cuyo esquema es:

$$M \longrightarrow O$$

Dónde:

M: Muestra obtenida.

O: Información que se recoge del tipo de amenaza y proponer el sistema de contingencia como respuesta a la emergencia. (Cairo, 2013).

1.1.5. Población y muestra

Población

La población o universo de investigación está conformado por todos los diseños de un dique de sedimentación.

Muestra

Estará compuesta por el diseño de un dique ubicado en Lagunas Norte.

1.1.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas:

- ✚ Los instrumentos usados en la presente investigación fueron los informes y los datos bibliográficos.
- ✚ Los instrumentos usados en la presente investigación serán datos de campo que servirán para el diseño del dique.

1.1.7. Procedimientos

Los procedimientos de investigación de datos estuvieron en función al cronograma establecido del proyecto de tesis.

- ✚ El tiempo duró 6 meses.
- ✚ El medio fue la observación y la revisión de los reportes.

Para recopilar los datos tendremos en cuenta registros en papel, hoja electrónica en Excel y el empleo del procesador de textos.

1.1.8. Material de investigación

Se utilizará los programas diferentes de minería para calcular los siguientes cálculos:

-  Microsoft Office.
-  Slide
-  AutoCAD Civil 3d. entre otros.

Para el diseño de un dique de sedimentación para minimizar el riesgo de movimientos de taludes – 2021.

CAPITULO IV

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Descripción de la realidad y procesamiento de datos

La zona de estudio ubicada en los andes peruanos al norte está a una altitud que varía entre los 3,700 a 4,200 msnm, en un paisaje propio de las zonas andinas con cobertura de pastos naturales, vestigios de arbustos nativos y de árboles. El clima en el área del proyecto es frío durante todo el año, con temperaturas que oscilan entre 0 y 15 °C. Como parte de los planes de expansión; desarrolló la ingeniería de detalle que incluyó el desarrollo de la ingeniería de detalle del dique de la poza de sedimentación; diseñada, según los criterios de diseño, para un periodo de operación de aproximadamente 5 años. Con la finalidad de minimizar las filtraciones y de forma complementaria a minimizar los procesos de geodinámica externa en taludes. Durante el proceso de diseño del paramento aguas arriba y el vaso del dique de sedimentación. La definición de los nuevos criterios de diseño, las investigaciones de campo realizadas, obtención de la mayor capacidad para operación de la poza de sedimentación, sistema de sub drenaje y revestimiento total del vaso.

4.1.1. Criterios de Diseño

Se realizo los criterios de diseño para la poza de sedimentación.

Tabla 2. Criterios de Diseño

Descripción	Unidad	Criterio Usado	Fuente
Poza de Sedimentación - Dique			
Capacidad máxima de	m3	100 000	A
Tiempo de operación	años	43	A
Uso de la poza		Poza de colección de sedimentos y retención de agua	A



Tipo de dique	Tipo	Dique de Tierra compactado de talud superior con revestimiento de geomembrana	B
Taludes externos e internos del	H:V	2:1	B
Altura máxima del Dique	m	27	C
Aliviadero de emergencia	Tipo	Canal Abierto	A/B
Lluvia para el evento de diseño permanente	mm	100 (1/2 PMP)	A/B
Borde Libre, mínimo	m	1,5	B
Protección de taludes Aguas arriba/aguas abajo	Tipo	GCL y Geomembrana / riprap	A/B
Revestimiento del reservorio	Tipo	Geocompuesto de drenaje, GCL y Geomembrana	AB
Periodo de retorno sismo de Diseño	años	1 000	A
Evento sísmico de diseño	g	(1)0,35	B
Coefficiente sísmico		(2)0,17	B
Zona Sísmica, según RNC		(3)3	B
Estabilidad estática en el dique,	F.S.	1,5	B
Poza de Sedimentación – Vaso			
Estabilidad estática en el vaso,	F.S.	1,4	A/B
Estabilidad pseudo-estática, mínimo en la Poza de Sedimentación	F.S.	1,0	B
Sistema de subdrenaje	Sí/No	Sí	B
Sistema de bombeo de subdrenaje	Sí/No	Sí	B
Entrega de aguas subsuperficiales		Hacia la poza de sedimentación	A

Fuente: Ausenco, 2013.

Notas:

1. El valor PGA indicado está asociado a un período de retorno mayor (que el recomendado por el CDA para una estructura de riego “significante” (Tr = 1 000 años).
2. Ningún daño significativo deberá producirse en el dique de sedimentación debido a la ocurrencia de un terremoto severo.

