

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
ESCUELA DE POSTGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN GEOTECNIA



**APLICACIÓN DE LA CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA EN EL
DISEÑO DE LA PRESA SAMA EN EL DISTRITO DE INCLÁN, TACNA**

TESIS

Presentada por:

Bach. Edwin Hilario Condori Mamani

ORCID: 0009-0007-5182-3903

Asesor:

Dr. Samuel Huaquisto Cáceres

ORCID: 0000-0002-9294-6359

Para obtener el grado académico de:

MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN GEOTECNIA

TACNA – PERÚ

2026

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
ESCUELA DE POSTGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN GEOTECNIA

Tesis

“APLICACIÓN DE LA CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA EN EL DISEÑO
DE LA PRESA SAMA EN EL DISTRITO DE INCLÁN, TACNA”

Presentada por:

Bach. Edwin Hilario Condori Mamani

Tesis sustentada y aprobada el 19 de junio de 2026; ante el siguiente jurado
examinador:

PRESIDENTE: Dr. Pedro Valerio MAQUERA CRUZ

SECRETARIO: Mtro. Alfonso Oswaldo FLORES MELLO

VOCAL: Dr. Dennys Geovanni CALDERÓN PANIAGUA

ASESOR: Dr. Samuel HUAQUISTO CÁCERES

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo EDWIN HILARIO CONDORI MAMANI, en calidad de: Egresado de la Maestría en Ingeniería Civil con mención en Geotecnia de la Escuela de Postgrado de la Universidad Privada de Tacna, identificado con DNI 00504300.

Soy autor de la tesis titulada:

APLICACIÓN DE LA CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA EN EL DISEÑO DE LA PRESA SAMA EN EL DISTRITO DE INCLÁN, TACNA,
con asesor: Dr. Samuel Huaquisto Cáceres.

DECLARO BAJO JURAMENTO

Ser el único autor del texto entregado para obtener el grado académico de MAESTRO, y que tal texto no ha sido entregado ni total ni parcialmente para obtención de un grado académico en ninguna otra universidad o instituto, ni ha sido publicado anteriormente para cualquier otro fin.

Así mismo, declaro no haber trasgredido ninguna norma universitaria con respecto al plagio ni a las leyes establecidas que protegen la propiedad intelectual.

Declaro, que después de la revisión de la tesis con el software Turnitin se declara 01 % de similitud, además que el archivo entregado en formato PDF corresponde exactamente al texto digital que presento junto al mismo.

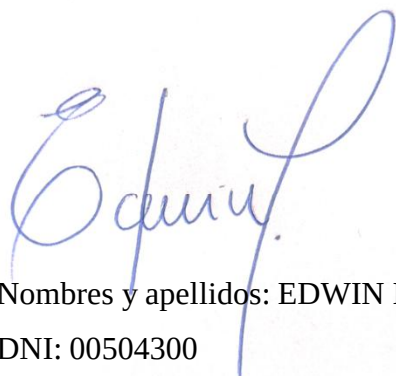
Por último, declaro que para la recopilación de datos se ha solicitado la autorización respectiva a la empresa u organización, evidenciándose que la información presentada es real y soy conocedor (a) de las sanciones penales en caso de infringir las leyes del plagio y de falsa declaración, y que firmo la presente con pleno uso de mis facultades y asumiendo todas las responsabilidades de ella derivada.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a LA UNIVERSIDAD cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del

contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a LA UNIVERSIDAD y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis, libro o invento.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Lugar y fecha: Tacna, 19 de junio del 2026.



Nombres y apellidos: EDWIN HILARIO CONDORI MAMANI

DNI: 00504300

DEDICATORIA

A mi madre Estela por haber creído siempre en mí, que me forjo finalmente como la persona que ahora soy; guiándome siempre con su ejemplo de toda una vida de dedicación y trabajo para brindar educación a sus hijos en busca de un futuro mejor para el logro de nuestra superación. Así mismo, a mi esposa Milagros y mis hijos Sofía y Sebastián quienes son mi impulso y motivación para siempre mejorar como esposo, padre y profesional.

Gracias, mamá por el apoyo incondicional, esposa por el compañerismo y a mis hijos por ser mi motor que me hacen sentir muy afortunado y siempre me inspiran a mejorar.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a la Universidad Privada de Tacna, por haberme permitido formarme en su escuela de post grado, gracias a todas las personas que fueron partícipes de este proceso, ya sea de manera directa o indirecta, gracias a todos ustedes, que fueron los responsables de realizar un aporte a mis conocimientos, que el día de hoy se ve reflejado en la culminación de esta etapa de mi paso por esta universidad. Gracias a mi Esposa Milagros e hijos, que fueron mis mayores impulsores durante este proceso para el logro de mi grado de maestro siendo mi principal apoyo y motivadores para cada día continuar y lograr este objetivo y gracias a Dios, por la bendición de conocer tantas personas que me enseñaron, aconsejaron y dieron oportunidad para consolidar mi formación como persona y profesional, para siempre seguir acumulando buenas experiencias y compartirlas con todos ustedes.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	18
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA	19
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	24
1.2.1 Problema principal	24
1.2.2 Problemas secundarios	24
1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	25
1.4 OBJETIVOS	27
1.4.1 Objetivo general	27
1.4.2 Objetivos específicos	27
CAPÍTULO II: MARCO REFERENCIAL	28
2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	28
□ Propiedades geotécnicas relevantes en el diseño de presas:	37
□ Factores de riesgo geotécnico en el diseño de presas:	38
□ Estudios de campo geotécnicos:	39
□ Ensayos de laboratorio geotécnicos:	39
□ Modelo geotécnico:	40
□ Fallas geotécnicas:	41
□ Análisis sísmico de la presa:	41
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA Y DISEÑO DEL PROYECTO	42
3.1 DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN APLICADA	42
3.1.1 Tipo de investigación	42
3.1.2 Nivel de investigación	42
3.1.3 Justificación del enfoque aplicado	43
3.2 DISEÑO DEL PROYECTO	43
3.2.1 Etapas del proyecto	43
3.2.2 Herramientas y/o software utilizado	44
3.3 EVALUACIÓN TÉCNICA Y FACTIBILIDAD	45
3.3.1 Análisis geotécnico	45

3.3.2	Modelado estructural	45
3.3.3	Simulación de impacto ambiental	46
3.4	PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN	46
3.4.1	Cronograma de actividades	46
3.4.2	Asignación de recursos.....	47
3.4.3	Costos y financiamiento	47
	CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	49
4.1	DESARROLLO DEL PROYECTO Y VALIDACIÓN DEL DISEÑO	49
4.1.1	Ubicación del proyecto.....	49
4.1.2	Caracterización del área de estudio	50
4.1.2.1	Altitud y Geomorfología	50
4.1.2.2	Clima	50
4.1.3	Adquisición y procesamiento de datos	52
4.1.4	Levantamiento topográfico.....	55
4.1.5	Hidrología.....	56
4.1.5.1	Balance Hídrico	56
4.1.5.2	Resultados de modelo de simulación hidrológica de la represa proyectada	59
4.1.6	Caracterización geológica	60
4.1.6.1	Formación Matalaque (Ki-ma): Cretácico Inferior	61
4.1.6.2	Formación Moquegua Inferior (PE-mo_i): Oligoceno Inferior.....	64
4.1.6.3	Formación Moquegua Superior (PN-mo_s): Oligoceno a Mioceno Inferior	65
4.1.6.4	Formación Huaylillas (Nm-hu)	66
4.1.6.5	Depósitos Cuaternarios.....	68
4.1.6.6	Rocas Intrusivas	71
4.1.7	Caracterización Geomorfológica.....	73
4.1.7.1	Cadena de Cerros.....	73
4.1.7.2	Cañón del río Sama	73
4.1.7.3	Quebradas poco profundas (estribaciones).....	73
4.1.7.4	Colinas residuales.....	74

4.1.7.5	Valle del Río Sama	74
4.1.7.6	Desembocaduras de quebrada	74
4.1.8	Caracterización Geoestructural	75
4.1.9	Caracterización geofísica.....	81
4.1.9.1	Cuantificación de resultados	82
4.1.9.2	Interpretación de resultados.....	87
4.1.10	Caracterización Geotécnica de la Presa y sus obras Conexas	88
4.1.10.1	Caracterización geotécnica del eje de plinto.....	89
a.	Perforación del taladro SDY-2 (159.10 metros)	90
b.	Perforación del taladro TS-02 (70.0 metros).....	91
c.	Perforación del taladro TS-03 (70.0 metros).....	93
4.1.10.2	Análisis de las condiciones Geotécnicas	96
4.1.10.3	Caracterización geotécnica del terreno de fundación de la presa	98
a.	Perforación del taladro Y1-B (60.30 metros) - Cauce.....	99
b.	Perforación del taladro TA-01 (150.0 metros) – Estribo Izquierdo	100
c.	Perforación del taladro Y-3 (83.0 metros) – Estribo Izquierdo.....	102
d.	Perforación del taladro Y-2 (63.15 metros) – Estribo Izquierdo.....	103
e.	Perforación del taladro Y-4 (77.70 metros) – Estribo Derecho	104
f.	Perforación del taladro TS-01 (150.0 metros) – Estribo Derecho.....	105
4.1.11	Mecánica de suelos.....	107
4.1.11.1	Ejecución de trabajo de campo para estudio de Canteras	107
4.1.11.2	Ensayos de laboratorio	108
4.1.11.2.1	Resultados de Ensayos físico-mecánicos de Laboratorio de mecánica de suelos.....	109
a)	Granulometría Global.....	109
b)	Límites de Consistencia.....	110
c)	Peso Específico del agregado grueso	111
d)	Humedad Natural	111
e)	Densidad Natural	111
f)	Densidad máxima seca	111
g)	Partículas chatas y alargadas	111
h)	Ensayo Corte Directo	111

i) Densidad Mínima	112
j) Abrasión Los Ángeles	112
k) Durabilidad de agregado	112
l) Equivalente arena	112
m) Resultados de contenido de materia orgánica.....	112
n) Análisis químico de suelos	113
o) Concentración de ion de hidrogeno (pH) en el suelo	113
4.1.11.3 Características técnicas de la cantera río Sama.....	113
4.1.12 Peligro Sísmico.....	115
4.1.12.1 Resultados de la determinación del peligro sísmico.....	117
4.2 ANÁLISIS DE IMPACTO, BENEFICIOS Y COMPARACIÓN CON CASOS SIMILARES.....	119
4.3 LIMITACIONES DEL ESTUDIO Y MEJORAS IDENTIFICADAS....	121
4.4 DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA Y SU IMPLEMENTACIÓN.....	123
4.4.1 Cimentación de la presa	
4.4.2 Geometría de la Presa	
4.4.3 Cuerpo de la Presa	
4.4.4 Plinto	
4.4.5 Modelamiento estructural	
4.4.5.1 Análisis de infiltración a través de la presa	
4.4.5.2 Estabilidad de Taludes Estático y Pseudoestático	
4.4.5.3 Análisis de Respuesta Dinámica	
a. Calculo simplificado de la aceleración máxima en la corona y periodo natural	
b. Análisis de Deformación Permanente	
4.5 EVALUACIÓN DE COSTOS, SOSTENIBILIDAD Y VIABILIDAD A LARGO PLAZO	138
Costos de inversión	138
Viabilidad.....	140
Sostenibilidad.....	140
Mantenimiento	140
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	142
5.1 Conclusiones	142
5.2 Recomendaciones.....	145
REFERENCIAS.....	147

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Cronograma de actividades de ejecución de la investigación.....	46
Tabla 2 Costos a precios reales de la ejecución de la investigación.	48
Tabla 3 Temperaturas máxima, media y mínima del área de estudio	51
Tabla 4 Humedad relativa del área de estudio	51
Tabla 5 Velocidad del viento del área de estudio	51
Tabla 6 Precipitación del área de estudio.....	52
Tabla 7 Coordenadas de los Puntos Geodésicos de orden "C" Zona 19 Sur	55
Tabla 8 Balance Hídrico en Escenario Sin Proyecto	57
Tabla 9 Balance Hídrico en Escenario Con Proyecto	58
Tabla 10 Líneas de Refracción sísmica.....	83
Tabla 11 Descripción de Materiales y Velocidades de Ondas P.....	83
Tabla 12 Tipo de ondas de ensayos MASW y MAM	85
Tabla 13 Descripción de Materiales y Velocidades de Ondas S.....	85
Tabla 14 Ubicación y características de los taladros diamantinos ejecutados	89
Tabla 15 Ensayos de Laboratorio que se realizaron y su normatividad de ejecución	108
Tabla 16 Resultados de Límites de Consistencia de las muestras analizadas, cantera río Sama.....	110
Tabla 17 Resultados de contenido de porcentajes de material orgánica.....	112
Tabla 18 Cuadro resumen de oferta y demanda de materiales de préstamo para la Presa y ataguía.....	114
Tabla 19 Valores de aceleración de los Espectros de Peligro Uniforme para Roca dura (Site Class B)	118
Tabla 20 Valores de aceleración de los Espectros de Peligro Uniforme para Suelo muy denso (Site Class C)	118
Tabla 21 Características de los tipos de presa.....	122
Tabla 22 Datos Técnicos Generales de la Presa Tipo CFRD propuesta	124
Tabla 23 Propiedades físico-mecánicas de los materiales	128
Tabla 24 Factores de seguridad mínimos recomendados por el U.S. Corps of Engineers:.....	132
Tabla 25 Factores de seguridad obtenidos en el talud aguas arriba:	134
Tabla 26 Factores de seguridad obtenidos en el talud aguas abajo:.....	134
Tabla 27 Resultados del Procedimiento Simplificado de Makdisi y Seed (1977)	137
Tabla 28 Deformaciones permanentes calculadas por el método Makdisi y Seed	138
Tabla 29 Detalle general del presupuesto base para la construcción de la presa Sama:.....	139
Tabla 30 Detalle general del presupuesto de operación y mantenimiento de la presa Sama:	141

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Sección típica de la presa CFRD propuesta.....	45
Figura 2 Ubicación del proyecto distrito de Inclán en el sector de Yarascay.	49
Figura 3 Distribución de taladros diamantinos en la Presa y Obras Conexas.....	54
Figura 4 Plano topográfico del proyecto de embalse	56
Figura 5 Balance Hídrico Sin Proyecto de Valle Sama	57
Figura 6 Balance Hídrico Con Proyecto Valle de Sama e Irrigación	59
Figura 7 Modelo de simulación hidrológica para el escenario con proyecto zona de demanda.....	60
Figura 8 Afloramientos de la formación Matalaque	62
Figura 9 Unidades geológicas en el emplazamiento de la presa y obras conexas	63
Figura 10 Afloramiento de areniscas de la formación Moquegua Inferior	65
Figura 11 Vista de Este a Oeste del sinclinal que atraviesa en forma transversal el valle	67
Figura 12 Depósitos cuaternarios de llanura de inundación	70
Figura 13 Desembocaduras de la quebrada Toro Muerto (margen derecho) y la quebrada S/N (margen izquierdo, muy próximos a la zona de dique.	75
Figura 14 Principales estructuras mapeadas en el ámbito Local	77
Figura 15 A la derecha estereograma de planos de fracturamiento y lineamientos del estribo derecho. A la Izquierda estereograma de planos de fracturamiento y lineamientos del estribo izquierdo.	79
Figura 16 Diagrama de rosetas de medición de planos de fractura, lineamientos y fallas.	80
Figura 17 Distribución de esfuerzos Riedel en la zona de Presa con esfuerzo de compresión principal NE – SO, propio de movimiento inverso con componente Sinestral.....	81
Figura 18 Ubicación de las líneas sísmicas realizadas.....	83
Figura 19 Línea de Refracción sísmica RS-01.....	84
Figura 20 Línea de Refracción sísmica RS-02.....	84
Figura 21 Curva de dispersión y perfil longitudinal de la combinación MASW+MAM_11	87

Figura 22 Resultados de % RQD del taladro TS-02	92
Figura 23 Resultados de Permeabilidad K del taladro TS-02	93
Figura 24 Resultados de % RQD del taladro TS-03	94
Figura 25 Resultados de Permeabilidad K del taladro TS-03	95
Figura 26 Caracterización Geotécnica de la cimentación de la presa Sama y eje de Plinto.	98
Figura 27 Caracterización Geotécnica para la cimentación del cuerpo principal de la Presa	106
Figura 28 Curva promedio de granulometría de las muestras de la Cantera Río Sama.....	109
Figura 29 Porcentajes retenidos de clastos y arenas de la Cantera Río Sama....	109
Figura 30 Ubicación de la cantera Río Sama para el proyecto	114
Figura 31 Distribución de las fuentes sismogénicas de subducción de interfase	116
Figura 32 Distribución de las fuentes sismogénicas de subducción de intraplaca	116
Figura 33	116
Figura 34 Sección típica presa CFRD proyectada	125
Figura 35 Diseño de sección típica presa CFRD propuesta.....	128
Figura 36 Modelo FEA para análisis de red de flujo en sección típica de presa Sama - CFRD	130
Figura 37	130
Figura 38 Análisis de red de flujo por carga de presión (Pressure Head) en la presa Sama	130
Figura 39 Fuerzas que actúan sobre una dovela en los métodos de dovelas.	132
Figura 40 Factor de seguridad F.S.= 1.611 en talud aguas arriba al final de la construcción	133
Figura 41 Factor de seguridad F.S.= 1.962 en talud aguas arriba a embalse lleno	133
Figura 42 Factor de seguridad F.S.= 1.065 en talud aguas arriba con sismo (pseudostático).....	134

Figura 43 Factor de seguridad $F.S.= 1.805$ en talud aguas abajo al final de la construcción	135
Figura 44 Factor de seguridad $F.S.= 1.795$ en talud aguas abajo a embalse lleno	135
Figura 45 Factor de seguridad $F.S.= 1.132$ en talud aguas abajo con sismo (pseudostático).....	136

ÍNDICE DE APÉNDICES

- **APENDICE A:** MATRIZ DE CONSISTENCIA
- **APENDICE B:** PLANO DE UBICACIÓN
- **APENDICE C:** PLANO GEOLÓGICO – ESTRUCTURAL DE LA ZONA DE PRESA
- **APENDICE D:** PLANOS PLANTA Y SECCIÓN GEOLÓGICO - GEOTÉCNICOS DE LA ZONA DE PRESA
- **APENDICE E:** PLANOS PLANTA Y SECCIÓN GEOLÓGICO - GEOTÉCNICOS DEL EJE DE PLINTO
- **APENDICE F:** PLANOS GEOLÓGICO Y GEOMORFOLÓGICO DE LA ZONA DE EMBALSE
- **APENDICE G:** PLANO GEOTÉCNICO DE LA CANTERA “RÍO SAMA”
- **APENDICE H:** CUADRO RESUMEN DE RESULTADOS DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
- **APENDICE I:** CUADRO RESUMEN DE RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS Y CAPACIDADES ADMISIBLES EN MACIZOS
- **APENDICE J:** REPORTES DE ANÁLISIS ESTABILIDAD DE TALUDES
- **APENDICE K:** PANEL FOTOGRÁFICO

RESUMEN

La investigación titulada “Aplicación de la caracterización geotécnica en el diseño de la Presa Sama en el distrito de Inclán, Tacna” surge ante la problemática de la limitada información geotécnica detallada para sustentar un diseño seguro y eficiente de la presa proyectada en Distrito de Inclán, zona con condiciones geológicas heterogéneas y alta influencia sísmica propias de la región de Tacna, lo que podría generar riesgos de inestabilidad, filtraciones y asentamientos diferenciales si no se evalúan adecuadamente las propiedades del subsuelo. El objetivo principal fue aplicar una caracterización geotécnica integral que permita optimizar los criterios de diseño y garantizar la estabilidad física e hidráulica de la Presa Sama. La metodología adoptó un enfoque cuantitativo y explicativo, desarrollando investigaciones de campo (calicatas, perforaciones y ensayos in situ), ensayos de laboratorio para determinar parámetros de resistencia, deformabilidad y permeabilidad, y análisis numéricos de estabilidad y filtración para modelar el comportamiento del terreno bajo distintas condiciones de carga. Los resultados permitieron identificar las unidades geotécnicas predominantes, establecer parámetros confiables de diseño y determinar factores de seguridad acordes con la normativa vigente, reduciendo la incertidumbre técnica del proyecto. En conclusión, la investigación demuestra que una adecuada caracterización geotécnica no solo sustenta técnicamente el diseño de la presa, sino que constituye un elemento clave para prevenir fallas, optimizar recursos y asegurar la sostenibilidad y resiliencia de la infraestructura hidráulica en un entorno geodinámicamente complejo.

PALABRAS CLAVES

Estabilidad, geología, macizo rocoso, permeabilidad, presa.

ABSTRACT

The research titled “Application of Geotechnical Characterization in the Design of the Sama Dam in the Inclán District, Tacna” arises from the issue of limited detailed geotechnical information to support a safe and efficient design of the proposed dam in the Inclán District, an area with heterogeneous geological conditions and high seismic influence typical of the Tacna region. Such limitations could generate risks of instability, seepage, and differential settlements if the subsurface properties are not properly evaluated. The main objective was to apply a comprehensive geotechnical characterization that allows for the optimization of design criteria and ensures the physical and hydraulic stability of the Sama Dam. The methodology adopted a quantitative and explanatory approach, involving field investigations (trial pits, boreholes, and in-situ tests), laboratory tests to determine strength, deformability, and permeability parameters, and numerical analyses of stability and seepage to model the behavior of the ground under different loading conditions. The results enabled the identification of predominant geotechnical units, the establishment of reliable design parameters, and the determination of safety factors in accordance with current regulations, thereby reducing the technical uncertainty of the project. In conclusion, the research demonstrates that proper geotechnical characterization not only provides technical support for the dam design but also constitutes a key element for preventing failures, optimizing resources, and ensuring the sustainability and resilience of hydraulic infrastructure in a geodynamically complex environment.

KEYWORDS

Stability, geology, rock mass, permeability, dam.

INTRODUCCIÓN

La investigación titulada “Aplicación de la Caracterización Geotécnica en el Diseño de la Presa Sama en el distrito de Inclán, Tacna tiene como objetivo general aplicar las características geotécnicas al diseño de la represa Sama en el distrito de Inclán, Tacna y como pregunta general ¿Cómo influyen las características geotécnicas del área de emplazamiento en el diseño óptimo y la estabilidad estructural de la represa Sama en el distrito de Inclán, Tacna?, se justifica debido a que la estabilidad de la presa juega un papel importante en la seguridad de la población asentada en el valle del río Sama, con respecto a las jurisdicciones de los distritos de Inclán y Sama.