3. Zona de alta sismicidad según el RNC, en tal sentido, se ha realizado la revisión del reporte de peligro sísmico.

4.1.2. Sismicidad

La evaluación del peligro sísmico por el método determinístico (DSHA, por sus siglas en inglés) para estimar valores medios (P.50) de aceleraciones horizontales máximas en el terreno (PGA, por sus siglas en inglés). Asimismo, estimaron también valores probabilísticos de PGA a partir de estudios regionales para la evaluación de peligro sísmico probabilístico (PSHA, por sus siglas en inglés) publicados para el Perú. Los valores de PGA determinísticos fueron estimados para condiciones de sitio que correspondan a un perfil estratigráfico tipo roca y en base al Máximo Sismo Creíble (MCE, por sus siglas en inglés) que cada fuente sismogénica potencial pueda generar. Estas fuentes sismogénicas potenciales correspondieron a fallas activas dentro de la corteza de la placa Sudamericana y a estructuras asociadas con la subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana. Los valores de PGA, generados por el MCE de cada fuente sismogénica, fueron estimados a partir de funciones de atenuación del movimiento del terreno (leyes de atenuación), los cuales a su vez fueron desarrollados de análisis estadísticos de movimientos sísmicos del terreno registrados instrumentalmente. Los resultados del estudio de DSHA indican que los valores medios de PGA estimados en roca, para la mina Alto Chicama, oscilan entre 0,03g y 0,21g, siendo este último el mayor valor esperado de la ocurrencia de un sismo de magnitud momento $M_w = 8,0$ dentro de la parte superficial de la placa de Nazca ubicado aproximadamente a 100 km debajo de la mina Alto Chicama. Estos valores corresponden también a un perfil estratigráfico tipo roca y están

asociados a un movimiento sísmico del terreno con 10% de probabilidad de excedencia y un período de vida útil de 50 años, que es equivalente a un movimiento sísmico del terreno con un período de retorno de 475 años. Los valores probabilísticos de PGA estimados en roca, oscilan entre 0,20g y 0,36g. se recomendó utilizar un enfoque conservador para diseños y análisis sísmico debido a incertidumbres remanentes relacionadas con la localización, actividad y magnitud sísmica de las fuentes sismogénicas. Finalmente se recomendó utilizar un valor probabilístico de 0,35g asociado a un movimiento sísmico del terreno con un período de retorno de 475 años, para diseños y análisis sísmicos y donde se requieran valores de PGA generados por el MCE determinístico.

4.1.3. Condiciones de Sitio

Las condiciones de sitio de un lugar determinado deben ser evaluadas en base al perfil de suelo presente en profundidad, el cual puede ser investigado según el tipo de material que se disponga en campo, mediante ensayos de resistencia a la penetración estándar (SPT), ensayos para medir la resistencia no drenada del suelo in-situ y/o ensayos geofísicos que permitan determinar las velocidades de ondas de corte. La clasificación de sitio, para un lugar en particular, está directamente asociada a las propiedades dinámicas de los materiales que conforman un espesor representativo del perfil de suelo y no sólo a espesores de estratos superficiales. Las propiedades dinámicas de los suelos pueden ser determinadas a partir de mediciones de velocidades de ondas de corte en el área de estudio y estas a su vez pueden ser asociadas a la rigidez y a la resistencia del perfil de suelo investigado.

La clasificación de los perfiles de suelos en 6 tipos (ver tabla 3), en función a la velocidad promedio de las ondas de corte de un estrato representativo de 30 m de profundidad.

Tabla 3. Clasificación del Sitio (IBC, 2009).

Clase del Sitio	Nombre Perfil de Suelo	Propiedades Promedio en los Primeros 30 m		
		Velocidad de Ondas de Corte, Vs30 (m/s)	Resistencia a La Penetración Estándar, N	Resistencia Cortante no Drenada del Suelo, Su (kPa)
A	Roca Dura	$V_s > 1\ 500$	N/A	N/A
B	Roca	$760 < V_s < 1\ 500$	N/A	N/A
C	Suelo muy denso o roca blanda	$365 < V_s < 750$	$N > 50$	Su 96
D	Perfil de suelo rígido	180 vs 365	15 N 50	48 su 96
E	Perfil de suelo blando	$V_s < 180$	N 15	Su < 48
E	-	Cualquier perfil con más de 3 m de suelo con las siguientes características: Índice de Plasticidad $IP > 20$; Contenido de humedad $w > 40\%$; y Resistencia cortante no drenada $Su < 24\ kPa$		
F	-	Cualquier perfil conteniendo suelos con una o más de las siguientes características: Suelos vulnerables a falla potencial o colapso bajo cargas sísmicas tal como suelos licuables, arcillas sensibles, suelos colapsables débilmente cementados; Turbas y/o arcillas altamente orgánicas ($H > 3\ m$ de turba y/o arcilla altamente orgánica, donde H = espesor del suelo); Arcillas de muy alta plasticidad ($H > 7,5\ m$ con un índice		

Fuente: Ausenco, 2013.