La investigación titulada se estructura en cuatro capítulos principales. El Capítulo I expone el problema, describiendo la necesidad de contar con una caracterización geotécnica detallada que reduzca la incertidumbre en el diseño adecuado de la Presa Sama, formula el problema principal y los secundarios vinculados a la estabilidad de la estructura, filtración y comportamiento sísmico, justifica el estudio desde el enfoque social, metodológico y práctico, y plantea el objetivo general y los objetivos específicos. El Capítulo II desarrolla el marco referencial, revisando antecedentes de proyectos similares, la normativa nacional e internacional aplicable al diseño de presas y cimentaciones, y definiendo conceptos técnicos clave como resistencia al corte, permeabilidad y factor de seguridad. El Capítulo III presenta la metodología, precisando que se trata de una investigación aplicada, cuantitativa y de nivel explicativo; detalla las etapas del proyecto, desde el levantamiento de datos de campo y ensayos de laboratorio hasta el modelado y análisis numérico, así como la planificación, recursos y evaluación técnica. Finalmente, el Capítulo IV expone los resultados obtenidos, valida el diseño propuesto, analiza impactos y beneficios, reconoce limitaciones y plantea conclusiones y recomendaciones orientadas a mejorar futuras investigaciones y garantizar la seguridad y sostenibilidad de la infraestructura.

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La ingeniería geotécnica desempeña un papel fundamental en la planificación, diseño y construcción de infraestructuras hidráulicas como presas, cuyo funcionamiento seguro y eficiente depende en gran medida de las condiciones geológicas y geotécnicas del terreno (Braja Das, 1990; Lambe & Whitman, 1984). A nivel internacional, diversas fallas catastróficas en presas como la de Oroville en EE.UU. en 2017 o la de Brumadinho en Brasil en 2019 han puesto en evidencia la importancia crítica de realizar estudios geotécnicos rigurosos que consideren fenómenos como la licuación, subsidencia, infiltración, estabilidad de taludes y comportamiento de materiales en diferentes condiciones de carga y humedad, entre otros (Crespo Villalaz, 1995; Peter & Reid, 1993).

No todas las presas presentan la misma vulnerabilidad o riesgo; el evento varía de acuerdo con la altura de la presa y al volumen de agua almacenado, y no todos los casos de rompimiento se deben a los mismos factores. De manera general, las presas más vulnerables son las construidas con materiales sueltos o térreos que, por su naturaleza de fácil dispersión o erosión hidráulica en especial las presas de tierra homogénea son las más comunes y representan un 90 % de los casos de falla (ICOLD, citado en Arellano, 2014). Entre los principales factores de riesgo se tienen: sismos y avenidas, problemas de diseño o construcción, materiales inadecuados, mantenimiento deficiente, inestabilidad de cimentación o base, filtraciones y sub presiones, fallas en vertederos hidráulicos y operación deficiente.

Asimismo, de acuerdo con la International Commission on Large Dams (ICOLD), la manifestación de estos factores puede desencadenar, según su recurrencia en los eventos registrados, los siguientes tipos de fallas: desborde sobre la cresta o corona de la presa (38 %), filtraciones y tubificación en el interior de la presa (33 %), fallas en la cimentación (23 %) y otros desencadenantes (6 %) (ICOLD, citado en Arellano, 2014).

Las disposiciones de estudios básicos de ingeniería y criterios para la elección y diseño de una presa son recomendadas por organismos internacionales como la Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLD), el Comité Nacional Español de Grandes Presas (SPANCOLD) o la Bureau of Reclamation de los Estados Unidos, y son generalmente adoptados en el Perú a simple criterio o disponibilidad de ensayos en laboratorios locales, debido a la falta de reglamentación para este tipo de estructuras de embalse, resaltando su rigurosidad en función a su altura y a las dificultades de sus condiciones de sitio (ASCE, 2010).

Actualmente en el mundo existen diversos tipos de presas como las de gravedad, contrafuerte, arco-bóveda, tierra o escollera y sus variantes, predominando en el Perú el desarrollo de presas de tipo gravedad y materiales sueltos, cuya experiencia ha sido tomada en cuenta en otras regiones del país. Sin embargo, se desarrolla poco la construcción de otros tipos de presas por falta de experiencias, como por ejemplo las CFRD (Concrete Face Rockfill Dam), que son presas de materiales sueltos o terraplén, cuyo cuerpo está construido con enrocado y grava compactados (material 3D), y cuya característica principal es una pantalla impermeable de concreto armado en su cara de talud de aguas arriba, cimentada sobre un plinto para contener el agua. Se han vuelto muy populares, especialmente en países como China, debido a su estabilidad, facilidad de construcción, menores costos y la capacidad de utilizar materiales locales; características que el Perú también debería aplicar según las condiciones geotécnicas de sitio y disponibilidad de materiales aluviales o de cauce y formaciones rocosas que aseguren su elección y estabilidad (Arellano, 2014).

En el contexto nacional, de acuerdo con el Inventario de Presas en el Perú (ANA, 2015), elaborado por la Autoridad Nacional del Agua adscrita al Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI), se han inventariado 743 presas, de las cuales solo 29 (3.9%) son presas de enrocado y/o materiales sueltos con pantalla de concreto o acero. En el Perú predominan las presas de tipo gravedad 294 (39.57%) y luego las presas de materiales sueltos 249 (33.51%) y se registra la inscripción de cerca de solo 54 presas en la ICOLD, organización dedicada a compartir

información técnica sobre el diseño, construcción y mantenimiento de grandes presas en el mundo. Esta información es aplicable para proyectos de embalse en lugares con alto déficit hídrico o nuevos proyectos de irrigación en el país como alternativa de solución. Por ejemplo, España ha estudiado todo su territorio y ha construido un total de 1200 presas en lugares donde se requería cubrir déficit hídrico, aplicando una eficiente gestión del recurso hídrico superficial (SPANCOLD, citado en Arellano, 2014).

Por los cambios climáticos y la geodinámica interna y externa, el Perú es un país altamente vulnerable a eventos naturales como sismos, lluvias extremas, desbordes fluviales y procesos de erosión, entre otros, los cuales pueden comprometer la integridad de las presas si no se realiza un adecuado reconocimiento del subsuelo donde serán cimentadas (Barazangi & Isacks, 1971, 1976, 1979; Berrocal, 1991; Arango et al., 2011). Según datos del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) y del Ministerio de Agricultura y Riego (MIDAGRI), muchas infraestructuras hidráulicas del país presentan condiciones de alto riesgo por fallas en su diseño o mantenimiento, siendo el componente geotécnico una de las principales deficiencias. Además, la actual normativa peruana en materia de presas, como el Reglamento de Seguridad de Presas, establece la obligatoriedad de estudios geotécnicos exhaustivos para garantizar la estabilidad de las estructuras, especialmente en zonas sísmicamente activas como la región sur próxima a la fosa oceánica Perú–Chile, pero no con el nivel de detalle que sugieren la ICOLD, el SPANCOLD o la Bureau of Reclamation de los Estados Unidos (Bommer et al., 2010; ASCE, 2010).

Cabe resaltar que en el extremo sur del Perú, que se encuentra situado en la cabecera del desierto de Atacama el más árido del mundo, se ubican los departamentos de Moquegua con siete (7) presas y Tacna con ocho (8), que representan solo el 2.02 % de las presas inventariadas en el país. Esto se debe a condiciones geológicas, geomorfológicas e hidrológicas poco favorables para la creación de embalses, lo que hace necesario proponer la ejecución de estudios geotécnicos para encontrar alternativas de represamiento en aquellas cuencas cuyos

ríos derivan en el océano en épocas de superávit hídrico. Por lo expuesto, no se puede renunciar a continuar con estudios de ingeniería que propongan la construcción de nuevas presas o proyectos de represamiento para mejorar las condiciones de vida de la población (Arellano, 2014; INGEMMET, 2011, 2012).

A nivel regional, el departamento de Tacna, y en particular el distrito de Inclán, presenta características geológicas complejas, con presencia de suelos coluviales, aluviales, fluviales, formaciones volcánicas e intrusivas, zonas de fallas y lineamientos estructurales (variabilidad litológica), lo cual representa un reto técnico para la ubicación y el diseño de una presa que se adecue a las condiciones de sitio o su fundación. El proyecto de la represa Sama, denominado “Mejoramiento del servicio de provisión de agua para riego, mediante sistema de represamiento en la cuenca del río Sama, distrito de Inclán, en la provincia de Tacna”, está orientado a mejorar la gestión del recurso hídrico para riego y control de avenidas. Requiere de un estudio geotécnico detallado que identifique con precisión la capacidad portante del terreno, los riesgos de inestabilidad de taludes, la geomecánica de los macizos en la zona de cierre, la permeabilidad de los materiales (estanqueidad del represamiento), la presencia de fallas geológicas (activas o no activas), el comportamiento sísmico del sitio y parámetros dinámicos para la elección de la alternativa de embalse más apropiado (Alarcón, 1991; Comité Peruano de Mecánica de Suelos, 1999). La ausencia o deficiencia de este tipo de estudios podría comprometer no solo la viabilidad técnica y económica del proyecto, sino también la seguridad de las poblaciones aledañas y la sostenibilidad del recurso hídrico en la región.

En ese sentido, se ha recopilado información de la Oficina General de Irrigaciones del Ministerio de Agricultura (1981), Proyecto Especial Tacna (2012) y del Gobierno Regional de Tacna (2022), que ejecutaron estudios básicos y estudios de ingeniería para determinar la viabilidad técnica, económica y ambiental del proyecto (MTC, 1988; UNI, 1969).

Técnicamente se justifica la investigación dado que se basa en la necesidad de almacenar y regular el agua para múltiples usos, como abastecimiento para uso

agrario, poblacional e industrial. Además, se justifica por su capacidad para protección contra inundaciones, controlando los caudales de los ríos en épocas de crecida. La construcción se sustenta en estudios técnicos de viabilidad, análisis del sitio y el diseño de la estructura, que aseguran su estabilidad, funcionalidad y seguridad a largo plazo, para aprovechamiento de agua de periodos de superávit hídrico del río Sama.

Esta represa será una infraestructura que almacenará agua para regular su caudal, liberándola de forma controlada para satisfacer las demandas de riego en periodos de avenidas y estiaje. Controlará el ingreso de sedimentos y en épocas de sequía dotará de un volumen estable y para el consumo poblacional de los distritos de Inclán y Sama mejorando la calidad del agua y reduciendo costos de tratamiento convencional. Funciona almacenando agua durante períodos de abundancia para usarla en tiempos de escasez, reduciendo picos de inundación y asegurando un flujo más constante a lo largo del año. Por lo tanto, el Estudio geotécnico para la construcción de la represa Sama en el distrito de Inclán, Tacna, definirá la viabilidad de su construcción según las condiciones de la resistencia, estanqueidad y estabilidad del terreno en la zona de cierre y vaso seleccionado donde se pretende su construcción bajo los criterios de la Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLD), Comité Nacional Español de Grandes Presas (SPANCOLD) o la Bureau of Reclamation de los Estados Unidos u otro.

El crecimiento poblacional y la ampliación de los terrenos de cultivo hasta la actualidad ha generado el incremento de las necesidades de los habitantes del valle del río Sama comprendida en los distritos de Inclán y Sama, tanto; para uso agrario, poblacional (previo tratamiento convencional) e industrial.

Se basa en el beneficio económico y social derivado del almacenamiento y control del agua, que puede usarse para asegurar el suministro de agua para la agricultura y el consumo humano, prevenir inundaciones y facilitar la recreación. Si bien existen costos de construcción significativos, se argumenta que los beneficios a largo plazo, como el desarrollo regional que superara la inversión inicial. Implica evaluar sus impactos potenciales, que incluyen tanto efectos negativos como

positivos. La justificación ambiental se enfoca en analizar y mitigar los impactos negativos como la alteración del ecosistema, la fragmentación del hábitat, y el cambio en los regímenes hidrológicos y la calidad del agua. Al mismo tiempo, se consideran los beneficios ambientales como el control de inundaciones o la mejora del suministro de agua, y se proponen medidas de mitigación para minimizar los daños.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Las causas del problema se generan por la falta de infraestructura para almacenar y regular el agua del río Sama en épocas de superávit hídrico en consecuencia existe una demanda importante no satisfecha que afecta la salud, la agricultura y su desarrollo socioeconómico de la población. Por lo tanto, este aporte brindara las características geotécnicas y su influencia en el área de estudio para la propuesta de ubicación y diseño de la represa Sama para solución de esta necesidad

1.2.1 Problema principal

¿Cómo influyen las características geotécnicas del área de emplazamiento en el diseño óptimo y la estabilidad estructural de la represa Sama en el distrito de Inclán, Tacna 2025?

1.2.2 Problemas secundarios

¿Cuáles son las características topográficas del vaso que permitirá definir la geometría adecuada para el diseño de la represa Sama en el distrito de Inclán, Tacna?

¿Qué condiciones geológicas y geomorfológicas presenta la zona de emplazamiento de la represa Sama y cómo influyen en la selección del tipo de estructura y su fundación en la zona de cierre?

¿Cuáles son las propiedades geomecánicas del macizo rocoso de la zona de emplazamiento y cómo afectan la capacidad portante y estabilidad de la cimentación de la presa o zona de cierre?

¿Qué información aportan los estudios de mecánica de suelos, mecánica de rocas y prospección geofísica para definir los parámetros de diseño geotécnico de la represa Sama?

¿Qué características hidrológicas deben considerarse para garantizar la funcionalidad hidráulica y la seguridad de la represa Sama?

¿Cómo integrar las condiciones topográficas, geológicas, geomecánicas e hidrológicas para obtener un diseño óptimo de la represa Sama?

¿Cuál es el nivel de estabilidad estructural de la represa Sama frente a condiciones estáticas y sísmicas en el distrito de Inclán, Tacna?

1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Técnicamente se justifica la investigación dado que se basa en la necesidad de almacenar y regular el agua para múltiples usos, como abastecimiento para uso agrario, poblacional e industrial. Además, se justifica por su capacidad para proteger contra inundaciones, controlando los caudales de los ríos en épocas de crecida. La construcción se sustenta en estudios técnicos de viabilidad, análisis del sitio y el diseño de la estructura, que aseguran su estabilidad, funcionalidad y seguridad a largo plazo.

Esta represa será una infraestructura que almacenará agua para regular su caudal, liberándola de forma controlada para satisfacer las demandas de riego en periodos de avenidas que controlará el ingreso de sedimentos y en épocas de sequía que dotará de un volumen estable y para el consumo poblacional de los distritos de Inclán y Sama que mejorará la calidad del agua y reducirá costos de tratamiento convencional. Funciona almacenando agua durante períodos de abundancia para

usarla en tiempos de escasez, reduciendo picos de inundación y asegurando un flujo más constante a lo largo del año. Por lo tanto, el Estudio geotécnico para la construcción de la represa Sama en el distrito de Inclán, Tacna, definirá la viabilidad de su construcción según las condiciones de la resistencia, estanqueidad y estabilidad del terreno en la zona de cierre y vaso seleccionado donde se pretende su construcción bajo los criterios de la Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLD), Comité Nacional Español de Grandes Presas (SPANCOLD) o la Bureau of Reclamation de los Estados Unidos u otro.

El crecimiento poblacional y la ampliación de los terrenos de cultivo hasta la actualidad ha generado el incremento de las necesidades de los habitantes del valle del río Sama comprendida en los distritos de Inclán y Sama, tanto; para uso agrario, poblacional (previo tratamiento convencional) e industrial.

Se basa en el beneficio económico y social derivado del almacenamiento y control del agua, que puede usarse para asegurar el suministro de agua para la agricultura y el consumo humano, prevenir inundaciones y facilitar la recreación. Si bien existen costos de construcción significativos, se argumenta que los beneficios a largo plazo, como el desarrollo regional que superara la inversión inicial.

Implica evaluar sus impactos potenciales, que incluyen tanto efectos negativos como positivos. La justificación ambiental se enfoca en analizar y mitigar los impactos negativos como la alteración del ecosistema, la fragmentación del hábitat, y el cambio en los regímenes hidrológicos y la calidad del agua. Al mismo tiempo, se consideran los beneficios ambientales como el control de inundaciones o la mejora del suministro de agua, y se proponen medidas de mitigación para minimizar los daños.

Finalmente, la investigación es importante porque contribuye a alinearse con el ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles, La investigación sobre el estudio geotécnico para la represa Sama tiene una alta relevancia estratégica porque almacenara y regulara un importante volumen de agua que se pierde en épocas de avenida que se pierde al mar. Va más allá de un estudio geotécnico simple, ya que

se consolida como un proyecto de ingeniería de la resiliencia ante la falta de un vaso de almacenamiento y regulador que asegure la entrega de un caudal constante que asegure el riego no solo en periodos de avenida donde existen arrastre de sedimentos, sino principalmente en el periodo de estiaje que capitaliza la inversión pública, asegura la funcionalidad hídrica en la parte media y baja del valle del río Sama y cumple con los mandatos de seguridad estructural y desarrollo sostenible.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

Aplicar las características geotécnicas al diseño de la represa Sama en el distrito de Inclán, Tacna 2025.

1.4.2 Objetivos específicos

- Evaluar la topografía del vaso para el diseño de la represa Sama en el distrito de Inclán, Tacna.
- Determinar los estudios geológicos y geomorfológicos de la represa Sama.
- Determinar las propiedades geomecánicas del macizo rocoso de la zona de emplazamiento de la represa Sama.
- Evaluar los resultados de los estudios de mecánica de suelos, mecánica de rocas y prospección geofísica de la represa Sama.
- Evaluar el estudio hidrológico para la construcción de la represa Sama.
- Determinar el diseño óptimo de la represa Sama.
- Evaluar la estabilidad de la represa Sama.

CAPÍTULO II: MARCO REFERENCIAL

2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Birhanu & Tesfa (2023), en el artículo titulado “Geological and geotechnical characterization of Ziragn Dam sitting, northwestern Ethiopia”, expone las variables generales como la litología, permeabilidad, estabilidad de taludes y calidad de materiales de construcción. La población corresponde a todo el entorno geológico del río Ziragn y la muestra se definió mediante unidades representativas obtenidas por test pits, mapeo y extracción de núcleos. El procedimiento metodológico incluyó cartografía geológica, perforación y registro de prueba pits hasta 2.5 m, toma de muestras y ensayos de laboratorio (granulometría, límites de Atterberg, compacidad, resistencia y permeabilidad), empleando GPS, brújula, mapas, equipos de perforación y herramientas geotécnicas. Los resultados evidencian predominancia de basaltos ligeramente fracturados y suelos arcillosos de baja permeabilidad, adecuados para cimentación y conformación del núcleo. La conclusión principal indica que el sitio es geológicamente apto para la construcción de la presa, aunque requiere medidas de mitigación como muro pantalla y tratamiento con inyecciones de cemento en zonas fracturadas.

Hermosilla (2021), el objetivo de este estudio fue evaluar las condiciones geológicas y los parámetros geotécnicos para la construcción del embalse Livilcar, situado en la Región de Arica. Se analizaron variables como la permeabilidad del suelo, la resistencia de los materiales geotécnicos y las condiciones sísmicas. La población de estudio incluyó el área de la presa y su zona de influencia, mientras que la muestra se determinó mediante perforaciones geotécnicas a diversas profundidades. El procedimiento metodológico abarcó sondeos, análisis de muestras de roca y suelo, y la aplicación de pruebas de laboratorio. Los resultados indicaron que las condiciones geotécnicas del sitio son variables, con áreas de buena calidad rocosas y otras de alta fracturación. Como conclusión, se destacó que es esencial considerar estas características geológicas para garantizar la seguridad y estabilidad del embalse a largo plazo.

Cabrera et al. (2022), desarrollan un estudio cuyo objetivo es caracterizar geotécnicamente un área piloto de la ZEDE-ESPOL para su planificación territorial. La variable principal es la caracterización geotécnica integral (propiedades físicas, geomecánicas y respuesta sísmica del subsuelo). La población corresponde al terreno de la ZEDE y la muestra se determinó mediante 2 SEV, 3 líneas de refracción sísmica, 2 calicatas y 4 perforaciones ubicadas en zonas críticas del relieve. El procedimiento metodológico combinó levantamiento topográfico, prospección geofísica (Terrameter SAS 1000, sismógrafo Terraloc Pro2), ensayos geotécnicos de laboratorio (RCU, cohesión, fricción interna, CBR) y correlaciones geofísico-geotécnicas. Los resultados muestran un subsuelo compuesto por gravas-arenas, toba lapilli y secuencias de tobas y lutitas tobáceas, con un perfil sísmico tipo B y capacidades portantes aptas para edificación. La conclusión principal señala que la correlación geológica-geofísica permite zonificar áreas seguras y constituye una metodología replicable y eficaz para la planificación y diseño en la ZEDE.

Villarreal (2020), el trabajo tiene como objetivo caracterizar geotécnicamente, a nivel de prefactibilidad, los macizos rocosos ubicados en las áreas de implantación de las presas del Fuerte, Ramal H y la proyectada Presa del Arroyo Blanco en la Hoja Tandil 3760-IV. Las variables consideradas fueron las propiedades geomecánicas de la matriz rocosa y las discontinuidades (orientación, espaciado, continuidad, rugosidad, meteorización y resistencia). La población correspondió a los afloramientos rocosos del basamento ígneo-metamórfico de Tandilia y la muestra se definió mediante relevamientos de campo no experimentales en cinco zonas litoestructurales. El procedimiento metodológico incluyó descripción petrográfica, análisis de discontinuidades según normas ISRM y aplicación de clasificaciones geomecánicas (RMR, GSI y Q), utilizando brújula geológica, esquemas de fracturas y métodos estandarizados. Los resultados mostraron dos macizos contrastantes: uno altamente meteorizado con RMR clase VI y otro de rocas frescas con RMR clase II. Se concluye que la metodología empleada permite

definir con precisión la calidad geotécnica de los macizos y su aptitud como fundación para presas en etapa de prefactibilidad.

Aimacaña (2023), elaboro la tesis denominada estudio geológico-geotécnico del embalse de regulación de la red de suministro de agua potable de Fraga (Huesca) donde caracterizo la geología y geotecnia del terreno, así como exposición de diversos resultados in situ y laboratorio. Llevo a cabo un análisis de estabilidad de taludes del embalse de regulación de la red de suministro de agua potable de Fraga (Huesca).

Cambridge (2022), este estudio tiene como objetivo explorar cómo la inspección y el monitoreo pueden reducir los riesgos en las presas de relaves mineros, a través del análisis de factores geotécnicos y operativos. Las variables principales incluyen la geomecánica de los materiales de relave, los procesos de monitoreo y las técnicas de inspección aplicadas a estas estructuras. La población se compone de fallas documentadas de presas de relaves durante los últimos 50 años, con un enfoque en casos donde el conocimiento geomecánico no habría prevenido los desastres. Se utilizó un enfoque descriptivo con revisión de casos históricos y análisis de fallos mediante métodos cualitativos. Los resultados indican que el monitoreo constante y la inspección detallada son cruciales para identificar riesgos antes de que se materialicen. La conclusión principal es que, más allá de la geomecánica, aspectos como la construcción, operación y cierre de las presas juegan un papel fundamental en la prevención de fallas, subrayando la necesidad de un enfoque holístico en la gestión de riesgos.

Abdulkadir et al. (2024), el estudio evalúa las características de la fundación del sitio de la presa War utilizando métodos geofísicos y geotécnicos. Se analiza las condiciones geológicas de los depósitos de suelos cuaternarios y las unidades de roca riolita, identificando zonas débiles a través de refracción sísmica y encuestas magnéticas. Las principales variables son la designación de calidad de roca (RQD), los valores de lugeon y la permeabilidad. La población está constituida por las formaciones geológicas bajo el sitio de la presa, y la muestra se obtuvo a partir de

perforaciones. La metodología integra refracción sísmica, pruebas con packer y datos magnéticos para evaluar la calidad del macizo rocoso. Los resultados indican una calidad variable de la roca, con zonas débiles que requieren mejoras localizadas en el terreno para garantizar la estabilidad de la construcción. Las conclusiones destacan la necesidad de aplicar inyecciones de lechada en áreas específicas para mejorar la integridad de la fundación de la presa.

Carlos Quinto (2022), la tesis tiene como objetivo determinar las condiciones geológicas y geotécnicas necesarias para la construcción de la Presa Ucuscancha I en Huancayo–Junín. Las variables evaluadas fueron las características litoestratigráficas, geomorfológicas, estructurales, parámetros de resistencia, permeabilidad, compresibilidad y capacidad admisible del suelo. La población corresponde al macizo rocoso y suelos de la cuenca de la quebrada Ucuscancha, y la muestra estuvo constituida por 17 calicatas y 5 perforaciones diamantinas obtenidas mediante un muestreo no probabilístico. El procedimiento metodológico incluyó mapeo geológico, excavaciones, perforación diamantina, ensayos de densidad, permeabilidad tipo Lefranc, análisis granulométrico, límites de consistencia y clasificación SUCS, ejecutados con equipos como GPS, estación total, tamices, horno y perforadora. Los resultados muestran suelos de compacidad media a densa, permeabilidad entre 10^{-3} y 10^{-5} cm/s y gravas limosas (GM, GP-GM) que permiten una cimentación estable. Se concluye que las condiciones geotécnicas del área son favorables para construir la presa y garantizar su estabilidad estructural e hidráulica.

Mite & Campozano (2021), este estudio tiene como objetivo evaluar la viabilidad de un dique con materiales locales para la construcción de una presa en la región de Tosagua. Se identificaron variables como la granulometría del suelo, la resistencia al corte y la permeabilidad del material para garantizar la estabilidad del dique. La población objeto de estudio fue el suelo de la zona de la presa, con una muestra obtenida mediante calicatas a profundidades de 0.75 y 1.5 metros. La metodología incluyó ensayos de laboratorio como granulometría, Proctor, corte directo y permeabilidad, así como un análisis de estabilidad utilizando el software GEO5,

con variables como la geometría del dique y los parámetros geotécnicos. Los resultados indicaron que, aunque inicialmente el diseño no cumplía con los requisitos de estabilidad, la modificación de las dimensiones del dique, incluyendo una berma de 5 metros, mejoró significativamente la seguridad. La conclusión principal fue que la modificación en el diseño resultó en un factor de seguridad adecuado, garantizando la estabilidad estructural del dique.

Acuña & Deudor (2025), esta investigación tiene como objetivo caracterizar geotécnicamente los geomateriales de las zonas de Marcapunta Norte y Tajo Norte mediante perforación diamantina. Las variables estudiadas incluyen la resistencia a la compresión uniaxial, la cohesión y el ángulo de fricción de diversas rocas, como calizas, dacitas y conglomerados. La población está constituida por los geomateriales presentes en dichas zonas, y la muestra consiste en 8 perforaciones diamantinas, dos de ellas en Marcapunta Norte y seis en Tajo Norte, con profundidades de hasta 200 metros. La metodología incluyó el uso de sondajes diamantinos para extraer muestras y realizar ensayos de laboratorio como compresión uniaxial y triaxiales. Los resultados mostraron que las propiedades geomecánicas varían entre los diferentes tipos de rocas, con cohesiones que oscilan entre 3.8 MPa y 28.95 MPa y ángulos de fricción de 43.09° a 57.64°. La principal conclusión es que la caracterización geotécnica permite optimizar el diseño de excavaciones mineras y mejorar la estabilidad de taludes en la zona.

Sumi (2018) realizó la tesis denominada “Análisis de estabilidad de una presa de enrocado de gran altura con pantalla de concreto” establece un entendimiento inicial acerca del comportamiento del material de enrocado sometido a elevados esfuerzos de confinamiento, para luego realizar el análisis de estabilidad estático y pseudo-estático de la presa de enrocado Toromocho, aplicando el método de equilibrio límite.

Dávila & Yalán (2024), este estudio se centra en la evaluación de la estabilidad de las presas de enrocado, analizando factores geotécnicos clave como las condiciones del emplazamiento, la resistencia al esfuerzo cortante, la permeabilidad y los

riesgos sísmicos. Se considera una variedad de presas de enrocado en la población de estudio, con una muestra seleccionada a partir de perforaciones geotécnicas y modelados numéricos. El enfoque metodológico incluye perforaciones, ensayos de penetración, análisis sísmicos y simulaciones de esfuerzos y deformaciones usando el método de elementos finitos. Los resultados indican que una adecuada caracterización geotécnica y sísmica es fundamental para mejorar el diseño y asegurar la estabilidad a largo plazo. En conclusión, los análisis detallados y la correcta elección de materiales y ubicación son cruciales para garantizar la seguridad y eficiencia de las presas de enrocado.

2.2 NORMATIVA VIGENTE

- **Normas y Reglamento de Seguridad de Presas en el Perú**

En Perú, el Reglamento de seguridad de presas públicas de embalse de agua fue aprobado en el 2018 por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) mediante la Resolución Jefatural N° 272-2018-ANA. Este reglamento establece los criterios técnicos y las obligaciones para los titulares de presas públicas, abarcando su clasificación, operación, inspección, mantenimiento y planes de emergencia para garantizar la seguridad estructural y operacional. Así mismo, establece los factores de seguridad para estabilidad de taludes en presas de material suelto tanto para condiciones de carga estático y pseudoestático. En el anexo 02.1 de este reglamento se propone factores de seguridad mínimos al deslizamiento para varios tipos de análisis para presas de material suelto, presas de gravedad – concreto y presas de contrafuertes según tipo de cargas.

- **Comité Español de Grandes Presas (SPANCOLD)**

Es una guía metodológica para la elaboración de estudios de geología y geotecnia de presas en España. La elaboración de estudios de geología y geotecnia para presas se rige por guías metodológicas elaboradas

por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) y el Comité Español de Grandes Presas (SPANCOLD), que amplían la normativa vigente. Estos estudios son cruciales para el diseño, la construcción y la seguridad de las presas, e incluyen la caracterización geológica regional y local, la prospección de materiales, la evaluación de la estabilidad y la predicción del comportamiento del terreno ante cargas y sismos.

El SPANCOLD ha publicado guías Técnicas de Seguridad de Presas como: Criterios para proyectos de presa y sus obras anejas, tomo 2 para materiales Suelos, Guía Técnica de Seguridad de Presas N° 3: Estudios Geológicos-Geotécnicos y de Prospección de Materiales entre otras guías específicas, que también toma en cuenta los alcances de la Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLD) que es una organización científica y técnica creada en 1928, cuya sede central se encuentra en París, cuya misión es el intercambio de conocimientos de los ingenieros y todos los especialistas interesados en las obras hidráulicas. Su objetivo es mejorar las técnicas en la ingeniería de presas en todos los aspectos de las fases de planificación, proyecto, construcción y explotación de presas y obras anejas.

El reglamento de seguridad de presas en Perú elaborado por la Autoridad Nacional del Agua (ANA), establece las normativas para la clasificación, operación, mantenimiento, inspecciones y planes de acción de emergencia para asegurar la seguridad estructural y operacional de las presas públicas; no existiendo una guía o normatividad en diseño de presas que establezca los criterios de estudios sobre Geología y Geotecnia según la clasificación que se otorgara a una presa. El SPANCOLD adaptó las recomendaciones de la ICOLD y otros a condiciones de su territorio (España) y estableció recomendaciones para su aplicación. Similar situación en el Perú se debe aplicar y adecuar respecto a las recomendaciones de la ICOLD y SPANCOLD a su propia realidad, y establecer guías a través de la formación de un Comité Peruano de Grandes Presas.

- **Norma Técnica E.050 Suelos y Cimentaciones**

Brinda las recomendaciones técnicas que se deben seguir para un estudio de suelos aplicados a la ingeniería, pues resulta de mucha importancia para estudios de mecánica de suelos y rocas.

La versión más reciente de la Norma Técnica E.050 de Suelos y Cimentaciones en Perú fue aprobada en diciembre de 2018, mediante la Resolución Ministerial N° 406-2018-VIVIENDA. Esta incorporó aspectos técnicos mínimos para el diseño y ejecución de excavaciones profundas, actualizó metodologías de cálculo y se alineó con la normativa de diseño sismorresistente para mejorar la seguridad y el control de las estructuras. Así mismo, toma en cuenta la metodología de análisis de muestras propuestas por la ASTM International (American Society for Testing and Materials) es una de las organizaciones internacionales de desarrollo de normas más grandes del mundo desde 1898.

- **Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente del RNE**

Fue aprobada por decreto supremo N° 011-2006-vivienda, modificada con decreto supremo N° 002-2014-VIVIENDA y actualizada por decreto supremo N° 003-2016-VIVIENDA. Esta norma establece las condiciones mínimas para el diseño y construcción de edificaciones sismorresistentes. Su objetivo principal es proteger la vida humana, asegurar la continuidad de los servicios básicos y minimizar daños materiales ante un sismo. Se aplica a edificaciones nuevas y existentes e incluye la zonificación sísmica del país, parámetros del suelo, cálculo de fuerzas sísmicas.

2.3 DEFINICIÓN DE CONCEPTOS BÁSICOS

- **Caracterización geotécnica:**

La caracterización geotécnica consiste en el análisis detallado de las propiedades físicas y mecánicas del suelo y las rocas en un área determinada, con el objetivo de entender cómo se comportarán bajo diferentes condiciones de carga y humedad. Este proceso involucra estudios de campo, como perforaciones y sondeos, así como ensayos en laboratorio para medir aspectos como la resistencia al corte, permeabilidad, compacidad y expansión del suelo. Los datos obtenidos son clave para saber cómo el terreno responderá a las cargas de una estructura, como una presa o un edificio, y para detectar posibles riesgos, como deslizamientos o filtraciones. Esta caracterización ayuda a los ingenieros a tomar decisiones informadas sobre el diseño de cimientos, sistemas de impermeabilización y otros elementos vitales para la seguridad de la construcción (Hernández et al., 2021).

- **Presa:**

Una presa es una estructura construida para detener o controlar el flujo de agua en ríos, arroyos u otros cuerpos de agua. Su propósito principal es almacenar agua con fines como la generación de energía hidroeléctrica, el suministro de agua potable, el riego agrícola, la protección contra inundaciones o el control de sedimentos. Dependiendo de su función y del terreno donde se construye, las presas pueden ser de diferentes tipos y tamaños. Por ejemplo, las presas de gravedad aprovechan el peso de la estructura para soportar la presión del agua, mientras que las presas de arco usan su forma curvada para resistir esa presión (Delgado, 2024).

Una presa generalmente está formada por varios elementos, como el cuerpo de la presa, que puede estar hecho de materiales como concreto, tierra o roca. También incluye un aliviadero, que permite liberar agua cuando los niveles son muy altos, y un conducto de derivación, que puede canalizar el agua hacia una central hidroeléctrica u otras áreas. Además de su función de almacenamiento de agua, el

diseño de una presa debe considerar estudios geotécnicos rigurosos para evitar problemas como filtraciones, deslizamientos o fallas estructurales que puedan poner en peligro su estabilidad (Cajamarca, 2022).

- **Diseño geotécnico de presas:**

El diseño geotécnico de presas consiste en planificar la construcción de una presa teniendo en cuenta las características del terreno donde se va a construir. Este proceso incluye un análisis detallado de las propiedades del suelo y las rocas del área, como su resistencia, densidad, permeabilidad y capacidad para soportar peso. También se examinan factores como posibles fallas geológicas, cómo reacciona el terreno ante diferentes tipos de carga y cómo interactúa el agua con el suelo. Esta información es clave para diseñar los cimientos de la presa, garantizando que pueda resistir las cargas previstas a lo largo del tiempo sin perder estabilidad (Viteri, 2023).

Además, en el diseño geotécnico se consideran aspectos hidráulicos, como la permeabilidad del terreno, ya que esto influye en el paso de agua a través de la presa. Dependiendo de las condiciones del sitio, los ingenieros pueden elegir diferentes tipos de cimientos y métodos para evitar filtraciones que podrían afectar la estabilidad de la estructura. También se deben analizar riesgos como deslizamientos de tierra o la expansión del suelo por la humedad. Todo esto es necesario para asegurar no solo la seguridad de la presa, sino también la protección del medio ambiente a su alrededor (Soria, 2025).

- **Propiedades geotécnicas relevantes en el diseño de presas:**

Las propiedades geotécnicas relevantes en el diseño de presas son características del suelo y las rocas que influyen directamente en la estabilidad y desempeño de la estructura. Una de las más importantes es la resistencia al corte, que determina la capacidad del suelo para resistir deslizamientos o desplazamientos bajo cargas. La permeabilidad también es clave, ya que define la facilidad con la que el agua puede

filtrarse a través del terreno, lo que podría afectar la integridad de la presa si se produce una filtración. Además, la compacidad del suelo influye en su capacidad para soportar el peso de la presa sin sufrir deformaciones excesivas (Mamani, 2025).

Otras propiedades cruciales incluyen la expansión del suelo, que puede ser especialmente relevante en suelos arcillosos que varían su volumen con los cambios en la humedad. La capacidad de carga del terreno es otro factor importante, ya que indica cuánto peso puede soportar el suelo sin que se produzca un asentamiento excesivo. Además, la rigidez del material y la cohesión entre las partículas del suelo también juegan un papel fundamental en el comportamiento global del terreno y la estructura. Estas propiedades deben ser evaluadas detalladamente para asegurar que el diseño de la presa sea seguro y eficiente (Galindo, 2024).

- **Factores de riesgo geotécnico en el diseño de presas:**

Los factores de riesgo geotécnico en el diseño de presas incluyen condiciones del terreno que pueden afectar la estabilidad de la estructura. Entre los más importantes están los deslizamientos de tierra, que ocurren cuando el terreno se mueve debido a la presión del agua o cambios en la humedad, especialmente en áreas inclinadas. También son un riesgo las filtraciones, cuando el agua se infiltra a través de la presa o del suelo circundante, debilitando la estructura (Cabello, 2025).

Otro factor crítico es la expansión o contracción del suelo, sobre todo en suelos arcillosos, que varían su volumen con la humedad, lo que puede causar movimientos en la estructura. Además, los terremotos representan un riesgo significativo, ya que las vibraciones sísmicas pueden dañar el terreno y la presa, creando grietas o desplazamientos. Las condiciones sísmicas locales y los ciclos de carga también deben considerarse en el diseño para garantizar la estabilidad a largo plazo de la presa (Solis, 2024).

- **Estudios de campo geotécnicos:**

Los estudios de campo geotécnicos son esenciales en el diseño de cualquier infraestructura, especialmente en la construcción de una presa como la Presa Sama, donde su importancia se incrementa. Estos estudios se realizan directamente en el área destinada para la presa con el fin de obtener información detallada sobre las condiciones del terreno. Durante esta etapa, se realizan sondeos y perforaciones para extraer muestras de suelo y roca que serán luego analizadas en el laboratorio. También se llevan a cabo pruebas como el ensayo de penetración estándar (SPT), que permite medir la resistencia del suelo y entender la estructura geológica del sitio. Esta información es crucial para determinar las propiedades geotécnicas del terreno, como su capacidad para soportar cargas, la permeabilidad y la posible presencia de fisuras o fallas (Sánchez, 2023).

Con los resultados obtenidos, los ingenieros pueden diseñar de forma más precisa los cimientos de la presa y elegir los materiales adecuados para su construcción. Además, estos estudios permiten identificar riesgos potenciales como deslizamientos de tierra o filtraciones que podrían comprometer la estabilidad de la estructura. Conocer en profundidad cómo se comporta el terreno frente a la humedad, presión y cargas es esencial para prevenir problemas a futuro. En el caso de la Presa Sama, llevar a cabo estos estudios de manera exhaustiva es vital no solo para garantizar la seguridad de la estructura, sino también para proteger el entorno natural alrededor, asegurando que el diseño se adapte correctamente a las características del suelo local (Balbis & Pesci, 2013).

- **Ensayos de laboratorio geotécnicos:**

Los ensayos de laboratorio geotécnicos son pruebas realizadas sobre muestras de suelo y roca tomadas del lugar de construcción para determinar sus características físicas y mecánicas. Estos ensayos permiten obtener detalles sobre la composición,

resistencia y cómo el material responde a factores como la carga o la humedad. Entre los ensayos más comunes se encuentran el de granulometría, compresión y permeabilidad. Los resultados son esenciales para prever cómo reaccionará el terreno bajo las cargas de la estructura y asegurarse de que los materiales sean adecuados para el diseño. Estos ensayos, junto con los estudios de campo, son cruciales para tomar decisiones acertadas y garantizar la seguridad y funcionalidad de las infraestructuras (Solis, 2024).

- **Modelo geotécnico:**

Un modelo geotécnico es una representación matemática o conceptual que describe cómo se comportan el suelo y las rocas en un sitio específico, con el fin de prever su reacción bajo diferentes condiciones, como cambios de carga o humedad. Este modelo se crea a partir de los datos obtenidos en estudios geotécnicos de campo y ensayos de laboratorio, y su objetivo es simular cómo reaccionará el terreno durante la construcción y operación de una estructura, como una presa o un edificio. Los ingenieros lo utilizan para evaluar la estabilidad del terreno, identificar posibles riesgos y optimizar el diseño de la infraestructura, asegurando que pueda resistir las cargas y tensiones previstas a lo largo del tiempo (Beltrán, 2024).

El modelo geotécnico toma en cuenta propiedades del suelo, como su resistencia, permeabilidad y compacidad, así como su comportamiento ante cambios de humedad o presión. Además, puede considerar factores dinámicos, como la respuesta del terreno ante movimientos sísmicos o eventos extremos. Existen distintos tipos de modelos, como los unidimensionales, que analizan el comportamiento del suelo en una sola dirección, y los tridimensionales, que ofrecen una visión más detallada del comportamiento del terreno en todas las direcciones. Estos modelos son fundamentales para anticipar posibles fallas geotécnicas y diseñar soluciones eficaces que aseguren la estabilidad de las estructuras (Huaccachi, 2024).

- **Fallas geotécnicas:**

Las fallas geotécnicas son problemas causados por la inestabilidad del terreno en el que se construyen infraestructuras, como presas, puentes o edificios. Estas fallas pueden manifestarse de diversas formas, afectando la capacidad del suelo para soportar el peso de las estructuras o alterando su estabilidad. Entre las fallas más frecuentes se encuentran los deslizamientos de tierra, que ocurren cuando el suelo o las rocas se mueven cuesta abajo debido a la humedad, la erosión o cambios en las condiciones del terreno. También se pueden presentar grietas o fisuras en el terreno, que pueden provocar desplazamientos en las estructuras, afectando su seguridad (Domínguez et al., 2022).

Otras fallas geotécnicas incluyen la expansión o colapso del suelo debido a cambios en la humedad, especialmente en suelos arcillosos que se hinchan cuando absorben agua y se reducen cuando se secan, lo que genera movimientos en las estructuras. Las filtraciones de agua también son un riesgo, especialmente en presas o construcciones subterráneas, cuando el agua se filtra a través de grietas en el terreno o la estructura, debilitando la estabilidad. Las fallas geotécnicas son un aspecto importante para considerar en la ingeniería civil, ya que pueden provocar graves daños tanto a las estructuras como al entorno (Galindo, 2024).

- **Análisis sísmico de la presa:**

El análisis sísmico de la presa estudia cómo la estructura de la presa reaccionará ante terremotos o movimientos sísmicos. Se evalúan tanto las características del terreno como las propiedades de la presa, utilizando simulaciones para ver cómo las vibraciones afectarán la presa y sus componentes. Este análisis considera factores como la intensidad y dirección de las ondas sísmicas, así como la resistencia de los materiales. Es fundamental para garantizar que la presa pueda soportar sismos sin comprometer su estabilidad. Gracias a este análisis, los ingenieros pueden diseñar presas más resistentes y establecer medidas para minimizar riesgos en caso de terremotos (Cabello, 2025).