Se señala que el Vs30 es un parámetro que permite predecir el potencial de amplificación del perfil de suelo ante un movimiento sísmico determinado. Debe entenderse que la determinación de los valores de aceleración máxima

en el terreno (PGA) a partir de estudios de peligro sísmico, no sólo está vinculada a una adecuada evaluación de las condiciones de sitio de la zona del proyecto, sino también a la confiabilidad que presenten las funciones de atenuación elaboradas en base a regresiones estadísticas de registros sísmicos instrumentales obtenidos en determinadas condiciones de sitio. De acuerdo a los trabajos de aseguramiento del control de calidad (CQA, por sus siglas en inglés), el Dique de Sedimentación en particular está emplazado directamente sobre basamento rocoso. Asimismo, según investigaciones de campo mediante perforaciones diamantinas realizadas en zonas cercanas al Dique y que alcanzaron profundidades máximas entre 30,0 y 35,0 m, el basamento rocoso está conformado por Andesitas (con un grado de resistencia de roca intacta entre R1 y R3; Brown, 1981) y en su mayoría por Tobas Líticas (con un grado de resistencia de roca intacta de R3; Brown, 1981). Asimismo, los valores calculados de RMR básico y ajustado indican que la descripción del tipo de macizo rocoso es de mala a regular de acuerdo con la Clasificación Geomecánica RMR propuesta por Bieniawski (1989). Para el caso específico de la zona donde se emplaza la Poza de Sedimentación y el Canal de Derivación, de acuerdo a las investigaciones de campo realizadas, el basamento rocoso se encontraría a una profundidad aproximada de 5,0 m (pudiendo ser encontrada superficialmente en algunos casos, por ejemplo, a 1,50 m en el fondo de la quebrada durante el proceso constructivo del Dique) y presenta características similares a las señaladas anteriormente. Finalmente, en base al perfil de suelo evaluado, se presume que la clasificación de sitio para las instalaciones de la zona de la mina Alto Chicama correspondería al

de una roca que podría alcanzar velocidades de ondas de corte superior a $V_s = 750$ m/s (Tipo B).

4.1.4. Aceleración de Diseño

De acuerdo a la curva de peligro sísmico, los valores de PGA probabilísticos para períodos de retorno de 475 años y 1 000 años corresponden a 0,21g y 0,26g. La clasificación de presas por nivel de pérdidas para el caso particular del Dique de Sedimentos corresponde a un riesgo de clase “significante” que está asociado a un sismo de diseño con un período de retorno de 1 000 años. De este modo, el valor de PGA del sismo de diseño de 1 000 años para el Dique de Sedimentos correspondería a 0,26g se recomienda utilizar en la zona del proyecto una aceleración PGA (roca) = 0,41g para el sismo de diseño de estructuras de presas que puedan estar asociadas a un mayor riesgo de nivel de pérdidas (riesgo “muy alto” asociado a un sismo de diseño con un período de retorno de 5 000 años según CDA, 2007). El sismo de diseño de PGA (roca) = 0,41g para este caso corresponde al movimiento sísmico del terreno generado por el Máximo Sismo Creíble (MCE) de magnitud momento $M_w = 8,0$ dentro de la parte superficial de la placa de Nazca ubicado aproximadamente a 100 km debajo de la mina Alto Chicama.

Tabla 4. Estimados de PGA a partir de Estudios de Peligro Sísmico Probabilísticos.

Estudios Regionales y Específico de Sitio	PGA (roca) - Periodo de Retorno de 475 años (g)	PGA (roca) - Periodo de Retorno de 1 000 años (g)
Castillo y Alva (1993) 1	0,32 – 0,34	-
GSHAP (1999) 1	0,32 – 0,36	-
Para el estudio	0,35	-

Fuente: Ausenco, 2013.

4.1.5. Coeficiente Sísmico

De acuerdo con la literatura técnica existente y ampliamente aceptada internacionalmente, se recomienda que el coeficiente sísmico a ser considerado en los análisis para la condición pseudo - estática del diseño de estabilidad de taludes, sea obtenido como una fracción que varía entre 1/3 a 1/2 de la máxima aceleración esperada. Esta recomendación es consistente con las recomendaciones del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos (U.S. Army Corps of Engineers, Hynes y Franklin, 1984), quienes sugieren el uso de un coeficiente sísmico pseudo-estático igual o cercano al 50% de la aceleración pico de diseño.

La recomendación del Cuerpo de Ingenieros está basada en la aplicación del método de Newmark para calcular desplazamientos permanentes en presas de tierra utilizando más de 350 registros sísmicos, concluyéndose que estas estructuras analizadas con el método pseudo-estático con factores de seguridad mayores que 1,0 y utilizando un coeficiente sísmico horizontal cercano a 0,5 PGA, no desarrollan deformaciones mayores a 1 m, el cual es un valor arbitrario que puede ser tolerado por presas de tierra, sin representar una amenaza a la integridad del reservorio.

Considerando las aceleraciones de diseño definidas en el acápite anterior, se recomienda utilizar en los análisis pseudo-estáticos de estabilidad de taludes de todas las instalaciones del proyecto un coeficiente sísmico lateral de $\alpha = 0,17$, el cual es aproximadamente igual al 50% de la máxima aceleración esperada en la zona del proyecto que podría generar el sismo de diseño.