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA Y DISEÑO DEL PROYECTO

3.1 DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN APLICADA

3.1.1 Tipo de investigación

La investigación tendrá un enfoque cuantitativo del tipo aplicado, porque integra el conocimiento técnico–científico con una problemática real de infraestructura hidráulica en una zona de condiciones geológicas y geodinámicas particulares como Distrito de Inclán, dentro de la región de Tacna. La caracterización geotécnica mediante estudios de campo, ensayos de laboratorio, análisis de estabilidad, permeabilidad y comportamiento mecánico de suelos y macizos rocosos, no solo permite comprender la respuesta del terreno ante cargas estáticas y sísmicas, sino que constituye la base técnica para optimizar el diseño estructural, garantizar la seguridad hidráulica y estructural, y mitigar riesgos asociados a filtraciones, asentamientos diferenciales o fallas por inestabilidad. En este contexto, la investigación no se limita a generar conocimiento teórico, sino que aplica metodologías científicas para resolver necesidades concretas del proyecto de la Presa Sama, contribuyendo a la sostenibilidad del recurso hídrico, a la reducción de incertidumbre en la toma de decisiones técnicas y a la mejora de la resiliencia de la infraestructura frente a las condiciones geológicas y sísmicas propias del sur del Perú.

3.1.2 Nivel de investigación

La investigación es de nivel explicativa porque no se limita a describir las propiedades físicas y mecánicas de los suelos y macizos rocosos, sino que busca establecer relaciones causales entre dichas características geotécnicas como resistencia al corte, compresibilidad, permeabilidad y comportamiento dinámico y el desempeño estructural e hidráulico de la presa proyectada en Distrito de Inclán. Este enfoque permite explicar cómo y por qué determinadas condiciones del subsuelo influyen en la estabilidad de taludes, el control de filtraciones, los asentamientos y la respuesta sísmica de la estructura en la región de Tacna,

proporcionando fundamentos técnicos para la toma de decisiones de diseño; por tanto, la investigación trasciende la mera caracterización descriptiva y se orienta a comprender los mecanismos geotécnicos que condicionan la seguridad y funcionalidad de la Presa Sama.

3.1.3 Justificación del enfoque aplicado

En enfoque aplicado es cuantitativa porque el análisis del comportamiento del terreno y su influencia en el diseño estructural requiere la medición objetiva y verificable de parámetros geomecánicos como cohesión, ángulo de fricción interna, módulo de elasticidad, densidad, permeabilidad y capacidad portante, obtenidos mediante ensayos normalizados de campo y laboratorio; estos datos permiten modelar matemáticamente la estabilidad, deformabilidad y filtración en la cimentación y el cuerpo de la presa proyectada en Distrito de Inclán, reduciendo la incertidumbre técnica y posibilitando la validación de hipótesis mediante análisis estadísticos y numéricos. Asimismo, en un contexto geodinámico como el de Tacna, con influencia sísmica significativa, la cuantificación precisa de variables es indispensable para evaluar factores de seguridad y escenarios de carga, garantizando que el diseño de la Presa Sama se sustente en evidencia medible, reproducible y técnicamente confiable

3.2 DISEÑO DEL PROYECTO

3.2.1 Etapas del proyecto

Trabajo de Campo: muestreo de suelos, muestreo de rocas, levantamiento de estaciones geomecánicas, mapeo geológico, mapeo geomorfológico, ejecución de refracción sísmica, ejecución de MASW, ejecución sondeos eléctricos verticales (SEV), ejecución de densidades in situ, sondeos diamantinos, pruebas de permeabilidad.

Trabajo de Gabinete: Procesamiento de muestras en laboratorio de mecánica de suelos y rocas, recolección de datos (información secundaria), revisión

bibliográfica, revisión de la normatividad. Elaboración de memoria descriptiva, planos y secciones.

Análisis e interpretación de resultados. Una vez procesados los datos de laboratorio y de campo, se procede a realizar el análisis e interpretación de la zonificación geotécnica del terreno, identificación y caracterización de estratos para el diseño de la presa. Así, mismo se evalúa las características físico mecánicas de los materiales existentes para recomendar el tipo de presa ideal para esas condiciones.

Diseño de la presa. Se propondrá una tipología de presa y realizará la evaluación de su estabilidad de taludes tanto aguas arriba como abajo, análisis de filtraciones y presiones intersticiales, deformaciones, etc. para determinar la estabilidad de la presa y su conformación utilizando modelos y software especializados.

3.2.2 Herramientas y/o software utilizado

Las herramientas o equipos utilizados fueron equipos de refracción sísmica, MASW, tomografía eléctrica, sondeo eléctrico vertical, brújula para medición de fracturas, equipo de perforación diamantina y equipo de pruebas de permeabilidad. Finalmente equipos estándar y especiales de laboratorio de mecánica de suelos según norma ASTM.

Respecto a los programas utilizados para procesamiento de datos geofísicos como el SeisImager, TM Ipiwin. Para el proceso de orientación de fracturas se utilizó el software DIPS y para el proceso de datos de perforaciones, pruebas de permeabilidad y ensayos de laboratorio se utilizaron los programas Office (2011), RocData, LoadCap, Autocad, Arc gis. Para el diseño de la presa 2D se utilizó el programa SLIDE Ver 6.0.

3.3 EVALUACIÓN TÉCNICA Y FACTIBILIDAD

3.3.1 Análisis geotécnico

Se realizó un análisis geotécnico completo del terreno de fundación de la presa, determinando su capacidad de soporte admisible, el tipo de suelo y subsuelo predominante, comportamiento a la compresión, permeabilidad de la roca y suelo, resistencia del macizo rocoso y orientación de planos de fracturamiento predominantes.

El objetivo fue caracterizar el terreno de fundación de la presa, establecer sus condiciones de soporte de la cimentación donde se emplazará la presa, proponer un tipo de presa adecuado a las condiciones encontradas, proponer la profundidad de la pantalla de inyecciones y establecer las condiciones de estanqueidad (filtraciones) de la presa y definir las deformaciones que alcanzaría su diseño.

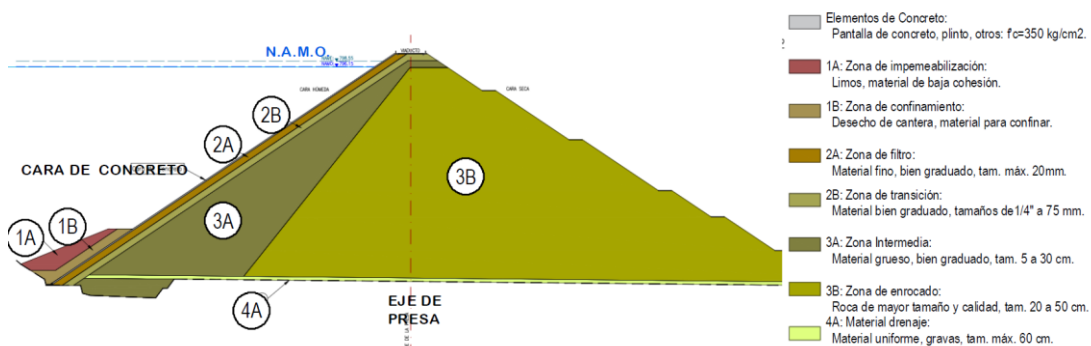
3.3.2 Modelado estructural

Se simuló el comportamiento estructural de una sección típica de la presa de enrocado con cara de concreto (CFRD), bajo las condiciones sísmica extremas esperadas. Se evaluó la estabilidad de taludes de la presa por métodos de equilibrio límite y deformaciones esperadas. Además sus condiciones de infiltración dentro del cuerpo de la presa.

Figura 1

Sección típica de la presa CFRD propuesta.

PRESA SAMA



3.3.3 Simulación de impacto ambiental

Se analizó posibles impactos en el área de estudio para el diseño de la represa Sama en el distrito de Inclán de Tacna, como impacto negativo se contribuye al desarrollo de una gestión del recurso hídrico sostenible, dado que el presente trabajo de investigación ayudará a que se diseñen alternativas de solución adecuados y funcional, pertinentes y económicos para el almacenamiento y regulación de agua de periodos de superávit hídrico del río Sama aprovechables para el uso agrario y poblacional en beneficio de la población asentada en el valle del río Sama que conforman los distritos de Inclán y Sama. Se mejorará la producción agrícola, la salubridad de sus pobladores y reducirá el riesgo de desborde fluvial en épocas de avenidas mejorando la economía y condiciones de salud de sus habitantes. Como impacto negativo se identifica la afectación a la flora y fauna de toda el área del vaso, presa y obras conexas que se encuentran emplazados en el cauce y flancos del valle del río Sama que están compuestos principalmente por terrenos de cultivo y fauna doméstica.

3.4 PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN

3.4.1 Cronograma de actividades

Tabla 1

Cronograma de actividades de ejecución de la investigación.

Nº	Actividades.	Tiempo (meses) 2025-2026						
		O	N	D	E	F	M	A
1.	<i>Planificación del plan de investigación.</i>							
1.1	Planteamiento del problema.	X						
1.2	Marco teórico.	X						
1.3	Diseño metodológico.	X						
1.4	Presentación del plan de investigación.	X						
2.	<i>Autorización de ejecución.</i>							
2.1	Presentación a Dirección de Investigación de la EPG.	X						
2.2	Aprobación.		X					
3.	<i>Ejecución del proyecto de investigación.</i>							
3.1	Preparación de instrumentos.		X					
3.2	Validación de instrumentos.		X					
3.3	Selección de muestras.			X				
3.4	Toma de datos de campos.			X				
3.5	Toma de datos de laboratorio.			X				

3.6	Sistematización y organización de datos.	X		
3.7	Análisis e interpretación de datos.		X	
4.	Redacción de la tesis.			
4.1	Redacción del informe.	X	X	
4.2	Redacción del artículo de investigación.		X	
4.3	Conclusiones y sugerencias.		X	
4.4	Sustentación			X

3.4.2 Asignación de recursos

Recursos humanos: Los recursos humanos con los que se contó en el presente proyecto para su realización son: 1 Ingeniero geólogo-geotécnico, 1 Técnico de laboratorio de mecánica de suelos y rocas, 1 Ingeniero civil con conocimiento de hidráulica, 2 ayudantes de campo.

Recursos materiales: En este punto básicamente se tiene resultados e informes técnicos de prospección geofísica como: refracción sísmica (RS), MASW, Tomografía eléctrica y sondeo eléctrico vertical (SEV), Informes de logeos de perforaciones diamantinas, reportes de ensayos de permeabilidad Lugeon y Lefranc, brújula azimutal para análisis cinemáticos de fracturas, equipos de laboratorio (tamices, horno, balanza, Proctor, prensa uniaxial y triaxial, equipo de densidad de campo, peso específico), vehículos para reconocimiento de campo y otros.

Infraestructura: Básicamente referido a: laboratorio de suelos y rocas con equipos certificados y la perforación de pozos diamantinos. Además de un ambiente para desarrollo de esta investigación.

3.4.3 Costos y financiamiento

Se ha determinado los costos de ejecución de la investigación por un costo de S/. 22,583.00 (veintidós mil quinientos ochenta y tres con 00/100 soles) de acuerdo con los alcances de la tabla 2.

Tabla 2

Costos a precios reales de la ejecución de la investigación.

Rubro	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario	Precio sub total
1. Personal				
-Personal de apoyo. (global)	Mes	06	640.00	3840.00
2. Material y Equipo				
-Lapiceros.	Und.	12	2.00	24.00
-Papel bond 80g. A4.	Millar	02	26.00	52.00
-Folder.	Und.	24	0.50	12.00
-Tinta de impresora.	Und.	01	240.00	240.00
-Fotocopiado de hojas.	Ciento	04	10.00	40.00
-USB (16 GB).	Und	01	40.00	40.00
-Computadora portátil.	Und.	01	4500.00	4500.00
-Impresora A-4.	Und.	01	800.00	800.00
-Cámara fotográfica.	Und.	01	500.00	500.00
-Textos.	Und.	06	80.00	480.00
-Artículos digitales.	Und.	05	105.00	525.00
3. Servicios				
-Internet. (mensual)	Mes	06	50.00	300.00
-Ensayos de laboratorio (suelos y rocas)	Glb.	10	240.00	2400.00
-Alquiler de camioneta Pick cup (campo)	Día	15	400.00	6000.00
-Impresión informe (Planos A1, A2 y A3)	Und.	06	100.00	600.00
-Refrigerio.	Glb.	01	600.00	600.00
-Alquiler de esclerómetro, GPS, Brújula	Día.	15	70.00	1050.00
-Tipeo del informe.	Und.	01	80.00	80.00
4. Otros				
-Pasajes y refrigerios en ciudad	Glb.	01	500.00	500.00
Total S/.				22,583.00

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 DESARROLLO DEL PROYECTO Y VALIDACIÓN DEL DISEÑO

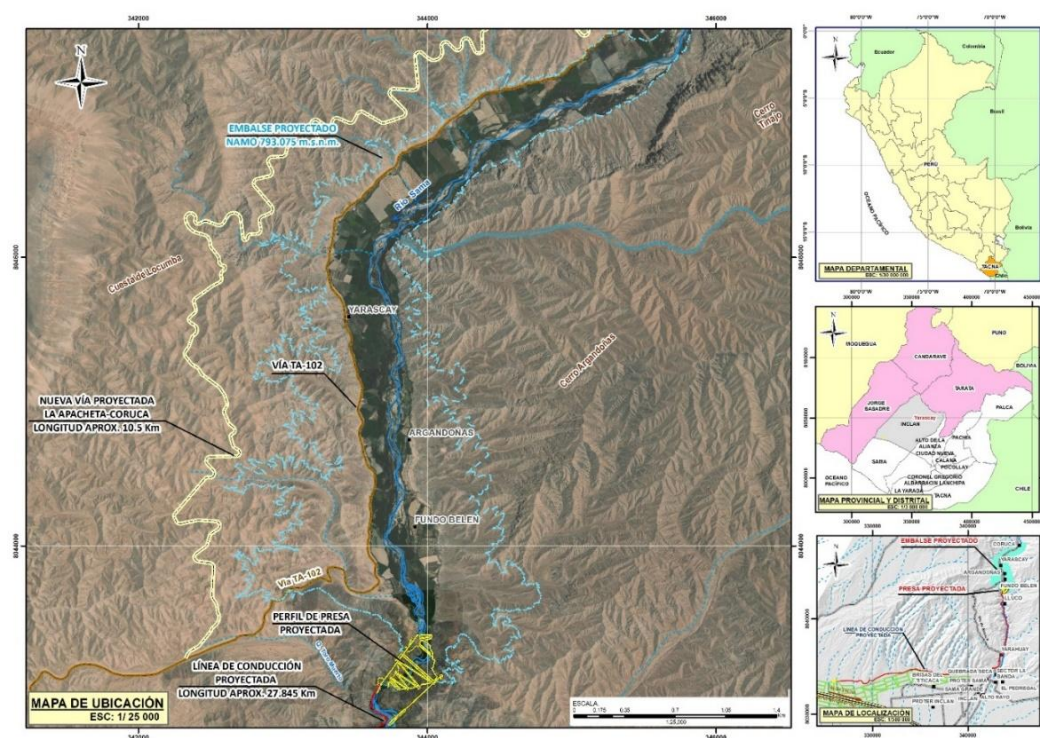
Durante el desarrollo del proyecto de investigación y validación, se realizaron las siguientes acciones clave para la investigación aplicada.

4.1.1 Ubicación del proyecto

Se ubica en el departamento de Tacna, provincia de Tacna, distrito de Inclán en el sector de Yarascay, en las coordenadas del sistema UTM 19 Sur WGS-84, que inicia en el anexo de Yarascay en la coordenada WGS-84: 343720.811E/8042724.895 N con una cota de 690 msnm y culmina valle arriba cerca al centro poblado de Coruca en la coordenada WGS-84: 345745.761E/8047793.765 N con una cota 800 msnm, el cual se muestra en la figura 2.

Figura 2

Ubicación del proyecto distrito de Inclán en el sector de Yarascay.



4.1.2 Caracterización del área de estudio

4.1.2.1 Altitud y Geomorfología

El área de emplazamiento de la represa Sama y obras conexas posee una cota de inicio de 690 m.s.n.m. y una cota final de 870 m.s.n.m. atravesando unidades fisiográficas bien definidas como llanura de inundación del río Sama, laderas volcánicas muy fracturadas del Grupo Toquepala, laderas conglomerádicas de la formación Moquegua Inferior, colinas estructurales de roca intrusiva de la Superunidad Yarabamba, conos de deyección aluvial de desembocadura de quebradas y terrazas aluviales asimétricas de valle (por disminución de la corriente asociados al cambio climático). Geomorfológicamente están identificadas como cadena de cerros, valle del río Sama, conos de deyección y escarpas de volcánico sedimentarias.

4.1.2.2 Clima

El área de estudio se caracteriza por presentar un clima seco y árido con bajas precipitaciones pluviales. Esta situación se debe principalmente a la influencia de la cordillera de los Andes y de la corriente marina de Humboldt de aguas frías, la primera sobre todo sirve de barrera natural para el paso de los vientos cargados de humedad del Atlántico.

A continuación se presentan los datos climatológicos extraídos de la estación CO-SAMA del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, correspondientes al área de Influencia del Proyecto, correspondiente a la serie histórica 1964-2020.

La temperatura máxima media varía entre 23.31 y 30.29 °C, la temperatura mínima Media entre los 7.76 y los 14.80 °C, mientras que la Temperatura Media Mensual de 15.08 y los 22.72 °C, registrándose los mínimos promedios en los meses de julio y agosto, mientras que los máximos promedios fueron registrados en el mes de febrero (**Tabla 3**).

Tabla 3*Temperaturas máxima, media y mínima del área de estudio*

Parámetro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Temperatura Máxima °C	29,8 5	30,2 9	29,8 0	28,4 2	26,6 9	24,1 8	23,3 1	23,9 8	25,0 7	26,2 4	27,6 0	28,7 1
Temperatura Mínima °C	14,2 6	14,8 0	13,7 9	11,7 7	9,54	8,23	7,76	7,84	8,53	9,85	11,4 9	12,6 6
Temperatura Media °C	22,3 3	22,7 2	21,8 7	20,2 5	18,1 3	15,8 5	15,0 8	15,3 6	16,2 3	17,8 0	18,6 2	20,2 1

Nota: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología-Base de Datos de la Estación CO-Sama 1964-2020.

En promedio, la Humedad Relativa Media varía desde 74,63 % en el mes de noviembre hasta 80,20 % en el mes de mayo.

Tabla 4*Humedad relativa del área de estudio*

Parámetro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Humedad Relativa Media Mensual (%)	79,3 6	79,3 6	79,5 9	79,8 1	80,2 0	77,1 4	77,0 8	78,4 5	78,5 7	79,0 4	74,6 3	77,3 4

Nota: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología-Base de Datos de la Estación CO-Sama 1964-2020

En la zona de estudio se registró la velocidad del viento, con un promedio que varía entre los 0.93 y los 1.38 m/s, registrándose los mínimos promedios en los meses de mayo a agosto, y los máximos promedios los meses enero y febrero.

Tabla 5*Velocidad del viento del área de estudio*

Parámetro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Velocidad del Viento (m/s)	1,31	1,38	1,18	1,02	0,95	0,93	0,93	0,95	1,02	1,07	1,20	1,26

Nota: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología-Base de Datos de la Estación CO-Sama 1964-2020.

De acuerdo con la descripción de las zonas de vida, en la zona de estudio se registraron valores incipientes para la precipitación total mensual, siendo el promedio máximo mensual de 2.76 mm en el mes de setiembre, y el mínimo mensual de 0.00 mm en el mes de marzo.

Tabla 6

Precipitación del área de estudio

Parámetro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Precipitación Total Mensual (mm)	0.33	0.33	0.00	0.33	0.00	2.18	1.45	2.30	2.76	0.90	0.80	0.80

Nota: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología-Base de Datos de la Estación CO-Sama 1964-2020.

4.1.3 Adquisición y procesamiento de datos

Se ha adquirido datos de campo mediante mapeo geológico, geomorfológico y estructural con el levantamiento de estaciones geomecánicas. Así mismo, se ha recopilado información de estudios básicos de ingeniería del proyecto con código único de inversiones N° 2490258: "Mejoramiento del servicio de provisión de agua para riego, mediante sistema de represamiento en la Cuenca del Río Sama" realizados por el Gobierno Regional de Tacna (2022), estudio de Factibilidad del proyecto de Represamiento Yarascay (2012-2014) elaborado por el Proyecto Especial Tacna, Perfil de Proyecto (Análisis de Viabilidad) "Represamiento Yarascay" (2001) elaborado por el Proyecto Especial Tacna, Estudio de Factibilidad del Proyecto de Regulación del río Sama para la construcción de la represa Yarascay (1981) elaborado por la Oficina General de Irrigaciones del Ministerio de Agricultura. La información adquirida y procesada consiste en lo siguiente:

Para la caracterización geotécnica de la presa y obras conexas se ha procesado y analizado los resultados de los taladros diamantinos ejecutados en estudios anteriores (18) y han sido complementados con taladros diamantinos recientemente ejecutados por el Gobierno Regional de Tacna (7) contando con resultados de resistencia a la compresión uniaxial de cores a nivel de rasante. También se

ejecutaron estudios de prospección geofísica como: MASW+MAM (MM), refracción sísmica (LS), sondeos eléctricos verticales (SEV) y tomografía eléctrica (TE), cuyos resultados fueron correlacionados con los taladros diamantinos y se elaboraron perfiles geotécnicos de los terrenos de fundación que caracterizan objetivamente la estratigrafía, permeabilidades, el índice de calidad de la roca (RQD - Rock Quality Designation) y el índice del macizo rocoso (Rock Mass Rating - RMR). Además, se está complementando con el levantamiento de 19 estaciones geomecánicas con muestreo de bloques para análisis en mecánica de rocas que ha permitido una zonificación de la calidad del macizo rocoso (RMR) en superficie (**Figura 3**).

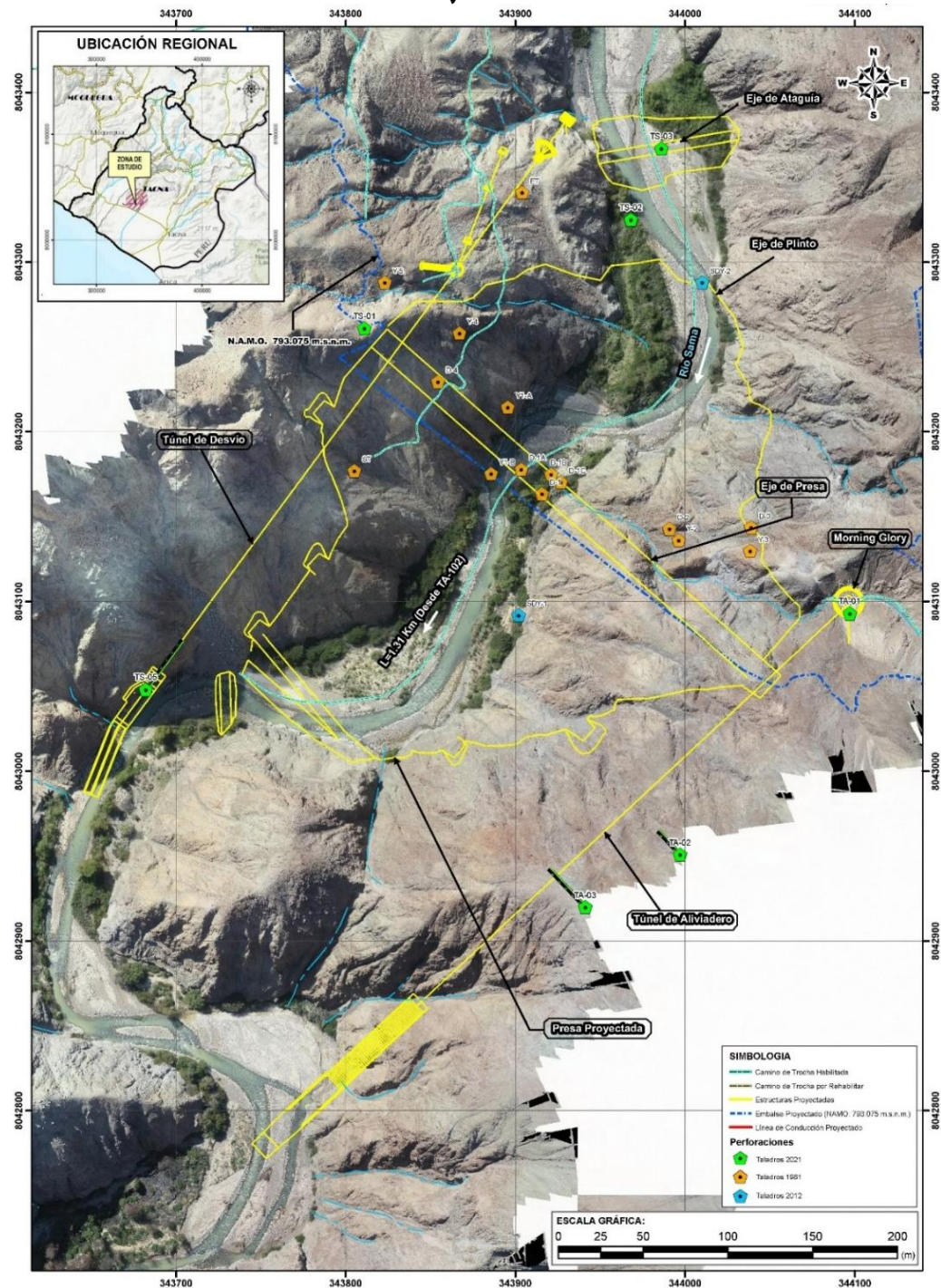
Finalmente, se cuenta con estudios de mecánica de suelos para la caracterización físico-mecánica del suelo de cobertura que cubre el basamento rocoso donde se emplazara la represa Sama, con fines de optar el uso de estos como cantera y análisis de su estabilidad, en la conformación de la presa. Así mismo, se elaboró, el estudio de peligro sísmico para el análisis de la estabilidad de la presa ante la aplicación de cargas cíclicas.

La información compilada y plasmada en los planos y secciones de caracterización geotécnica corresponden a la información siguiente:

- ✓ 07 perforaciones diamantinas perforadas en el año 2021 distribuidas en el esquema hidráulico propuesto por el estudio de perfil de julio 2020, ejecutado por el Gobierno Regional de Tacna (GRT)
- ✓ 03 taladros diamantinos ejecutados por el estudio de Factibilidad Represamiento Yarascay ejecutados en el año 2012 ejecutados por el Proyecto Especial Tacna (PET).
- ✓ 15 taladros diamantinos ejecutados por la Oficina General de Irrigaciones del Ministerio de Agricultura para el Estudio de Factibilidad del Proyecto denominado Regulación del río Sama, en el año 1981. En la figura n° 17 se puede visualizar la distribución de los taladros señalados y su utilidad para cada estructura conexas de la presa.

Figura 3

Distribución de taladros diamantinos en la Presa y Obras Conexas.



- ✓ Para la elaboración del estudio de geología y geotecnia a nivel de expediente técnico (2021 – 2022) se realizó la siguiente prospección geofísica:

- 02 líneas de refracción sísmica por un total de 426 metros lineales
 - 11 líneas tomográficas por un total de 1640 metros lineales
 - 03 ensayos de análisis multicanal de ondas de superficie - MASW
 - 03 ensayos de Medición de Microtrepidaciones - MAM
 - 17 ensayos (puntos) de MASW combinados con MAM
 - 52 sondeos Eléctricos Verticales – SEV.
- ✓ El estudio a nivel de perfil (2020) ejecutado por el Gobierno Regional de Tacna (GRT) realizó un estudio geofísico de acuerdo con lo siguiente:
- 06 líneas tomográficas por un total de 1400 metros lineales
 - 14 líneas de refracción sísmica por un total de 552 metros lineales
 - 11 ensayos de análisis multicanal de ondas de superficie – MASW.

4.1.4 Levantamiento topográfico

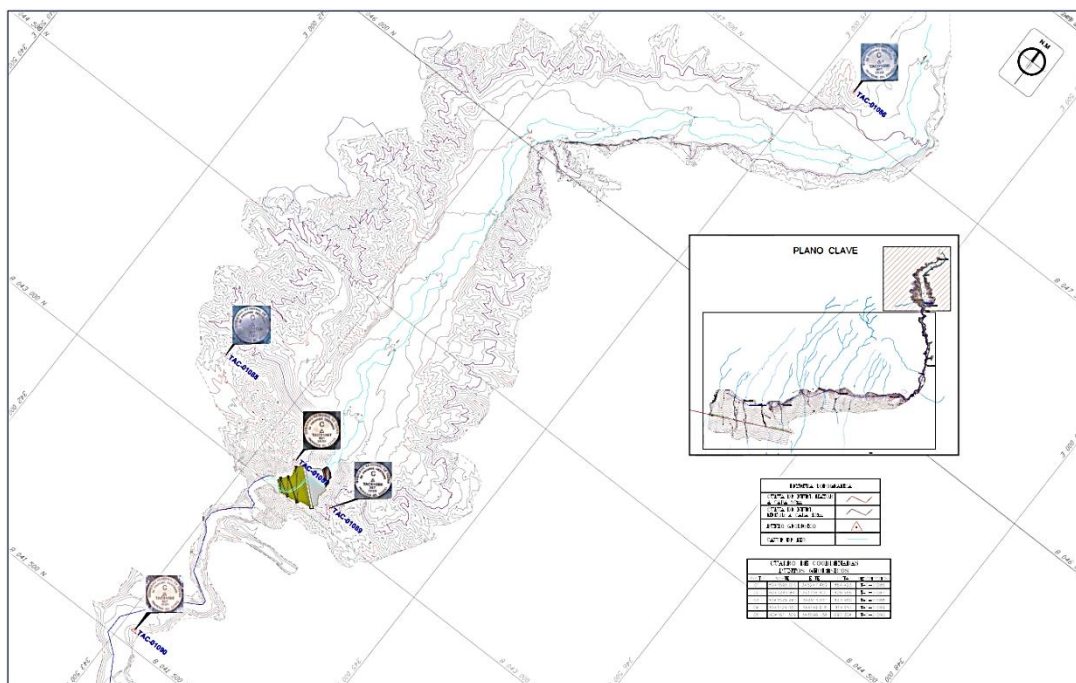
El estudio topográfico se realizó en el área de influencia del proyecto donde se emplazará el eje de la presa, el vaso del embalse, obras conexas y otras áreas de interés (canteras, accesos, áreas auxiliares, etc.). Para ello se han establecido cinco (5) puntos geodésicos de orden “C” y cuarenta y uno (41) puntos de control en zona de embalse. El levantamiento topográfico, se realizó desde la base poligonal básica de apoyo, tomando puntos con perfiles en sentido longitudinal y transversal en la cantidad necesaria para representar con precisión los elementos sobre el terreno.

Tabla 7

Coordenadas de los Puntos Geodésicos de orden "C" Zona 19 Sur

Código	UTM WGS-84, zona 19 S			Geodésicas		
	Norte	Este	Altura	Latitud	Longitud	Altura Elipsoidal
TAC-01086	8047696.015	345247.469	864.423	17°39'07.90314" S	70°27'31.90005" O	899.899 m
TAC-01087	8043249.841	343756.400	828.566	17°41'32.15805" S	70°28'23.66868" O	863.469 m
TAC-01088	8043529.260	342913.051	823.460	17°41'22.85375" S	70°28'52.21456" O	858.333 m
TAC-01089	8043129.062	344149.918	814.651	17°41'36.18683" S	70°28'10.34594" O	849.569 m
TAC-01090	8041611.309	343598.138	697.304	17°42'25.41803" S	70°28'29.47483" O	732.015 m

Figura 4
Plano topográfico del proyecto de embalse



4.1.5 Hidrología

A continuación se expondrá los resultados de la evaluación de disponibilidad hídrica en situación actual y en un escenario Con Proyecto, para el mejoramiento de dotación de agua para el sector agrícola de Sama, a partir del represamiento de aguas en periodo de avenidas y su regulación en meses de estiaje.

4.1.5.1 Balance Hídrico

4.1.5.1.1 Sin proyecto

En el escenario actual y con una oferta de agua al 75% de persistencia (sin represa), existe un déficit de 16.912 MMC/año. En la Tabla 8 se muestra los detalles de la oferta, la demanda y el balance hídrico para cada mes (figura 5).

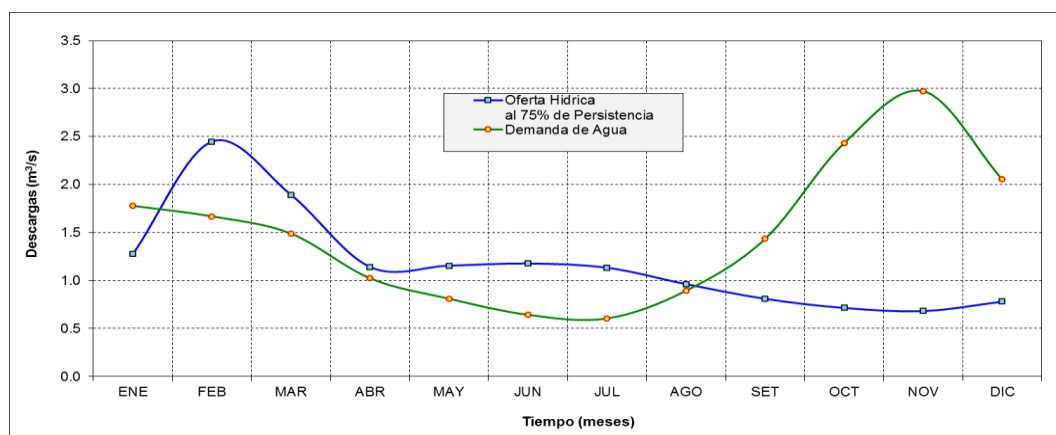
Tabla 8
Balance Hídrico en Escenario Sin Proyecto

DESCRIPCIÓN	UNID	MESES												PROM. y/o TOTAL
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
Oferta de Río Sama al 75% Persistencia	(m³/s)	1.127	2.297	1.744	0.992	1.005	1.028	0.984	0.813	0.660	0.565	0.532	0.630	1.031
Oferta de Manantiales Valle de Sama	(m³/s)	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150
Oferta Total	(m³/s)	1.277	2.447	1.894	1.142	1.155	1.178	1.134	0.963	0.810	0.715	0.682	0.780	1.181
	MMC	3.420	5.920	5.073	2.960	3.095	3.053	3.037	2.580	2.098	1.914	1.768	2.088	37.005
Demanda Coruca	(m³/s)	0.136	0.134	0.117	0.077	0.060	0.049	0.049	0.068	0.094	0.143	0.165	0.121	0.101
Demanda Inclán	(m³/s)	0.265	0.266	0.230	0.178	0.140	0.114	0.114	0.196	0.314	0.546	0.600	0.245	0.267
Demanda Tomasiri	(m³/s)	0.444	0.336	0.336	0.281	0.225	0.177	0.143	0.142	0.252	0.411	0.722	0.790	0.305
Demanda Las Yaras	(m³/s)	0.180	0.180	0.152	0.122	0.096	0.076	0.076	0.150	0.258	0.471	0.510	0.163	0.203
Demanda Valle Bajo	(m³/s)	0.076	0.076	0.070	0.056	0.044	0.034	0.034	0.063	0.106	0.187	0.203	0.073	0.085
Demanda Riegos Kovire	(m³/s)	0.089	0.087	0.080	0.067	0.052	0.043	0.042	0.066	0.098	0.117	0.131	0.090	0.080
Demanda PROTER Sama	(m³/s)	0.581	0.582	0.497	0.236	0.186	0.141	0.140	0.202	0.305	0.548	0.634	0.563	0.385
Demanda Población Inclán	(m³/s)	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008
Demanda Total	(m³/s)	1.779	1.669	1.490	1.024	0.811	0.643	0.605	0.894	1.435	2.432	2.973	2.053	1.484
	MMC	4.764	4.038	3.990	2.654	2.172	1.666	1.621	2.396	3.719	6.514	7.706	5.498	46.738
Balance Hídrico	(m³/s)	-0.502	0.778	0.404	0.118	0.344	0.535	0.529	0.069	-0.625	-1.717	-2.291	-1.273	-0.303
	MMC	-1.344	1.883	1.083	0.306	0.923	1.386	1.416	0.184	-1.621	-4.599	-5.938	-3.410	-9.732
Superávit	MMC	0.000	1.883	1.083	0.306	0.923	1.386	1.416	0.184	0.000	0.000	0.000	0.000	7.180
Déficits	MMC	-1.344	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-1.621	-4.599	-5.938	-3.410	-16.912

Fuente: Expediente Técnico: Mejoramiento del servicio de provisión de agua para riego, mediante sistema de represamiento en la cuenca del río Sama, distrito de Inclán, provincia de Tacna, departamento de Tacna (2020) / Estudio Hidrológico / Gobierno Regional de Tacna.

() = Superavit
(-) = Déficit

Figura 5
Balance Hídrico Sin Proyecto de Valle Sama



Fuente: Expediente Técnico: Mejoramiento del servicio de provisión de agua para riego, mediante sistema de represamiento en la cuenca del río Sama, distrito de Inclán, provincia de Tacna, departamento de Tacna (2020) / Estudio Hidrológico / Gobierno Regional de Tacna.

4.1.5.1.2 Con proyecto

En el escenario Con Proyecto se considera la oferta que la represa proyectada que almacenará principalmente las descargas del periodo de avenidas (enero a marzo) y serán reguladas durante el periodo de estiaje. En la Tabla 9 se observa un déficit de 0.343 MMC/año.

Tabla 9
Balance Hídrico en Escenario Con Proyecto

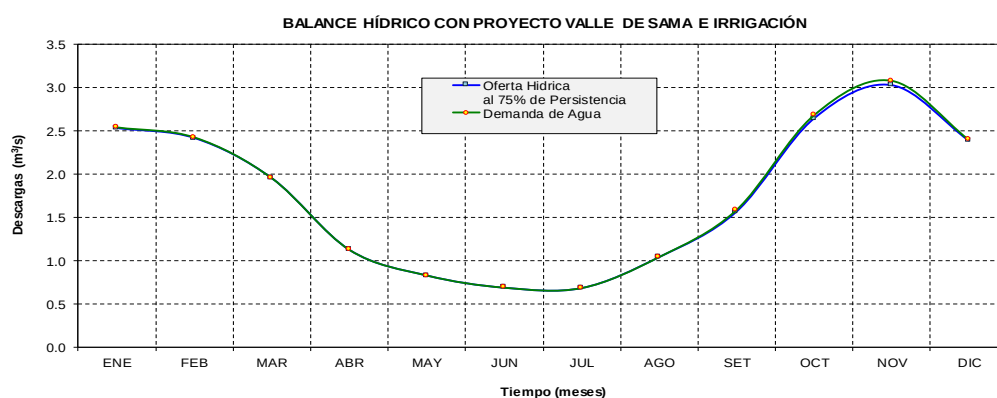
DESCRIPCIÓN	UNID	MESES												PROM. y/o TOTAL
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
Oferta Hídrica Inclán	(m³/s)	0.265	0.266	0.230	0.178	0.140	0.114	0.114	0.196	0.314	0.546	0.600	0.245	0.267
Oferta Hídrica Tomasiri - Las Yaras	(m³/s)	0.484	0.485	0.404	0.212	0.168	0.131	0.130	0.213	0.341	0.592	0.688	0.402	0.354
Oferta Hídrica Valle Bajo	(m³/s)	0.076	0.076	0.070	0.056	0.044	0.034	0.034	0.063	0.106	0.187	0.203	0.073	0.085
Oferta Hídrica PROTER Sama	(m³/s)	0.290	0.291	0.248	0.118	0.093	0.070	0.070	0.101	0.153	0.274	0.317	0.281	0.192
Oferta Hídrica Afectados Kovire	(m³/s)	0.080	0.080	0.080	0.067	0.052	0.043	0.042	0.066	0.080	0.080	0.080	0.080	0.069
Oferta Hídrica Población Inclán	(m³/s)	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008
Oferta Hídrica Irrigación	(m³/s)	1.331	1.213	0.914	0.490	0.329	0.293	0.292	0.399	0.570	0.958	1.136	1.302	0.769
Oferta Total	(m³/s)	2.535	2.420	1.954	1.129	0.834	0.694	0.690	1.047	1.572	2.645	3.032	2.392	1.745
	MMC	6.790	5.853	5.234	2.927	2.234	1.798	1.847	2.803	4.074	7.085	7.858	6.407	54.911
Demanda Coruca	(m³/s)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Demanda Inclán	(m³/s)	0.265	0.266	0.230	0.178	0.140	0.114	0.114	0.196	0.314	0.546	0.600	0.245	0.267
Demanda Tomasiri	(m³/s)	0.306	0.307	0.248	0.116	0.091	0.072	0.071	0.120	0.194	0.343	0.407	0.241	0.210
Demanda Las Yaras	(m³/s)	0.178	0.179	0.155	0.096	0.076	0.059	0.059	0.093	0.147	0.249	0.281	0.162	0.145
Demanda Valle Bajo	(m³/s)	0.076	0.076	0.070	0.056	0.044	0.034	0.034	0.063	0.106	0.187	0.203	0.073	0.085
Demanda Riegos Kovire	(m³/s)	0.089	0.087	0.080	0.067	0.052	0.043	0.042	0.066	0.098	0.117	0.131	0.090	0.080
Demanda PROTER Sama	(m³/s)	0.290	0.291	0.248	0.118	0.093	0.070	0.070	0.101	0.153	0.274	0.317	0.281	0.192
Demanda Población Inclán	(m³/s)	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008
Demanda Irrigación	(m³/s)	1.331	1.213	0.914	0.490	0.329	0.293	0.292	0.399	0.570	0.958	1.136	1.302	0.769
Demanda Total	(m³/s)	2.543	2.426	1.954	1.129	0.834	0.694	0.690	1.047	1.590	2.682	3.083	2.402	1.756
	MMC	6.813	5.870	5.233	2.927	2.234	1.798	1.847	2.803	4.122	7.184	7.990	6.434	55.253
Balance Hídrico	(m³/s)	-0.008	-0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.018	-0.037	-0.051	-0.010	-0.011
	MMC	-0.023	-0.016	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.048	-0.099	-0.131	-0.026	-0.342
Superávit	MMC	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Déficits	MMC	-0.023	-0.016	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.048	-0.099	-0.131	-0.026	-0.343

En el escenario Con Proyecto se ha realizado la simulación hidrológica con el programa WEAP de la represa proyectada en Sama para un periodo de 50 años de operación, cuya regla de operación del embalse estará en función a las demandas de agua proyectadas y cuya descarga de represa incluyendo 0.150 m³/s de oferta de manantiales y agua de recuperación para atender las demandas agrícolas del valle

de Sama, la oferta calculada para todos los usos sería del orden de 1.745 m³/s, bajo estas consideraciones se logrará atender las demandas con confiabilidades en el tiempo y volumen de 100% y 100% respectivamente para el caso de una irrigación proyectada y valle de Sama, el balance hídrico da como resultado es deficitario en 0.343 Hm³/año.

Figura 6

Balance Hídrico Con Proyecto Valle de Sama e Irrigación



Fuente: Expediente Técnico: Mejoramiento del servicio de provisión de agua para riego, mediante sistema de represamiento en la cuenca del río Sama, distrito de Inclán, provincia de Tacna, departamento de Tacna (2020) / Estudio Hidrológico / Gobierno Regional de Tacna.

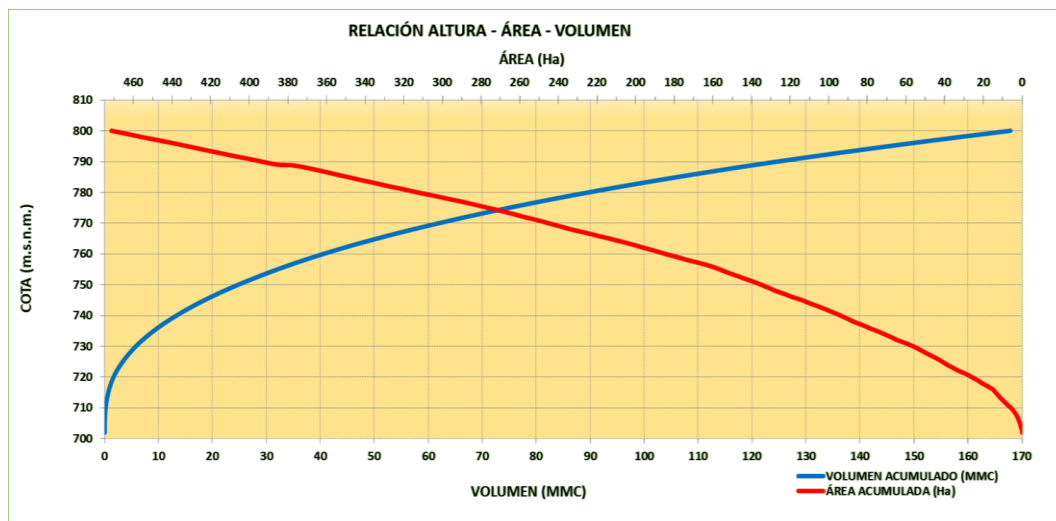
4.1.5.2 Resultados de modelo de simulación hidrológica de la represa proyectada

El modelo de simulación hidrológica empleado para la represa proyectada se fundamenta en un balance de entradas y salidas de volúmenes de agua a nivel mensual para un horizonte de 50 años de operación, cuya estructura del modelo hidrológico empleado está dada por el programa WEAP.