4.2. Marco Geológico

Geográficamente la Poza de Sedimentación se ubica en el curso medio de la quebrada Laguna Negra, a una cota promedio de 3 925 m.s.n.m. Morfológicamente forma parte de un extenso valle glaciar. En la zona de estudio las rocas más antiguas están representadas por los volcánicos Calipuy del Cenozoico conformado por tobas líticas, tobas ceniza, brechas y aglomerados el color va del gris verduzco a marrón rojizo, en general bastante compactos, poco fracturados y meteorizados, en bancos gruesos a lenticulares, que se intercalan hacia la base con derrames de lavas andesíticas y dacíticas, gris verduzcas a plumizas, de textura porfirítica; cubiertas en su mayor extensión por depósitos morrénicos, aluviales y coluviales. De acuerdo al mapeo geológico-geotécnico, y el análisis de imágenes fotográficas (Ortofotos), del área de interés, se han delineado tres sistemas principales de fracturamiento, que afectan principalmente a las volcánicas Calipuy, los cuales constituyen los rasgos estructurales más saltantes en el área de estudio. Estas estructuras presentan rumbo predominante al N-S, E-O y NO-SE; con inclinaciones de 70° a 90° al E, 65° a 85° al S, y. 65° a 80° al NE, respectivamente.

4.3. Investigación Geotécnica de Campo

4.3.1. Generalidades

El estudio se desarrolló en esa fecha, mediante un programa de investigaciones de campo y laboratorio de la evaluación de la información post y durante la construcción del Dique de Sedimentación y ensayos de laboratorio para los materiales en taludes.

4.3.2. Mapeo Geológico - Geotécnico

El mapeo geológico - geotécnico se realizó en el área de estudio, actualizando la información existente con la ubicación del basamento rocoso

en el fondo de la quebrada, identificación de una mayor área de materiales aluviales. Asimismo, se incluyó aspectos de geodinámica externa.

4.3.3. Ensayos de Laboratorio

La información de ensayos de laboratorio, también han sido obtenidos del informe de Ingeniería de Detalle Poza de Sedimentación, los ensayos de caracterizaciones físicas y mecánicas y los ensayos de calidad de agregados de las muestras del Acopio fueron obtenidos por un laboratorio externo. Los procedimientos recomendados seguidos fueron la American Society for Testing and Materials (ASTM).

4.3.4. Ensayos Índice en Mecánica de Suelos

Se llevaron a cabo ensayos estándar de laboratorio con fines de identificación y clasificación según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). Las propiedades índices de los suelos ensayados se resumen en la Tabla 5.

Tabla 5. Las propiedades índices de los suelos ensayados.

Área	Muestra	Prof. (m)	Clasif. Sucs	D. Granulométrica			Límites de Atterberg		
				Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)	LL	IP	W (%)
Dique de Sedimentación	C - 01	3,00	GC	40,4	33,9	25,7	38	15	14,9
	M-01								
	C - 01	> 3,00	GC	34,0	32,9	33,2	32	16	11,5
	M-02								
Acopio de	M-1	---	GP	79,3	16,3	4,3	N. P	N. P	N. P

Fuente: Ausenco, 2013.

Abreviaturas:

✚ SUCS: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

✚ LL: Límite Líquido

✚ IP: Índice Plástico

✚ w: Contenido de Humedad

4.3.5. Ensayo de Compresión Triaxial Consolidado No Drenado

Se efectuaron 02 ensayos, para determinar la resistencia de materiales remoldeados en las muestras de material del talud en vaso, mediante el procedimiento ASTM D4767. Los resultados se presentan en la Tabla 6.

Tabla 6. Resumen de Ensayos de Conductividad Hidráulica

Área	Muestra	Prof. (m)	SUCS	Parámetros			
				d (kN/m ³)	w _o (%)	(°)	C (kN/m ²)
Dique de Sedimentación	C – 01 M-01	3,00	GC	19,10	8,8	34,4	0
Acopio de materiales	C – 01 M-02	> 3,00	GC	15,38	9,9	27,7	9

Fuente: Ausenco, 2013.

Abreviaturas:

✚ d: Densidad Seca inicial

✚ w_o: Contenido de Humedad Inicial

✚ (°): Ángulo de fricción efectiva.

✚ C: Cohesión efectiva.

4.3.6. Ensayo de Carga Puntual

Se efectuaron ensayos de carga puntual bajo la norma ASTM D-5731, en muestras procedentes de las canteras de enrocado mostrados los valores se presenta en la Tabla 7. Las muestras fueron ensayadas bajo condiciones de saturación superficial de una semana y en condiciones normales (sin saturación)

Tabla 7. Resumen de Ensayos de Conductividad Hidráulica

Muestra	Condición	Is (50) (MPa)	c (MPa)	ISRM
M-01	Saturado	2,33	56	R4
	Sin Saturar	2,65	64	R4
M-02	Saturado	2,63	63	R4
	Sin Saturar	2,83	68	R4
M-03	Saturado	3,40	82	R4
	Sin Saturar	3,10	74	R4
M-04	Saturado	7,95	191	R5
	Sin Saturar	6,27	151	R5

Fuente: Ausenco, 2013.

Abreviaturas:

✚ Is (50): Índice de carga puntual corregido.