El desarrollo de la simulación hidrológica se ha aplicado para un volumen total máximo de 120 MMC con un área de espejo de agua de 377.609 hectáreas y una cota máxima de 788.81 msnm. A continuación se presentan un resumen de resultados de las disponibilidades hídricas calculadas en el escenario Con Proyecto (Figura 7), que ayudara a definir la altura de la presa y el volumen de almacenamiento.

Figura 7

Modelo de simulación hidrológica para el escenario con proyecto zona de demanda



4.1.6 Caracterización geológica

Se desarrolló un trabajo de campo a detalle en todos los subcomponentes de esta obra, considerados en el esquema inicial propuesto. Se efectuó la caracterización geológica en superficie mediante el mapeo de afloramientos y para el modelamiento del sub suelo se utilizó la información disponible de logueos de perforaciones diamantinas y la ejecución de prospección geofísica en el eje y embalse (tomografía eléctrica, refracción sísmica, MASW, MAM y sondeo eléctrico vertical - SEV). Las unidades litoestratigráficas más antiguas que afloran en el área de estudio corresponden a secuencias volcánicas de serie entre el Cretáceo Superior y el Paleógeno Paleoceno, conformadas por rocas del Grupo Toquepala identificadas como la formación Matalaque y la formación Quellaveco. Así como, secuencias volcánicas durante el Mioceno, conformada por la Formación Huaylillas. Las unidades intrusivas son de composición diorita y monzonítica que corresponden a la Superunidad Yarabamba del Cretáceo. Los depósitos de edad cuaternaria están representados por los depósitos fluviales, aluviales, residuales y coluviales; que a continuación se procede a exponer:

4.1.6.1 Formación Matalaque (Ki-ma): Cretácico Inferior

Pertenece al Grupo Toquepala y está compuesto principalmente de andesitas de color gris verdoso de textura porfirítica, dacitas, latitas, aglomerados y brechas volcánicas. La roca andesita se expone como flujos de lavas con textura porfirítica y afanítica que se sitúa en la margen derecha e izquierda del valle del río Sama entre la desembocadura de la quebrada Toro Muerto y el anexo de Lluco, desde aquí hacia el Sur está infrayacente a la formación Quellaveco y no se ha encontrado más afloramientos. Valle arriba vuelve a aflorar a 2 km al norte del anexo de Coruca influencia por otra falla inversa de componente sinistral con rumbo az. 275° NO - SE, denominada falla Coruca en forma de anticlinal, debido a que eleva sobre formaciones más recientes generado por esfuerzos compresionales asociados a movimientos epirogénicos post plegamiento del ciclo andino. Se presenta intruida por diques sub volcánicos de andesita porfirítica de tonalidad oscura e intruida por una estructura en forma de Stock compuesto de monzonita, diorita, adamelita y monzodiorita de ambiente plutónico perteneciente a la Superunidad Yarabamba (62 a 58 Ma).

Presenta tres (3) sistemas de fracturamiento bien definidos, el primero y más importante es de orientación NE – SO con rumbo azimuthal variable entre 192° a 217° SO con buzamiento entre 65° a 90° NO, el segundo sistema es de orientación NO – SE con rumbo azimuthal variable entre 104° a 121° SE con buzamiento entre 63° a 84° SO. Finalmente, el tercero y menos persistente son las fracturas N – S con rumbo azimuthal entre 350° a 4° con buzamiento 74° a 88° O – E. Las estaciones geomecánicas la caracterizan como una roca de tipo III (regular) en superficie, mientras que los taladros a profundidad las clasifican de tipo III a tipo II (regular a buena).

Figura 8
Afloramientos de la formación Matalaque



Nota: Afloramientos de la formación Matalaque, compuesta de andesitas porfíricas que se encuentran disectadas por la llanura de inundación del río Sama entre los anexos de Yarascay y Lluco. La formación Matalaque se encuentra elevada sobre la formación Quellaveco siendo esta última posterior.

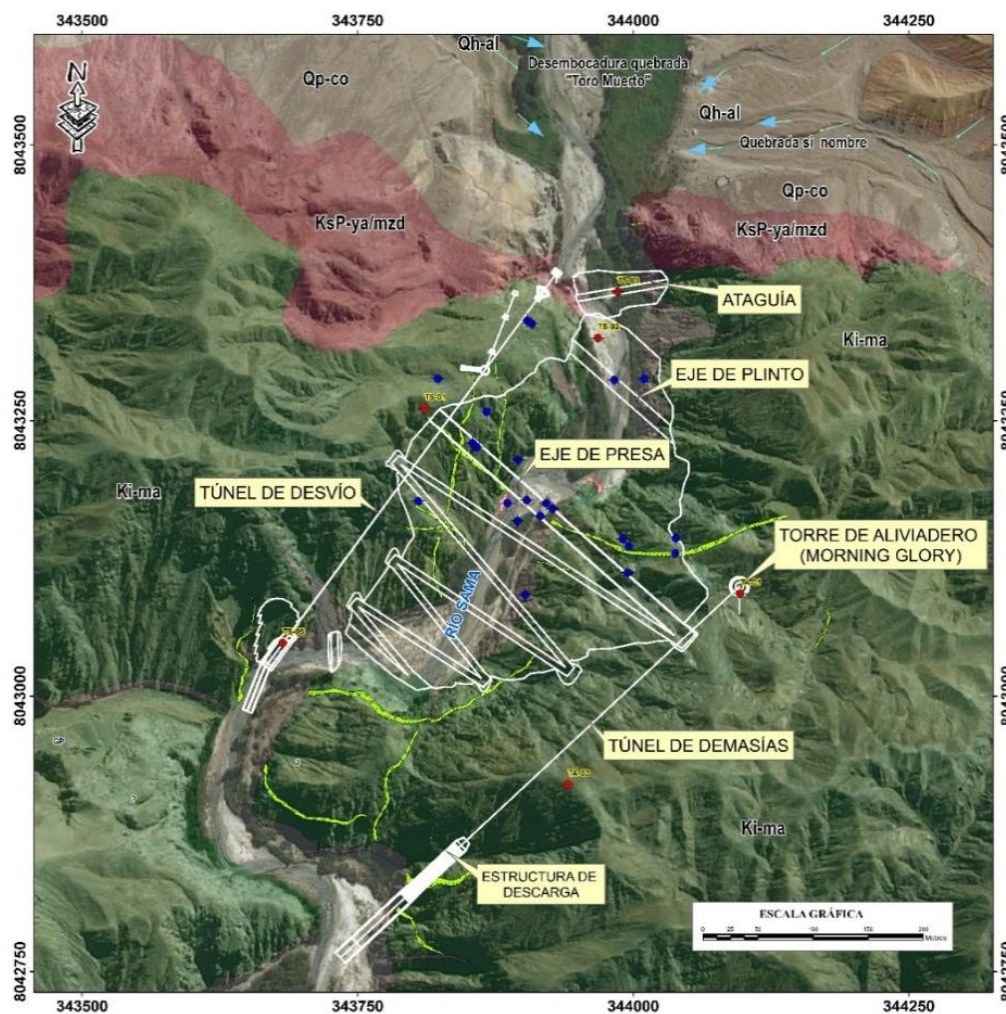
Sobre esta unidad se emplazará la presa, túnel de desvío (margen derecho), aliviadero y túnel de demasías, eje de plinto y la ataguía, es decir que la formación Matalaque se constituye como la unidad más importante para estudiar de la zona de interés.

En la **margen derecha** de la zona de cierre se cuenta con información de los taladros TS-01, Y-5, Y-4, D-4, ST y Y1-A que han atravesado a la formación Matalaque compuesto de las rocas andesitas, traquiandesitas y latitas que suprayacen a un stock de monzodioritas y adamelitas de la Superunidad Yarabamba, que está intruido por diques de andesitas porfíricas, sobre estas rocas se ha proyectado la construcción del túnel de desvío.

En la **margen izquierda** de la zona de cierre los taladros TA-01, TA-02, TA-03, D-2, Y-2, Y-3 y D-3 han encontrado andesitas porfíricas, traquiandesitas y brechas englobadas en flujos de lava andesítica con tramos de aglomerados fracturados con rellenos de calcita, cuarzo y hematita. En la parte superior del taladro TA-01 presenta 13 metros de depósitos coluviales producto de derrumbes. Este macizo se encuentra intruido por andesitas porfíricas con orientación N – S y O –E con tendencia a buzamiento SE; así mismo no se ha encontrado el stock monzodiorítico hasta la profundidad perforada. En este lado se ha proyectado la construcción de una torre aliviadero tipo Morning Glory que descarga a través de un túnel hidráulico. (Figura 9).

Figura 9

Unidades geológicas en el emplazamiento de la presa y obras conexas



Finalmente, en el margen central o llanura de inundación se han ejecutado los taladros TS-02, TD-03, SDY-2, Y1-B, D-1A, D-1B y D-1C para estudio de la cimentación de la presa, eje de plinto y diseño de la ataguía, identificándose como basamento rocoso a la formación Matalaque que se encuentra cubierto por depósitos fluvio aluviales de espesor variable entre los 5.90 a 23.50 metros de espesor que sobreyacen a un stock intrusivo de monzodioritas y adamelitas. Por lo expuesto se concluye que la presa más adecuada por las condiciones geológicas encontradas será un tipo CFRD (Concrete Face Rockfill Dam)

4.1.6.2 Formación Moquegua Inferior (PE-mo_i): Oligoceno Inferior

Está compuesto por capas de areniscas tobáceas, lodolitas, arcillitas de color beige, gris y marrón respectivamente, son de grano medio a fino con intercalaciones de arcillas de color pardo oscuro a café y en ocasiones presenta lentes de gravas con contenidos de venillas de yeso y sales que indican un cambio de facies de Oeste a Este. Estas rocas afloran a 500 metros al oeste (O) del emplazamiento de la presa proyectada y a partir de los 1300 metros al sur oeste (SO) de la presa aproximadamente cuyo predominio local se ha mapeado desde la quebrada Yarahuay hasta la quebrada “Toro Muerto” como un gran emplazamiento entre los afloramientos de las rocas volcánicas del Grupo Toquepala detrás de los flancos del valle del río Sama y las rocas sedimentarias suprayacentes de la formación Moquegua Superior (ver anexo).

Los planos de estratificación de la formación Moquegua Inferior medidos en los cortes de la vía TA-102, presentan rumbo azimuthal variable entre 152° a 165° con orientación NO – SE y buzamientos de 5° a 7° en orientación SO evidenciando una clara influencia del levantamiento del Grupo Toquepala por el stock monzodiorico, que han formado un anticlinal con superficie axial NO – SE que cambian la orientación de buzamiento de las capas de la formación Moquegua Inferior de SO a NE. Esta formación se encuentra en discordancia angular a los afloramientos de la formación Matalaque.

Este miembro inferior evidencia plegamiento de Sur a Norte con presencia de flexuras en el lado norte del cerro “Cuesta de Locumba” y límite de cuenta de la margen izquierda del valle, hasta la quebrada “Toro Muerto”. Así mismo esta formación desarrolla en una franja sur a norte que cubre principalmente a las andesitas de la formación Quellaveco hasta la quebrada Toro Muerto.

Figura 10

Afloramiento de areniscas de la formación Moquegua Inferior



Nota: Cortes cerrados de la carretera afirmada Alto Berlín hasta el anexo de Coruca (342877E/8043531N).

4.1.6.3 Formación Moquegua Superior (PN-mo_s): Oligoceno a Mioceno Inferior

Este miembro tiene una litología areno conglomerádicas con intercalaciones de areniscas tobáceas, arcillas, tobas redepositadas, etc. Su grosor, textura y estructura varían de un sitio a otro tal como se les observa en los diversos cortes naturales de las quebradas. Sobreyace con débil discordancia a las capas del miembro inferior, tal como se puede notar en algunos cortes de las quebradas Gil, Agua del Milagro, Campanani, Toro Muerto y otras menores que convergen transversalmente al río Sama.

El contraste de color, estratigrafía y topografía entre los dos miembros de la formación Moquegua es claro y visible a distancia, permitiendo definir claramente el contacto desde metros más arriba del margen izquierdo de la quebrada “Toro Muerto” hasta la quebrada Gil, predominando planos de rumbo azimutal entre 113° a 132° SE y buzamiento entre 3° a 8° SO principalmente y luego tiene a variar a rumbo azimutal 92° O – E con buzamiento de 16° S (N – S), lo que evidencia una serie de procesos orogénicos que ha plegado a esta formación. Hacia el sur desde la quebrada Toro Muerto hasta la quebrada Yarahuay, la formación Moquegua Superior se encuentra casi totalmente erosionada, predominando su miembro inferior.

Localmente de Sur a Norte y de SO – NE, esta formación se encuentra suprayaciendo a la Formación Matalaque (Ki-ma) y esta última se encuentra elevada en dos (2) sectores importantes por influencia directa de los intrusivos de la Superunidad Yarabamba con movimientos epirogénicos que generaron plegamiento y post plegamiento entre las fases Quechua 1, Quechua 2 y Quechua 3, que han generado la formación y reactivación progresiva de las fallas inversas con componente sinistral como Calientes, Chañal y Coruca que han generado sistemas de compresionales NE - SO y tensionales NO – SE, lo que explica los rumbos y planos de buzamiento expuestos en algunas zonas de cizalla.

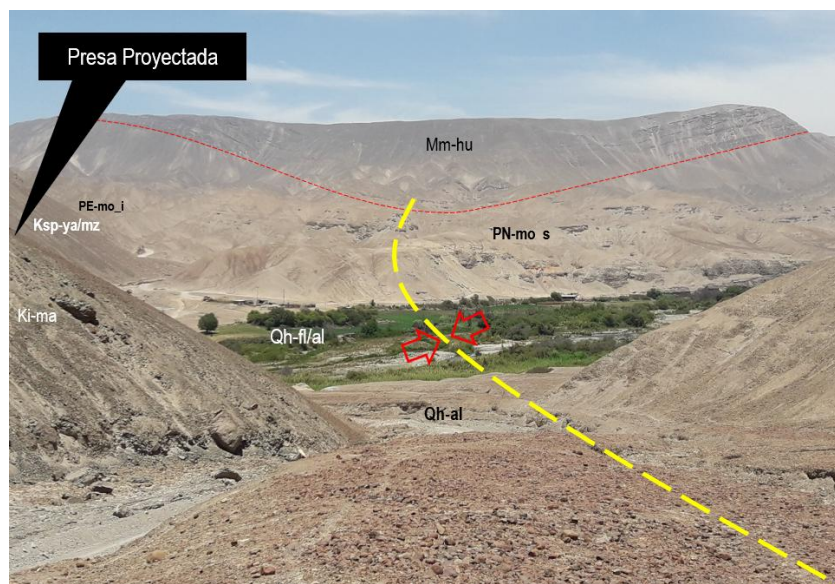
4.1.6.4 Formación Huaylillas (Nm-hu)

Esta formación está compuesta por flujos de tobas dacíticas y piroclastos con cenizas moderadamente soldadas, compuestas principalmente por tobas riolíticas y riodacíticas de colores claros (blanco, crema a rosaceo), compuesta de feldespatos fragmentados, cantidades variables de granos de cuarzo, vidrio, biotita, (matriz: 60% de la roca). Sus afloramientos se exponen en la parte alta de los cerros que conforman las estribaciones que empiezan en el extremo norte de las pampas Costeras, específicamente en los cerros °C Alto de Chipe, °C Gordo, °C Lomas de Sama y °C Cuesta de Locumba (Alto Grande). La parte superior del flanco del lado Este del cerro Cuesta Locumba afloran las tobas riodacíticas de esta unidad en

forma de escarpas hasta la quebrada Gil al nor oeste del anexo de Coruca donde se encuentra la falla Coruca del tipo inverso que ha levantado a rocas del Grupo Toquepala en el sector de cerro Rocos, formando una discordancia entre estas dos (2) unidades geológicas. Al norte del cerro Rocos se ve nuevamente a rocas de la formación Moquegua mientras se acerca más al flanco oeste de la cordillera occidental comienza a prevalecer con mayor notoriedad la formación Huaylillas compuestas de ignimbritas silíceas, desapareciendo la formación Moquegua como basamento de la formación Huaylillas.

Figura 11

Vista de Este a Oeste del sinclinal que atraviesa en forma transversal el valle



Nota: Ubicado cerca de la zona de cierre donde se ha proyectado la presa. Nótese el plegamiento con plano axial O –E y flancos N – S.

En el lado norte de la quebrada Gil (341112E/8052821N), las rocas ignimbritas del Huaylillas se encuentran suprayacentes en discordancia angular a la formación Matalaque, lo que confirma que esta quebrada está formada por una serie de fallas del tipo normal que contrastan con la falla inversa denominada falla Coruca que disecta al cerro Rocos ya antes mencionado, siendo esta la que ha levantado a las rocas de la formación Matalaque (1700 m.s.n.m.) asociado con tectogénesis que desapareció los depósitos de la formación Moquegua en el cerro Rocos,

evidenciando que la toba silíceo rosácea del Huaylillas que suprayace al Grupo Toquepala, correspondería a volcanismo del Mioceno superior, es decir antes de la última fase del plegamiento andino.

4.1.6.5 Depósitos Cuaternarios

a. Depósitos Eluviales-Residuales (Qh-re)

Son materiales formados producto de la meteorización físico y/o química de las formaciones aflorantes en las cumbres de las colinas o cerros como por ejemplo las areniscas conglomerádicas provenientes de los conglomerados de la formación Moquegua Superior y las arenas tobáceas de la formación Huaylillas, que han sido removidas inicialmente en forma de coluvios y por acción orogénica o neotectónica que luego fueron sometidos a intemperismo por disgregación mecánica formando así, suelos residuales compuesto de gravas más graduadas con gravas limosas (GP-GM), arenas limosas (SM) y arenas pobremente graduadas con limos (SP-SM) que forman coberturas sobre las laderas de cerros con pendientes variables entre 26° a 46°. También se encuentran acumuladas en forma de pie de monte en los flancos del lado Sur como el cerro Cuesta de Locumba con pendientes entre 20° a 25° cuyos cerros están compuestos por la formación Moquegua Superior que infrayace a la formación Huaylillas que se encuentra en las cumbres del cerro Cuesta Locumba. Estos depósitos también se encuentran en las laderas de quebradas que ingresan al vaso de la presa en orientación oeste a este y al frente del valle este a oeste. Las formaciones Moquegua Superior y Huaylillas son las formaciones que generan sedimentos de arrastre y suspensión de origen residual. Esta unidad cuaternaria también tiende a aportar sedimentos que ante la ocurrencia de lluvias que reactiven las quebradas o paleocauces actualmente secos, formando flujos de lodos a manera de debris flow, generando conos de deyección.

b. Depósitos Fluvio Aluviales (Qh-fl_al)

Está compuesto por fragmentos heterométricos y heterogéneos identificados como boleos, cantos rodados, bloques y gravas englobadas en arenas. Sus clastos polimícticos son redondeados a subredondeados transportados por la escorrentía y avenidas del río Sama y quebradas tributarias. En la zona de estudio donde se emplazará la represa se encuentra en llanuras de inundación en forma de terrazas bajas y abanicos aluviales que alcanzan al actual, cauce.

Los cantos identificados en el cauce son provenientes de macizos de andesitas, traquiandesitas, basaltos, ignimbritas, granodioritas, granitos, dioritas y monzonitas provenientes de unidades volcánicas y cuerpos intrusivos matriz soportada en arenas ricas en sílice con bajo contenido de finos (limos y arcillas). En esta unidad se emplazarán los cuerpos de la presa CFRD y la ataguía cuyos rellenos poseen espesores variables entre 9 a 18 metros respectivamente que sobreyacen al macizo de andesitas de la formación Matalaque. Mientras que el eje del plinto requerirá cortes entre 4 a 12 metros de espesor desde la superficie para alcanzar la rasante de la roca donde se inyectaran las líneas de impermeabilización de la roca de fundación. Estos depósitos se encuentran distribuidos en forma caótica clasificados en las llanuras de inundación del río Sama como “gravas pobremente graduadas” (GP) y en algunas terrazas como “arenas mal graduadas” (SP).

c. Depósitos Fluviales (Qh-fl)

Son aquellos depósitos formados por la corriente fluvial del río Sama compuesto por fragmentos rocosos muy recientes (arenas, gránulos, cantos, bloques, bolones, etc.) que conforman el fondo de su cauce en el valle. Sus partículas son depositadas progresivamente en forma de terrazas, barras o playas. Los depósitos fluviales son propios de su talweg dentro del río Sama. Los depósitos de llanura de inundación se forman en periodos de crecida o avenidas del río Sama, el cual desborda el canal en zonas de baja pendiente o ancho estable insuficiente, elevando su tirante del río e inundación de sus márgenes; generando el transporte y sedimentación de

depósitos de arrastre y suspensión. Mientras que en épocas de estiaje o ausencia de lluvias el río disminuye drásticamente su capacidad de transporte y erosión disponiendo que el 100% de la escorrentía del río Sama sea derivado desde la bocatoma “La Tranca” al canal de la junta de usuarios; evitando que se infiltre o llegue al mar.

Figura 12

Depósitos cuaternarios de llanura de inundación



Nota: Esta compuesta por depósitos aluviales, fluvio- aluviales, fluviales principalmente y antropogénicos (terrenos de cultivos y vías de acceso).

d. Depósitos Antropogénicos (Qh-ant)

Corresponde a depósitos generados por acción del hombre para el caso de la zona evaluada este depósito es resultado de la remoción de vegetación nativa de las terrazas, arado y plantación de cedulas de cultivo con fines productivos, el cual fue acomodado para formar plataformas de cultivos dentro de la llanura de inundación del río Sama. Estos depósitos han sido identificados como terrazas altas y bajas dentro del área de emplazamiento del vaso del embalse en forma de campos de cultivo, viviendas rusticas; así como también la carretera TA-102 dentro de la zona de inundación proyectada.