✚ c: Resistencia a la Compresión no confinada Uniaxial.

✚ ISRM: International Society for Rock Mechanics.

4.3.7. Ensayo de Abrasión

Se efectuaron ensayos de abrasión en muestras de tamaño máximo 3", a través de la máquina de los ángeles, mediante el procedimiento de NTP 400.020, ASTM C535.

4.3.8. Ensayo de Durabilidad

Se efectuaron ensayos, durabilidad mediante una solución de sulfato de magnesio, mediante el procedimiento de NTP 400.016, ASTM C88.

4.3.9. Ensayo ABA

El ensayo de balance ácido-base (ABA) incluye básicamente resultados del potencial de generación de acidez (PA) basado en el contenido de sulfuros, resultados del potencial de neutralización (PN) y el pH de pasta de un material, que son considerados ensayos estáticos porque reflejan los

contenidos totales de estos materiales en el momento del ensayo, sin embargo, debido a los mecanismo complejos desarrollados a partir de la oxidación de sulfuros en materiales minerales, estos resultados no nos permitirían conocer la cinética de la reacción de oxidación de los sulfuros y la posible consecuente liberación de ciertos elementos como los metales pesados que podrían encontrarse presentes en la estructura de éstos.

4.3.10. Caracterización Geotécnica de la Cimentación

De acuerdo a la información recopilada de ensayos de campo y laboratorio, así como la información de campo y laboratorio.

4.3.11. Unidades Geotécnicas

Las unidades geotécnicas principales definidas durante el mapeo superficial son: Bofedales (Unidad Geotécnica I), Depósito Aluvial (Unidad Geotécnica II), Depósitos Coluviales (Unidad Geotécnica III) Depósitos Morrénicos (Unidad Geotécnica IV) y Basamento Rocoso (Unidad Geotécnica IV).

4.3.12. Bofedales - Unidad Geotécnica I

Esta unidad se encuentra constituida por suelos orgánicos cuya formación es natural. Los suelos se encuentran en condición muy húmeda a saturada (suelos hidromórficos) y se ubican principalmente en las áreas circundantes a cursos de aguas pluviales existentes sobre todo en áreas de baja pendiente que no permiten un drenaje superficial adecuado. Esta unidad dada sus características de matriz fina y saturada, es inadecuada para propósitos de cimentación, por lo que durante la construcción deberán ser removidas en su totalidad.

4.3.13. Depósitos Aluviales - Unidad Geotécnica II

Los depósitos aluviales están conformados principalmente por material transportado y acumulado por acción de escorrentías superficiales, principalmente por aguas de la quebrada Laguna Negra. Están formados principalmente por grava mal gradada con arena en estado suelto y con presencia de bolonería de formas sub-redondeadas.

4.3.14. Depósito Coluvial - Unidad Geotécnica III

Los depósitos coluviales están conformados principalmente por material fragmentado transportado y acumulado por acción de la gravedad, se ubica en los taludes de los cerros, son heterogéneos tanto en la forma como en el tamaño. Estos suelos están conformados principalmente por arena limosa con arcilla “SM-SC”, arena pobremente gradada con arcilla y grava “SP-SC”, arcilla limosa con grava “CL-ML”, grava arcillosa con arena “GC”, arcilla limo arenosa con grava “CL-ML” y grava pobremente gradada con limo y arena “GP-GM”. Las gravas son de forma angulosa a sub-angulosa, su plasticidad varía de baja a media y su consistencia para los suelos finos va de blanda a firme, mientras que para los suelos gruesos espesor y no son adecuados para cimentación. Estos suelos se encuentran presentes en la zona Sureste de la poza de Sedimentación.

4.3.15. Depósitos Murrénicos - Unidad Geotécnica IV

Estos depósitos son de naturaleza glaciár, heterogéneos en cuanto a forma y tamaño de los fragmentos, las aristas son sub-redondeadas a sub-angulosas por el poco transporte que han sufrido. Estos suelos se presentan en ambas

márgenes de la quebrada Laguna Negra y presentan una potencia aproximada de 20 m.

4.3.16. Basamento Rocoso - Unidad Geotécnica V

Durante la investigación geotécnica se determinó la presencia del basamento rocoso a través del mapeo de los afloramientos presentes y perforaciones realizadas. En la base del Dique existente, se encontró el basamento rocoso a 1,50 m durante el proceso constructivo. El basamento rocoso está conformado por rocas volcánicas denominadas toba lítica, toba ceniza, lodolita tobacea, andesita y riolita, éstas últimas encontradas en menor proporción. Las tobas con durezas menores a R2.0 presentan grado de fracturamiento A y B que indica una roca muy fracturada. Las tobas cuya dureza va de R2.0 a R4.0 se encuentran poco fracturadas y ligeramente meteorizadas. En lo que respecta a las rocas andesíticas, éstas se encuentran más sanas presentando grado de fracturamiento D y E y dureza que en promedio es R3.0. La roca en general es adecuada como material de fundación.

4.3.17. Nivel de Agua

El nivel actual se encuentra gobernado por las infiltraciones desde la quebrada, de sus taludes, y filtraciones productos de lluvias o filtraciones de canales o cuentas no revestidas.

4.3.18. Nivel de Cimentación

El sistema de revestimiento se apoyará superficialmente sobre el nivel de nivelación, que está conformado por los suelos de los taludes de vaso, en la parte de fondo se apoyará sobre el material de enrocado de estabilización y

superficialmente sobre el relleno de nivelación y los taludes del vaso (morrena).

4.3.19. Descripción de Canteras

Se tomaron muestras representativas de afloramientos rocosos para realizar los ensayos respectivos a fin determinar la calidad de los materiales de las canteras de roca identificadas.

4.4. Diseño Geotécnico

4.4.1. Objetivo

El diseño geotécnico está orientado a la evaluación de la estabilidad física y análisis de infiltración del dique de sedimentación y de los taludes del vaso. El diseño de ingeniería lo constituye un sistema de colección de sub drenaje, sistema de impermeabilización y estabilización de taludes a través de perfilado, cortes, rellenos y sistema de drenes sub-horizontales utilizado para deprimir la superficie piezométrica existente contribuyendo a incrementar el factor de seguridad acorde a los criterios de diseño.

4.4.2. Fases de Construcción

✚ **Fase 1:** Constituye la ejecución de un sistema de subdrenaje para la conducción de infiltraciones permanentes del talud izquierdo hacia el sistema de colección constituido por tuberías, grava de drenaje, enrocado de protección, plinton al pie del talud del dique de sedimentación en el talud aguas arriba, bombeado posteriormente por el sistema de recuperación, además de obras complementarias (canales, aliviadero). El sistema de revestimiento es colocado en paralelo con respecto a los otros trabajos.

✚ **Fase 2:** En esta fase se procederá al perfilado y corte de taludes en el vaso. Posteriormente se colocarán los sistemas de drenes sub-horizontales este sistema verterá sus aguas al sistema de subdrenaje para la Fase 2.

4.4.3. Análisis de infiltración

El objetivo del análisis de infiltración en régimen estacionario, es estimar el nivel piezométrico al interior de las estructuras proyectadas. El análisis de infiltración fue realizado utilizando el módulo de infiltración del programa SLIDE v6.0, el cual realiza el análisis numérico por el Método de Elementos Finitos (MEF), considerando la geometría y condiciones de diseño. Los resultados obtenidos han permitido realizar el análisis de estabilidad física de taludes en la condición estática y pseudo-estática. El análisis es llevado a cabo en un régimen estacionario, en un plano bidimensional, las condiciones de contorno son establecidas de acuerdo a los niveles piezométricos encontrados en las perforaciones y extrapolados a las secciones analizadas.

4.4.4. Condiciones Analizadas

Se ha tomado en cuenta las siguientes condiciones para el análisis: el caso crítico en esta sección corresponde a un nivel máximo de 0,5 m sobre la tubería de HDPE de colección, por otro lado, la geomembrana y el plinton de concreto en el pie del talud aguas arriba del dique de sedimentos, restringe el flujo en el sector de colección. La segunda condición de contorno es la cota más baja de la geometría de la sección que coincide con el nivel de salida en la quebrada; y donde la condición de contorno es considerada como una carga total.

4.4.5. Análisis de Estabilidad de Taludes

Para el análisis de la estabilidad física de los taludes se utilizó el software de cómputo SLIDE versión 7.0. El factor de seguridad se determina considerando un plano bidimensional usando la técnica de equilibrio límite, aproximando el problema a un estado de deformación plana. El programa tiene la opción de utilizar diferentes métodos de análisis para el cálculo del factor de seguridad de manera simultánea; para el presente análisis se ha utilizado el Método Riguroso de Morgenstern-Price empleando dovelas para el cálculo de superficies de falla. La superficie de falla crítica es definida como aquella que proporciona el menor factor de seguridad y se determina en forma interactiva modificando las condiciones de búsqueda de la misma. Para los presentes análisis se evaluaron superficies de falla circular.

4.4.6. Cuerpo del Dique existente

Los parámetros considerados son los parámetros drenados de 5 kPa de cohesión y 35° de ángulo de fricción (condiciones a largo plazo). La permeabilidad, considerada será de $5,0 \times 10^{-6}$ m/s para diseño en la dirección vertical, dada las condiciones de compactación.

4.4.7. Análisis de Infiltraciones

Los análisis de infiltración realizados proporcionan la información de la línea piezométrica correspondiente a la presión de poros cero (nivel freático), también se ha estimado el caudal por metro lineal, el flujo, principalmente es conducido por el cauce natural de la quebrada existente que formará parte del embalse del dique de sedimentación, que es alimentado por el flujo permanente de los puntos de agua y principalmente al régimen estacionario

natural. Existen condiciones de variabilidad espacial de los materiales, por lo tanto, también variabilidad de permeabilidad, que en sectores puntuales contribuye a aparecer puntos u ojos de agua, los cuales son captados y llevados al sistema de sub drenaje.