4.1.6.6 Rocas Intrusivas

a. Stock Cretáceo Superior

Están relacionadas con los primeros pulsos del Arco magmático Toquepala intruyendo a sus rocas. Se manifiestan en forma aislada en el S y SO en los cuadrángulos de Pachía y Palca formando cuerpos tabulares y elongados en dirección predominante NO-SE. Este Stock se encuentra ubicado en la margen derecha de la desembocadura de la quebrada Toro Muerto que intruye a las rocas del Grupo Toquepala y continua de NO a SE en forma de filón que corresponde a la interacción de los fluidos hidrotermales provenientes de las intrusiones monzoníticas y dioríticas con intrusiones posteriores granodioríticas y adameliticas de la Superunidad Yarabamba. En la zona de estudio predomina la monzonita y diorita que está conformada por feldespatos alcalinos y fenocristales de plagioclasa con un alto contenido de hornblenda. Este cuerpo intrusivo ha afectado más al estribo derecho del valle y el basamento rocoso de la llanura de inundación, mineralizando sus fracturas que favorecen a las rocas fracturadas del Grupo Toquepala que constituyen el estribo derecho de la presa. Mientras que el estribo izquierdo se presenta más fracturado.

b. Súper Unidad Yarabamba

Está compuesta por tonalitas a granodioritas con abundantes xenolitos máficos alterados de sericita y arcillas. Cobbing y Pitcher 1983; Pitcher et al 1985, describen que está compuesta de granodiorita a monzogranitos que afloran a lo largo de 200 km entre las localidades de Palca, Torata, Omate, Puquina, Yarabamba y Vítor formando cuerpos tabulares y elongados en dirección predominante NO-SE.

Esta Superunidad regionalmente está cubierta por rocas sedimentarias y piroclásticos de edad Terciaria, mientras que localmente en la zona de estudio infrayacen a las rocas de la formación Matalaque (Grupo Toquepala). La mineralización presente en la zona es de tipo filoniano, a manera de vetas y vetillas, cuyas direcciones presentan rumbo N150° (NO – SE) como dirección general. Las asociaciones minerales encontradas al sur del emplazamiento de la presa son principalmente de Cu-Mo, presentes a manera de filones, con direcciones principales N – S que intruye al Grupo Toquepala, como se ha podido verificar en los lineamientos mineralizados de los Yacimientos Santa Rosa y La Olvidada muy cerca de la zona de estudio. Regionalmente la faja de mineralización es predominantemente NO-SE; paralelos al sistema de fallas Incapuquio. Estos filones corresponden a la interacción de los fluidos hidrotermales provenientes de las intrusiones monzoníticas y granodioríticas de la Superunidad Yarabamba. La mineralización se observa en estructuras lenticulares tipo rosario, sigmoide, brechadas y en menor cantidad diseminada. Los afloramientos más extensos se ubican entre Chañal, cerro Rosarine y quebrada Vilavilani. En la zona de estudio se aprecia cómo estas rocas monzodioríticas intruyen al Grupo Toquepala, observándose que el cuerpo principal del intrusivo Yarabamba presentan direcciones de emplazamiento NO-SE paralelos a las fallas principales del sistema Incapuquio. Regionalmente, sus primeros afloramientos se presentan como diques intrusivos que adquieren espesores cada vez más significativos hasta formar un cuerpo masivo y potente que abarca extensiones mayores a 2 km.

4.1.7 Caracterización Geomorfológica

4.1.7.1 Cadena de Cerros

Se refiere a los cerros que conforma las estribaciones andinas en la cuenca del río Sama desde el límite norte de las pampas Lomas de Sama hasta los cerros comprendidos en los anexos de Coruca y Sambalay. Quiere decir que el plegamiento en la parte sur es menor formando laderas entre 40° a 50°, pero donde existe escarpas pueden alcanzar entre los 50° a 60° principalmente en el margen derecho del río Sama. Conforme se adentre más al norte de la cuenca la inclinación y el plegamiento es notoriamente mayor, con laderas entre 55° a 70°, donde ya se puede apreciar a las rocas del Grupo Toquepala que han levantado y erosionado parcial y totalmente a la formación Moquegua.

4.1.7.2 Cañón del río Sama

Entre las cotas de cauce 730 msnm hasta 570 msnm que involucra el tramo del valle entre el anexo de Yarascay y el anexo de Yarahuay, se ha identificado un pequeño “cañón” cuyos flancos alcanzan niveles de 190 a 267 metros, cuyo talweg es seguido por el río Sama con pendientes de flancos entre 50° a 70° en roca volcánica y el perfil longitudinal del talweg alcanza entre 1.6% a 8.8% en rellenos fluvio aluviales.

4.1.7.3 Quebradas poco profundas (estribaciones)

Se refiere a las quebradas de la margen derecha del valle del río Sama con orientación noroeste a sureste (NO – SE) entre los anexos de Yarahuay y Sambalay que circundan el emplazamiento del cuerpo de la presa y obras conexas, así como también las quebradas que desembocan en el área de embalse. En el margen derecho del valle del río Sama (río abajo) se ubican principalmente a las quebradas Yarahuay, Toro Muerto y Gil. La quebrada Toro Muerto ubicada en el anexo de Yarascay y la quebrada Gil ubicada en el anexo de Coruca. Aportan sedimentos de forma lateral al vaso del embalse.

Mientras que el margen izquierdo del valle (río abajo) se aprecian quebradas con orientación NE – SO identificados como las quebradas Seca y Campanani entre otras menores.

4.1.7.4 Colinas residuales

Son formas depositadas en las laderas de los cerros o pie de montes con un relieve con pendientes dominantes entre 25° – 45°, con diferentes grados de entalle moderadamente inclinadas. Sobresalen los paisajes de terrazas asimétricas baja a media en las desembocaduras de quebradas. Este paisaje se observa en diferentes partes entre los límites de la quebrada Yarahuay y la quebrada Gil, donde predomina una superficie de erosión de la formación Moquegua Superior en ambos márgenes del valle.

4.1.7.5 Valle del Río Sama

Está formado por un río perenne que transita por el área de estudio como alóctono que alcanzó un récord de caudal máximo instantáneo histórico de 24.40 m³/s el 06 de febrero del 2019 registrado en la estación Hidrológica de Coruca ubicada en el distrito de Inclán (Tacna), este valor es el más alto desde que se tiene registro (1964). Con este incremento, el río Sama se ubicó por encima del umbral de alerta hidrológica roja, situación que generó un riesgo de inundaciones para el distrito de Inclán y sectores aledaños al cauce. Las torrenteras en la cuenca húmeda depositan aluviones en el cauce y son arrastrados valle abajo, lo que obliga al río a cambiar su cauce dentro de la llanura de inundación o simplemente cubrir la mayor área de esta. Cuando baja la carga de las aguas, estas se ponen a erosionar en múltiples cauces o barras en un ambiente fluvial, para nuestra zona de estudio entre las cotas 600 msnm a 800 msnm.

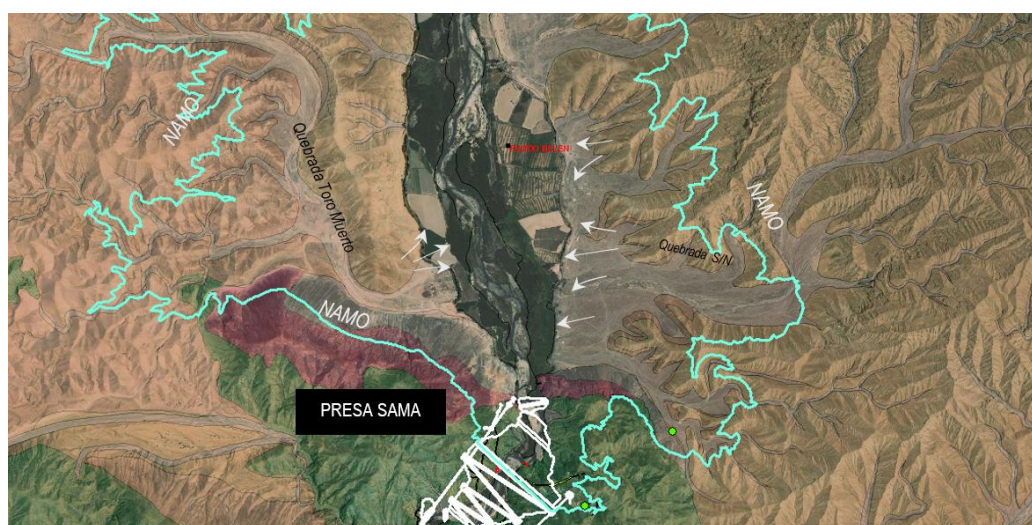
4.1.7.6 Desembocaduras de quebrada

Se han identificado varios conos de deyección en las desembocaduras de las quebradas Toro Muerto, Gil, Campanani, Yarahuay y quebrada Seca que convergen

con la llanura de inundación del río Sama, con escorrentía no perenne o estacional. Estas aportan al vaso proyectado sedimentos detríticos de la formación Moquegua Superior en forma de gravas y cantos rodados en matriz arenosa limosa. El modelado actual de estas quebradas corresponde a las últimas crisis climáticas del Pleistoceno.

Figura 13

Desembocaduras de la quebrada Toro Muerto (margen derecho) y la quebrada S/N (margen izquierdo, muy próximos a la zona de dique).



4.1.8 Caracterización Geoestructural

De acuerdo al mapeo estructural realizado en los planos de falla, fracturas y lineamientos de los afloramientos de las formaciones Matalaque, Quellaveco y Moquegua Inferior, situados en la zona de presa y embalse se ha reconocido plegamiento por esfuerzo compresional NO – SE y plano de esfuerzo extensional NE - SO principalmente en las rocas del Grupo Toquepala que afloran tanto en el margen derecho como en el izquierdo del valle del río Sama, confirmando que la elevación de la formación Matalaque corresponde a un mecanismo de falla del tipo inverso con componente sinistral entre la falla Chañal y la falla inversa inferida en el margen derecho de la desembocadura de la quebrada Toro Muerto, donde aparece un Stock de diorita, monzodiorita y monzonita de la Superunidad Yarabamba.

A. *La falla Chañal*

Forma parte del sistema de fallas Incapuquio de dirección NO – SE y está vinculada a intrusiones magmáticas de la Superunidad Yarabamba. Es una falla inversa con componente Sinistral, ubicada a 360 metros al Sur del eje de presa proyectada, regionalmente atraviesa los valles del río Caplina y Sama además de las quebradas Sama Chero y Palca. Posee un rumbo Az. 304° en dirección NO-SE con tramos O – E con buzamientos entre de 71° a 81° NE de gran importancia para el proyecto. En la zona de emplazamiento de la presa se puede notar claramente que la formación Matalaque se encuentra encima o al mismo nivel que la formación Quellaveco accionado por fallamiento inverso, evidenciándose la configuración del sistema Riedel (1929) generado por dos fallas de rumbo como son la falla Chañal y lineamiento que genera el Stock de monzodiorita en la desembocadura de la quebrada Toro Muerto y las estructuras de expansión como diques sub volcánicos y fallas normales en los estribos de la presa con planos NO – SE.

B. *Falla Calientes*

Es de gran importancia regional porque divide claramente las pampas costeras de las estribaciones andinas en el distrito de Inclán en la parte media de la cuenca del río Sama. Respecto al Eje de la Presa, esta falla está a 8.5 km al Norte de la desembocadura de la quebrada Seca. Esta falla recorre la parte sureste y suroeste del cuadrángulo de Pachía y la parte suroeste del cuadrángulo de Palca. Su rumbo azimuthal promedio en lo extenso de su recorrido es aproximadamente Az.290° (o 110°) con orientación NO-SE entre el poblado de Calientes en el distrito de Pachía y la quebrada Sama en el distrito de Inclán. Es de tipo inverso con componente sinistral, con buzamiento de 60° a 68° al NE. Esta falla se considera activa por estar relacionada a movimientos sísmicos además de afectar sedimentos aluviales del Holoceno y las laderas estructurales de la formación Huaylillas.

C. *Falla Sambalay*

Se encuentra a 12.73 kilómetros al nor este de la zona de cierre de la presa proyectada, se encuentra cruzando el valle del río Sama con rumbo E-O con leve tendencia NO –SE, cerca al anexo de Sambalay. Esta falla es inversa y buza 47° al NE y genera fallas accesorias y pliegues anticlinales observables a lo largo de la quebrada del río Sama. Esta falla atraviesa el valle del río Sama afectando rocas del Grupo Toquepala (formación Matalaque), mientras que en el cerro Caquilluco se le observa cortando afloramientos de la Formación Moquegua Superior y los afloramientos de la Formación Huaylillas. Por tales observaciones, esta falla se considera de edad Mioceno superior-Plioceno. Entre la falla Coruca y la falla Sambalay se puede apreciar otra zona de cizalla similar al comportamiento Riedel descrito en la zona de cierre, donde se pretende construir la presa Sama.

D. *Falla Villacollo*

Se encuentra a 38 km al nor este de la zona de presa, esta falla de tipo inversa tiene dirección promedio E-O y buzamiento con ángulos entre 70° y 80° hacia el norte (Acosta H. et, al). A lo largo de su recorrido que es mayor a 20 km afecta rocas del Grupo Yura y Grupo Toquepala. En las cercanías del cerro Gallinazos, esta falla afecta también a la parte basal de la Formación Moquegua Superior. Esta importante estructura genera una serie de fallas inversas de menor orden, ubicadas en los cerros Yungane y Sambalay, donde se observa afloramientos del Grupo Yura sobreponiéndose al Grupo Toquepala, por tales observaciones, esta falla se considera de edad Mioceno superior-Plioceno.

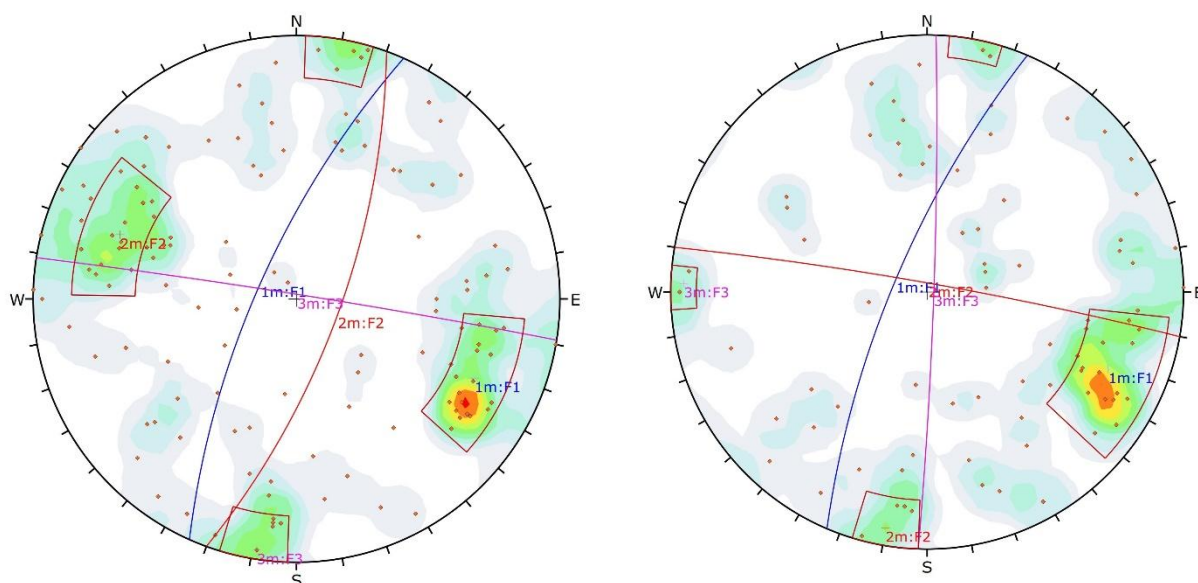
E. *Fallas y lineamientos en la zona de cierre*

Durante el mapeo geológico a detalle se ubicó dos fallas de rumbo con cinemática inversa con componente sinistral, entre las quebradas Toro Muerto y Campanani casi paralelas que cortan un área del cauce del río Sama que involucra al área de cierre de presa Sama. Los lineamientos poseen orientaciones de rumbo NE – SO, NO – SE y N – S que a continuación se procede a exponer:

Los planos de lineamientos o fallas NE – SO, son de mayor persistencia tanto en el estribo derecho como en el estribo izquierdo. Posee un rumbo azimuthal de 204° SO y un buzamiento variable entre 65° a 84° en dirección NO; que afectan las rocas de la formación Matalaque principalmente. También existen planos con rumbo azimuthal 20° NE con buzamientos variables entre 64° a 80° en dirección SE; debido a plegamientos asociados a falla inversa con plano axial SO – NE, que genera planos de fallas normales por tensión con buzamiento NO – SE que coinciden con los diques subvolcánicos de andesita.

Figura 15

A la derecha estereograma de planos de fracturamiento y lineamientos del estribo derecho. A la Izquierda estereograma de planos de fracturamiento y lineamientos del estribo izquierdo.

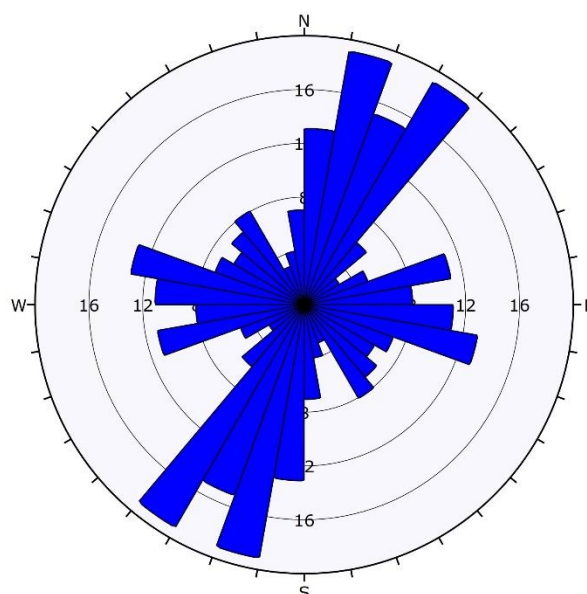


Los planos de lineamientos o fallas NO – SE, son los segundos de mayor persistencia tanto en el estribo derecho como en el estribo izquierdo. Poseen un rumbo azimuthal de 279° NO y un buzamiento variable entre 80° a 89° ; que afectan las rocas de la formación Matalaque y a las rocas del stock monzodiorítico de la Superunidad Yarabamba.

Los planos de lineamientos o fallas N – S, se manifiestan tanto en el estribo derecho como en el estribo izquierdo de la zona de cierre. Coinciden con una franja mineralizada de cobre – Molibdeno (Cu-Mo) de Norte a Sur, así como también con el lineamiento Sama que luego cambia a NE – SO a partir de la quebrada “Toro Muerto”. Posee un rumbo azimuthal de 2° NE (N - S) y un buzamiento variable entre 86° a 88°; que afectan las rocas de la formación Matalaque, la formación Quellaveco y rocas del stock monzodiorítico de la Superunidad Yarabamba.

Figura 16

Diagrama de rosetas de medición de planos de fractura, lineamientos y fallas.



Nota: Nótese la principal concentración de esfuerzos NE – SO y los esfuerzos secundarios NO – SE y componente de esfuerzos E – O, mapeados durante los trabajos de campo.

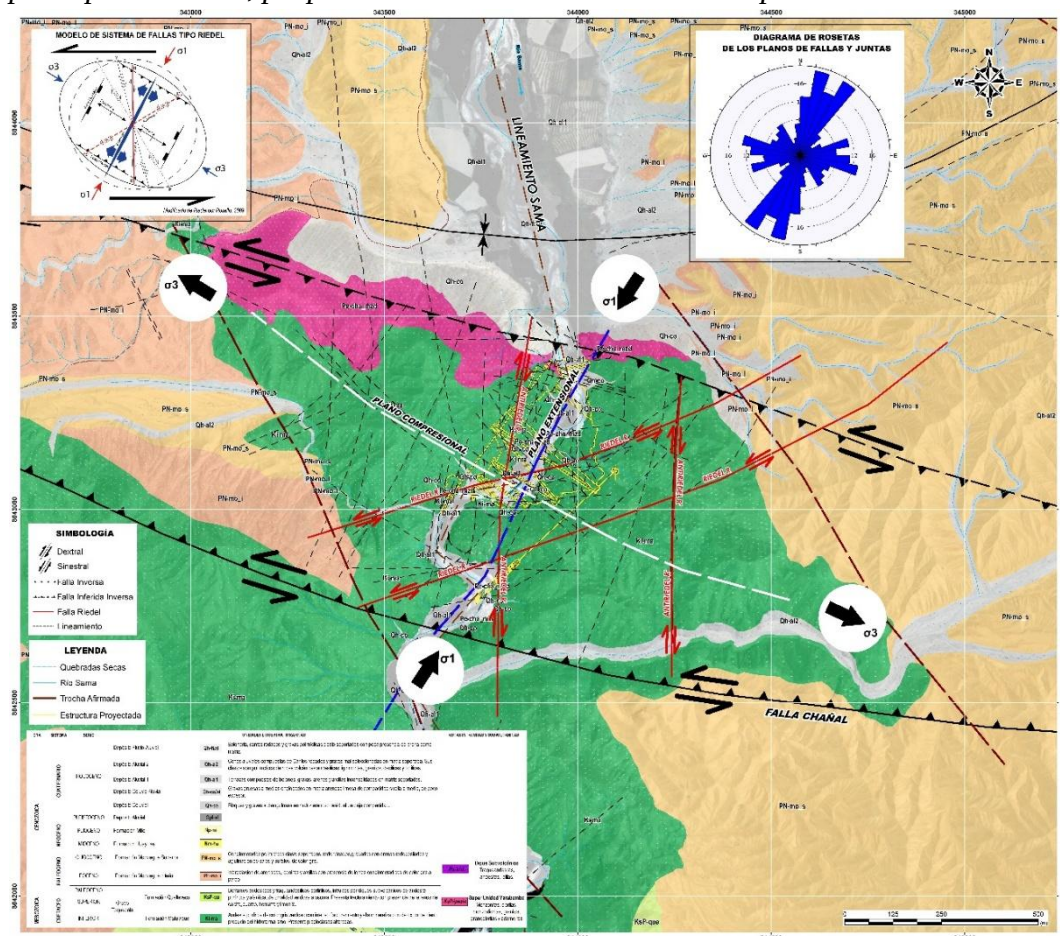
F. Pliegues

Durante el Mioceno superior al Plioceno se produce una fase de compresión intensa originando fallas y pliegues de buzamiento alto, la flexura más importante en el área de estudio es un sinclinal y un anticlinal que se forma en la parte baja del vaso y los estribos de la presa con rumbo NO – SE. Estas estructuras se originan por los movimientos compresionales NE - SO que a la vez generan fallas inversas locales, en la zona de emplazamiento de la presa, y actualmente no presenta desplazamiento.