4.4.8. Análisis de Estabilidad

Los análisis de estabilidad realizados en las secciones, establecen que los factores de seguridad son concordantes a los criterios de diseño asumidos, se ha considerado un relleno de enrocado que otorga un contrapeso y estabiliza el talud del vaso en el lado derecho.

Tabla 8. Resultados de los Análisis de Estabilidad

Sector	Condición	Factor de Seguridad	
		Estático	Pseudo- Estático
Dique de Sedimentación (Vaso Vacío)	Talud	2,39	1,45
Dique de Sedimentación (Vaso Lleno)	Talud	2,37	1,57

Fuente: Elaboración propia.

4.4.9. Diseño Civil e Hidráulico

Durante la nivelación de la fase 1, se comenzará los trabajos de remoción de material existente, la sobre-excavación de los estribos del dique y la excavación de material suelto hasta el contacto con la roca.

4.5. Discusión de resultados

Del análisis de estabilidad estática y Pseudo estáticos en condiciones de vacío y lleno se demuestra que la presa tuene condiciones de estabilidad estables.

4.6. Aportes del tesista

Se contribuyó en apoyar en el diseño del dique de sedimentación, lo cual contribuyo en mi formación como ingeniero de campo.

CONCLUSIONES.

1. Se realizó el diseño del dique de sedimentación para minimizar el riesgo de movimientos de taludes – 2021, concluyendo que la cimentación de las estructuras corresponde al basamento rocoso en el fondo del vaso para el sistema de colección, en relleno y talud natural para el enrocado de estabilización, así como el sistema de impermeabilización y para el análisis de estabilidad de taludes en condiciones pseudo-estáticas se utilizó el 50% del PGA sugerido por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos, obteniéndose un coeficiente sísmico de 0,17, resultado del PGA de 0,35g en la roca basal (estudios específicos de sitio), relacionado a este coeficiente sísmico, corresponde un período de retorno mayor al criterio de diseño, el cual está asociado a un riesgo “significante” ($T_r = 1\ 000$ años) según el CDA (Canadian Dam Association), determinándose 04 zonas evaluadas para materiales de enrocado para protección y estabilización, en el sector 01 corresponde a tobas, el sector 02 a dacitas, y el sector 03 y 04 corresponde a cuarcitas; y son tomados en cuenta para los criterios de diseño de un dique de sedimentación.
2. Se realizó las investigaciones geotécnicas en el área de estudio, se clasifica el sitio como Tipo B, donde podría alcanzar velocidades de onda de corte superiores a 750 m/s, según el IBC 2009, así mismo se realizó el diseño geotécnico y de las muestras de material de enrocado para la evaluación de cada cantera, fueron sometidas a ensayos de carga puntual, abrasión, durabilidad y ABA. Dichas muestras cumplen con los requisitos de calidad de agregados, las muestras no generan drenaje ácido (en ensayos estáticos).
3. Las muestras de material de enrocado para la evaluación de cada cantera, fueron sometidas a ensayos de carga puntual, abrasión, durabilidad y ABA. Dichas muestras

cumplen con los requisitos de calidad de agregados, las muestras no generan drenaje ácido (en ensayos estáticos)., siendo los materiales del relleno controlado de tamaño máximo es 8” y el sistema de geomembrana/GCL/geocompuesto permitirá la impermeabilización del vaso, confinando los líquidos vertidos y la colección de sedimentos en el fondo del embalse, la colección de las infiltraciones en los taludes y del lecho de la quebrada son conducidas por el sistema de subdrenaje hasta el sistema de colección para luego ser conducido por bombas hacia la poza. Y el sistema de drenes subhorizontales en el lado izquierdo del vaso, también verterá sus aguas al sistema de subdrenaje principal. Dichos drenes deprimen el nivel de aguas del talud, elevando el factor de seguridad global del talud. Inmediatamente terminado este sistema, se deberá colocar la instrumentación propuesta que acompañará la construcción restante y la operación posterior de la poza.

4. La nivelación propuesta permite aumentar la capacidad del embalse, no obstante, reduce el área hidráulica sub superficial en el fondo del vaso, debido a los cortes realizados, esta reducción es subsanada con material de grava de drenaje más permeable que el material aluvial existente, además de existir un área hidráulica de contingencia de un material de protección de enrocado. Siendo los resultados de los análisis de estabilidad para la Fase 2 en los taludes al interior del vaso son concordante a los criterios de diseño establecidos, la potencial superficie de ruptura no afecta el canal de derivación existente.

RECOMENDACIONES

1. Para los materiales del acopio y el material de enrocado, se recomienda efectuar ensayos rutinarios de calidad de agregados, a fin de obtener un conjunto de información donde interviene la variabilidad del proceso de obtención de los materiales.
2. Se recomienda inspeccionar el sector identificado como Farrat, dado que la roca masiva, según las cartas geológicas regionales, corresponde a cuarcitas y limonitas.
3. Se recomienda colocar 01 piezómetro hidráulico de 2" de diámetro, 02 piezómetros de cuerda vibrante, 01 inclinómetros en el dique principal. 04 piezómetros hidráulicos duplos de 1½" y 03 inclinómetros en el lado izquierdo del vaso. Se deberá colocar hitos de control topográfico (prismas) de acuerdo a los planos. Se deberá cortar el talud del sector izquierdo del vaso a 1,5H:1,0V, el talud derecho se perfilará para un talud mínimo de 1,2H:1,0V, según los planos del Anexo J. Durante los trabajos de corte y perfilado no se deberá dejar aristas o superficies irregulares o sueltas; y Se empleará bombas y pozas temporales para la colección de agua que discurre por la quebrada, además de considerar un sistema de bombeo para el caso de lluvias extraordinarias que inunden áreas de excavación

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Ausenco. (2013). *Definiciones de terminos.*

Cairo, J. . (2013). *Evaluación geotécnica del depósito de relaves de la planta concentradora de Huari- La Oroya.* (Tesis de grado). Universidad Nacional del Centro del Perú Escuela de Postgrado. Unidad de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de Minas. Huancayo, Perú.

Dos Ramos, C. D. y Ortega De Lima. A. . (2016). *Compendio de los criterios de diseño de las presas de retención de sedimentos propuestas en Vargas por los hechos de diciembre de 1999.* (Tesis de pregrado). Universidad Católica Andrés Bello. Facultad De Ingeniería. Escuela de Ingeniería Civil. Caracas, Venezuela.

Hernández, S. R, Fernández, C. C. y Baptista, L.P. (1997). *Metodología de la investigación.* Impreso en Colombia.

<https://es.slideshare.net/caesaccupe/>. (s.f.). *Movimiento de masas y estabilidad de taludes naturales.*

Huamán, J. . (2019). *Mejoramiento del proceso constructivo para corte de taludes en tajo abierto, mina Rosarina, Yauli – Junín.* . (Tesis De Pregrado). Universidad Ricardo Palma. Facultad de Ingeniería. Escuela Profesional de Ingeniería Civil. Lima, Perú.

Rodríguez, C. . (2014). *Análisis tipológico-estructural de diques de consolidación-estabilización en el ámbito forestal.* (Tesis de grado). Universidad de Huelva. Departamento de Ingeniería de Diseño y Proyectos. Huelva, España.

Saldaña del Rio, L. (2017). *Diseño de un dique de escollera para protección de la vía Costa Verde tramo Callao.* (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú Facultad de Ciencias E Ingeniería. Lima, Perú.

ANEXOS



ANEXO N° 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA
DISEÑO DE UN DIQUE DE SEDIMENTACIÓN PARA MINIMIZAR EL RIESGO DE MOVIMIENTOS DE TALUDES - 2021

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	METODOLOGIA	POBLACION Y MUESTRA
<p>PROBLEMA GENERAL</p> <p>¿El diseño de un dique de sedimentación minimizara el riesgo de movimientos de taludes - 2021?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>Diseñar un dique de sedimentación para minimizar el riesgo de movimientos de taludes – 2021.</p>	<p>HIPOTESIS GENERAL</p> <p>El diseño de un dique de sedimentación minimiza el riesgo de movimientos de taludes – 2021.</p>	<p>TIPO</p> <p>El tipo de investigación es Aplicada.</p> <p>NIVEL</p> <p>El nivel de investigación es Descriptivo.</p> <p>MÉTODO</p> <p>El método de investigación es una investigación científica.</p> <p>DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.</p> <p>En este caso el Método es Específico Descriptivo Simple</p>	<p>POBLACIÓN</p> <p>La población o universo de investigación está conformado por todos los diseños de un dique de sedimentación.</p> <p>MUESTRA</p> <p>Estará compuesta por el diseño de un dique ubicado en Lagunas Norte.</p>
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS		
<p>✚ ¿Los criterios de diseño de un dique de sedimentación minimizara el riesgo de movimientos de taludes?</p>	<p>✚ Determinar los criterios de diseño de un dique de sedimentación para minimizar el riesgo de movimientos de taludes.</p>	<p>✚ Los criterios de diseño de un dique de sedimentación minimizan el riesgo de movimientos de taludes.</p>		
<p>✚ ¿Las investigaciones geotécnicas incidirán en el riesgo de movimientos de taludes?</p>	<p>✚ Evaluar las investigaciones geotécnicas que inciden en el riesgo de movimientos de taludes.</p>	<p>✚ Las investigaciones geotécnicas inciden en el riesgo de movimientos de taludes.</p>		
<p>✚ ¿El diseño geotécnico de un dique de sedimentación influirá en el riesgo de movimientos de taludes?</p>	<p>✚ Evaluar el diseño geotécnico de un dique de sedimentación que influye el riesgo de movimientos de taludes – 2021.</p>	<p>✚ El diseño geotécnico de un dique de sedimentación influye en el riesgo de movimientos de taludes.</p>		

Fuente: Elaboración propia.



ANEXO N° 02: PLANO DE LA ZONA DE REVESTIMIENTO DEL DISEÑO DEL DIQUE DE SEDIMENTACIÓN