Una estructura sinclinal estaría ubicada en el área de Llucu, y otro anticlinal en el emplazamiento proyectado de la presa Sama accionado por el stock de la Superunidad Yarabamba y otro sinclinal en la desembocadura de la quebrada “Toro Muerto” donde la roca se encontraría a una profundidad mayor a los 100 metros, aguas arriba del eje de la presa, que afectan a las rocas del Grupo Toquepala.

Figura 17

Distribución de esfuerzos Riedel en la zona de Presa con esfuerzo de compresión principal NE – SO, propio de movimiento inverso con componente Sinistral.



4.1.9 Caracterización geofísica

Para correlacionar los taladros existentes y definir la ubicación de nuevos taladros exploratorios en sectores poco explorados, se han ejecutado ensayos de prospección geofísica tales como refracción sísmica, MASW, tomografía y sondeo eléctricos vertical (SEV), que ha permitido aportar a la caracterización geotécnica datos

correlativos indirectos, así como la estimación de los parámetros dinámicos del suelo.

Para realizar los métodos de refracción sísmica y tomografía eléctrica, se han definido los puntos de las líneas sísmicas y tomográficas, para luego instalar los geófonos y electrodos respectivamente. Finalmente se conectan los cables de conexión al equipo de adquisición de datos correspondiente. El espaciamiento entre geófonos y electrodos es definido en función de la profundidad de exploración requerida, y deberá ser de 5 metros aproximadamente, dependiendo también del área libre disponible en la zona de trabajo.

Para realizar los métodos de MASW y MAM, se definieron puntos alineados con la dirección de las líneas de prospección geofísica, luego se procedió a instalar los geófonos y los cables de conexión al equipo de adquisición de datos. Se ejecutaron 03 sondajes MASW de 20,30 y 40 m. También se ejecutaron 03 sondajes MAM, uno de 50 m. y dos de 60 m. Para realizar los métodos de MASW y MAM en combinación se ejecutaron 17 sondajes combinados siguiendo el mismo procedimiento, cuyas profundidades proyectadas están comprendidas entre los 40m a 100 m.

4.1.9.1 Cuantificación de resultados

a. *Refracción Sísmica*

De las líneas de tendido de las refracciones sísmicas, se tiene en cuenta que la línea sísmica RS-01 se encuentra en el margen izquierdo y la línea RS-02 en el margen derecho, determinandose que para ambas líneas el tipo de onda son las P.

Figura 18
Ubicación de las líneas sísmicas realizadas



Tabla 10
Líneas de Refracción sísmica

Ensayo	Ubicación	Este (m)	Norte (m)	Longitud (m)	Tipo de Onda
RS-01	A	344015	8043154	96	Ondas P
	B	344099	8043127		
RS-02	C	343881	8043447	330	Ondas P
	D	343804	8043178		

Tabla 11
Descripción de Materiales y Velocidades de Ondas P

Sondaj	Estrato	V _p (m/s)	Espesor (m)	Descripción
RS-01	1	800 – 1600	4.2 – 8.0	Roca muy fracturada
	2	1600 – 3000	24.8 – 26.0	Roca
RS-02	1	800 – 1600	1.9 – 15.5	Roca muy fracturada
	2	1600 – 3000	18.1 – 24.4	Roca

Figura 19
Línea de Refracción sísmica RS-01

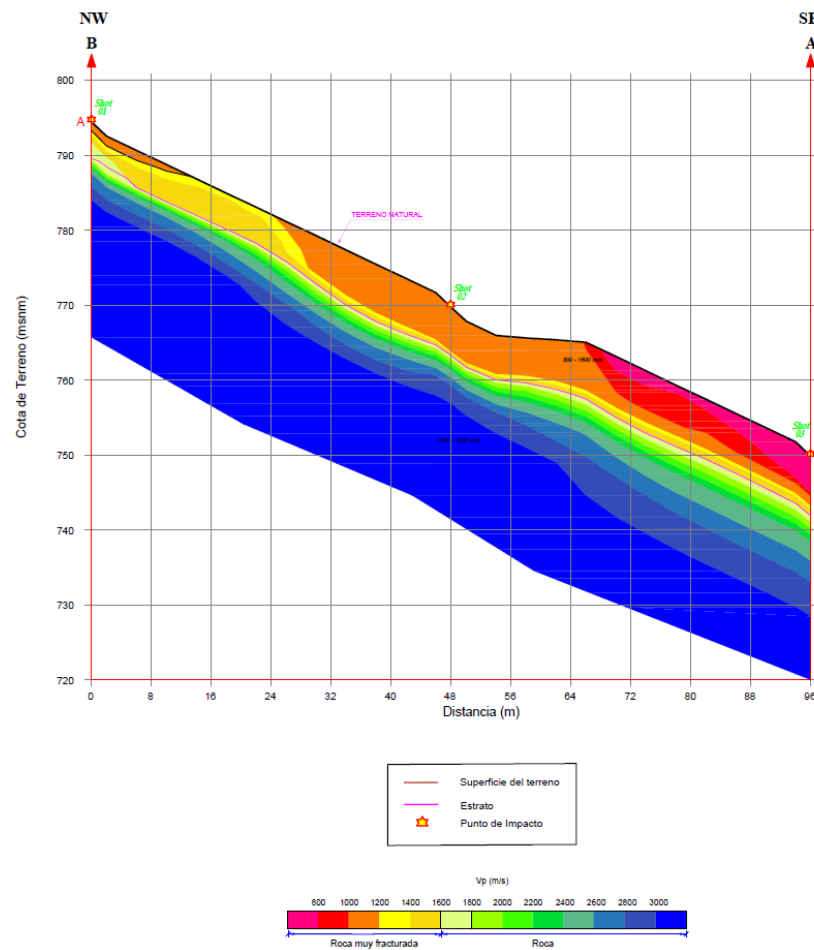
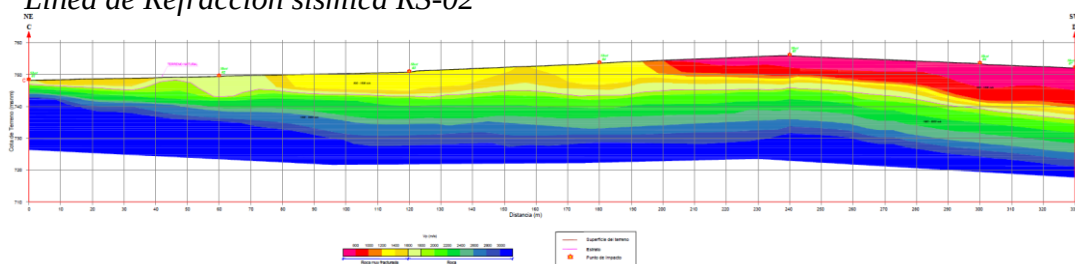


Figura 20
Línea de Refracción sísmica RS-02



Fuente: Gobierno Regional de Tacna (2022)

b. MASW y MAM

Se combinaron los métodos MASW y MAM, que permitieron obtener perfiles de velocidades de ondas S (V_s) hasta profundidades promedio de evaluación entre 50 m a 80 m aproximadamente.

Tabla 12

Tipo de ondas de ensayos MASW y MAM

Ensayo	Este (m)	Norte (m)	Tipo de Onda
MASW+MAN-01	343759	8042805	Onda S
MASW+MAN-02	343917	8042933	Onda S
MASW+MAN-03	344060	8042936	Onda S
MASW+MAN-04	344093.86	8043050.81	Onda S
MASW+MAN-05	344101.77	8043104.61	Onda S
MASW+MAN-06	344048.35	8043142.04	Onda S
MASW-07	344009	8043217	Onda S
MASW+MAN-08	343926.64	8043314.67	Onda S
MASW+MAN-09	343994	8043324	Onda S
MASW+MAN-10	343988	8043347	Onda S
MASW+MAN-11	343982	8043367	Onda S
MASW+MAN-12	343976	8043388	Onda S
MASW+MAN-13	343975	8043405	Onda S
MASW+MAN-14	343907	8043350	Onda S
MASW+MAN-15	343853.7	8043279.92	Onda S
MAM-16	343909	8043181	Onda S
MAM-17	343880	8043260	Onda S
MASW+MAN-18	343734	8043058	Onda S
MASW+MAN-19	343728	8043032	Onda S
MAM-20	343997	8043262	Onda S
MASM-21	344068	8043092	Onda S
MASM-22	343809	8043055	Onda S
MASW+MAN-23	343676	8043040	Onda S

Fuente: Gobierno Regional de Tacna (2022)

Tabla 13

Descripción de Materiales y Velocidades de Ondas S

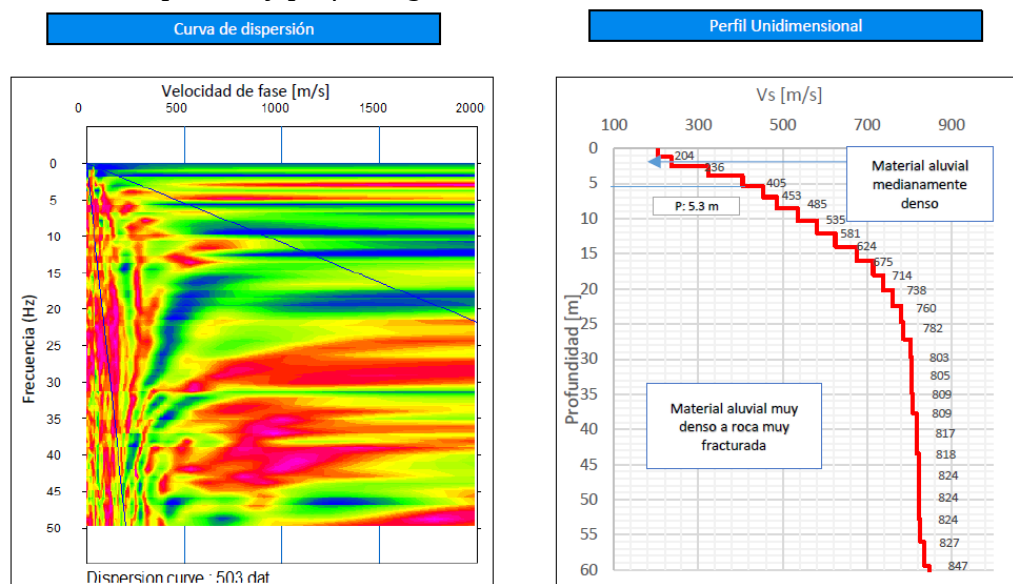
Sondaje	Estrato	V_s (m/s)	Espesor (m)	Descripción
MASW+MAM-01	1	171 - 276	5.3	Material aluvial medianamente denso
	2	340 - 642	34.7	Material aluvial muy denso a roca
MASW+MAM-02	1	339 - 547	8.5	Roca muy fracturada
	2	716 - 977	61.5	Roca

Sondaje	Estrato	V _s (m/s)	Espesor (m)	Descripción
MASW+MAM-03	1	373 - 578	8.5	Roca muy fracturada
	2	658 - 1096	61.5	Roca
MASW+MAM-04	1	370 - 568	8.5	Roca muy fracturada
	2	655 - 1090	61.5	Roca
MASW+MAM-05	1	644 - 691	3.8	Roca muy fracturada
	2	847 - 1666	46.2	Roca
MASW+MAM-06	1	678 - 793	5.3	Roca muy fracturada
	2	839 - 1733	44.7	Roca
MASW-07	1	211 - 343	5.2	Material aluvial medianamente denso
	2	421 - 771	24.8	Material aluvial muy denso a roca
MASW+MAM-08	1	518 - 578	5.3	Roca muy fracturada
	2	653 - 1604	54.7	Roca
MASW+MAM-09	1	176 - 387	8.5	Material aluvial medianamente denso
	2	422 - 913	51.5	Material aluvial muy denso a roca
MASW+MAM-10	1	183 - 356	5.3	Material aluvial medianamente denso
	2	410 - 908	54.7	Material aluvial muy denso a roca
MASW+MAM-11	1	204 - 405	5.3	Material aluvial medianamente denso
	2	453 - 847	54.7	Material aluvial muy denso a roca
MASW+MAM-12	1	199 - 353	5.3	Material aluvial medianamente denso
	2	425 - 857	54.7	Material aluvial muy denso a roca
MASW+MAM-13	1	220 - 457	6.8	Material aluvial medianamente denso
	2	519 - 926	43.2	Material aluvial muy denso a roca
MASW+MAM-14	1	440 - 465	2.5	Roca muy fracturada
	2	576 - 1310	57.5	Roca
MASW+MAM-15	1	516 - 566	3.8	Roca muy fracturada
	2	576 - 1314	66.2	Roca
MAM-16	1	294 - 433	5.3	Material aluvial medianamente denso
	2	531 - 1804	54.7	Material aluvial muy denso a roca
MAM-17	1	520 - 580	3.8	Roca muy fracturada
	2	660 - 1311	56.2	Roca
MASW+MAM-18	1	241 - 412	3.8	Material aluvial medianamente denso
	2	520 - 895	36.2	Material aluvial muy denso a roca
MASW+MAM-19	1	290 - 401	3.8	Material aluvial medianamente denso
	2	450 - 745	36.2	Material aluvial muy denso a roca
MAM-20	1	180 - 392	8.3	Material aluvial medianamente denso
	2	427 - 865	51.7	Material aluvial muy denso a roca
MASW-21	1	680 - 1313	30	Roca
MASW-22	1	225 - 354	3.7	Material aluvial medianamente denso
	2	488 - 2017	26.3	Material aluvial muy denso a roca
MASW+MAM-23	1	264 - 410	3.8	Material aluvial medianamente denso
	2	476 - 865	36.2	Material aluvial muy denso a roca

Fuente: Gobierno Regional de Tacna (2022)

Figura 21

Curva de dispersión y perfil longitudinal de la combinación MASW+MAM_11



Clasificación del Sitio (IBC, 2017)	
Tipo de Suelo	Nombre del Suelo
C	Suelo muy Denso o Roca Blanda

Clasificación del Sitio (E.030-2018)	
Clasificación	Perfil del Suelo
Roca o suelo muy rígido	S1

Fuente: Gobierno Regional de Tacna (2022)

4.1.9.2 Interpretación de resultados

Cauce del Río

Esta zona está conformada por los sondajes MASW+MAM-01, MASW+MAM-23, MASW+MAM-19, MASW+MAM-18, MASW-22, MAM-16, MASW-07, MAM-20, MASW+MAM-09, MASW+MAM-10, MASW+MAM-11, MASW+MAM-12 y MASW+MAM-13 de abajo hacia arriba en ese orden, realizados a lo largo del cauce del río principal.

La interpretación de estos ensayos genera el perfil sísmico (ver anexo 1.2), cuya descripción se muestra en la tabla 9. Se tiene un material aluvial medianamente denso superficialmente desde 3.0 a 8.0 m en promedio con velocidades de propagación de ondas de corte (V_s) de 150 m/s y 400 m/s. teniendo mayor espesor de esta capa en la parte superior de la zona explorada; subyaciendo a este, se podría

encontrar un material aluvial muy denso a roca muy fracturada con valores de velocidad de ondas de corte (Vs) entre los 400 m/s y 1000 m/s. según los resultados de los sondeos MASW el tipo de suelo es S1 con valores promedio de Vs mayores a 500 m/s.

Margen Derecha

Esta zona está conformada por la línea sísmica RS-01 de 330 m, y los sondeos MASW+MAM-08, MASW+MAM-14, MASW+MAM-15, y MAM-17 en la margen derecha del río Sama. La interpretación de estos ensayos genera el perfil sísmico (Anexo 1.1 y 1.2), cuya descripción se muestra en la tabla 9. Se tiene una roca muy fracturada hasta los 4 m en promedio con velocidades de propagación de ondas de corte (Vs) de 400 m/s y 500 m/s. Ondas primarias (Vp) entre 800 m/s y 1600 m/s; subyaciendo a este, se podría encontrar roca con valores de velocidad de ondas de corte (Vs) entre los 500 m/s y 1900 m/s. según los resultados de los sondeos MASW el tipo S1 con valores de Vs30 mayores a 500 m/s.

Margen Izquierda

Esta zona está conformada por la línea sísmica RS-01 de 90 m de longitud, y los sondeos MASW+MAM-02, MASW+MAM-03, MASW+MAM-04, MASW+MAM-05, MASW+MAM-02 y MASW-21 realizados en la margen izquierda del río Sama. La interpretación de estos ensayos genera el perfil sísmico (Anexo 1.1 y 1.2). Se tiene roca muy fracturada superficialmente hasta 8 m en promedio en la parte más alta y 3 m en la parte baja con velocidades de propagación de ondas de corte (Vs) de 300 m/s y 600 m/s. ondas primarias (Vp) entre 800 m/s y 1600 m/s; subyaciendo a este, se podría encontrar roca con valores de velocidad de ondas de corte (Vs) entre los 600 m/s y 1800 m/s. según los resultados de los sondeos MASW el tipo de suelo S1 con valores de Vs30 mayores a 500 m/s.

4.1.10 Caracterización Geotécnica de la Presa y sus obras Conexas

La caracterización se realizó principalmente en base a los resultados de los taladros diamantinos ejecutados, los cuales fueron correlacionados con la prospección

geofísica ejecutada, estaciones geomecánicas, lo que permitió definir un mapeo geológicas-geotécnicas con secciones más precisas, con una caracterización geotécnica real y confiable lo que ayudo a reafirmar la ubicación ideal de la presa, su tipo y las condiciones ideales para la construcción de in plinto con inyecciones de impermeabilización en un macizo estable.

Tabla 14

Ubicación y características de los taladros diamantinos ejecutados

ITEM	TALADRO	COORD. WGS-84		COTA (m.s.n.m.)	PROFUNDIDAD (m)	ESTRUCTURA
		Este (m)	Norte (m)			
1	TA-01	344097	8043093	779	150	TUNEL DE ALIVIADERO
2	TA-02	343997	8042951	839	110	TUNEL DE ALIVIADERO
3	TA-03	343941	8042920	843	120	TUNEL DE ALIVIADERO
4	TS-05	343682	8043048	700	35	TUNEL DE DESVIO
5	TS-01	343811	8043261	804	150	TUNEL DE DESVIO
6	TS-02	343966	8043326	704	70	PLINTO
7	TS-03	343986	8043367	705	70	ATAGUIA
8	Y1-A	343896	8043214	720	60.3	EJE DE PRESA
9	Y1-B	343886	8043175	699	60.3	EJE DE PRESA
10	Y-2	343996	8043136	735	63.15	EJE DE PRESA
11	Y-3	344038	8043130	762	82.1	EJE DE PRESA
12	Y-4	343867	8043258	767	77.7	EJE DE PRESA
13	Y-5	343823	8043288	799	68.5	EJE DE PRESA
14	D-1	343916	8043163	700	32.8	EJE DE PRESA
15	D-1A	343903	8043178	699	8.77	EJE DE PRESA
16	D-1B	343921	8043175	699	7.76	EJE DE PRESA
17	D-1C	343927	8043170	701	24.62	EJE DE PRESA
18	D-2	343991	8043143	735	16	EJE DE PRESA
19	D-3	344039	8043144	766	30.31	EJE DE PRESA
20	D-4	343854	8043229	760	39.3	EJE DE PRESA
21	ET	343904	8043341	743.3	43.6	TUNEL DE DESVIO
22	ST	343805	8043177	745.8	22.63	TUNEL DE DESVIO
23	SDY-1	343902	8043092	701	152	EJE DE PRESA
24	SDY-2	344010	8043288	703.5	159.1	PLINTO
25	SDY-3	343528	8044967	753	97	EMBALSE

Nota. Las perforaciones fueron realizadas de manera vertical Los taladros del año 1981 fueron ejecutados por la Oficina General de Irrigaciones del Ministerio de Agricultura. Los taladros 2012 fueron ejecutados por el Proyecto Especial Tacna.

4.1.10.1 Caracterización geotécnica del eje de plinto

Se ejecutaron tres (3) perforaciones diamantinas para estudio del eje del plinto, el primero fue el SDY-02 (703.5 msnm) de 159.10 metros de profundidad (vertical),

el segundo fue el TS-02 (704 msnm) de 70 metros (vertical) y el tercero es el TS-03 (705 msnm) de 70 metros también con inclinación vertical. Sus alcances han sido complementados con logueos de las perforaciones anteriores Y-2 y D2 alineados en el estribo izquierdo y el taladro ET en el estribo derecho, plasmados en los mapas de caracterización geotécnica presentados. El estudio de este eje ha sido complementado con el levantamiento de estaciones geomecánicas y ensayos geofísicos.

a. Perforación del taladro SDY-2 (159.10 metros)

Se encuentra ubicado a 140 metros al nor este de la corona de la presa proyectada, perforado en la llanura de inundación del río Sama en la zona de cierre que encontró la roca andesita de la formación Matalaque (Ki-ma) a partir de los 5 metros de profundidad.

El tramo de 0.0 a 5.0 metros: depósitos fluvio – aluviales compuesto de gravas, canto rodados y bolonería (70%) en matriz arenosa (30%). Luego el tramo de 5.0 a 121.20 metros: roca monzodiorita con cambios a adamelita y monzonita que compone un stock. Presenta un % de RQD entre 53.33 a 96.67% predominando como “regular” (50 a 75) con un porcentaje de recuperación promedio de 78%, decreciendo entre los 109 m a los 121.20 metros con RQD inferiores a 34.33%. El RMR hasta el nivel de tratamiento recomendado es será del tipo III con secuencias intercaladas de macizo tipo II. La permeabilidad presenta 2 sub tramos claramente definidos, el primero superior de 5.0 a 43.50 metros de profundidad con valores entre $K=5.74 \times 10^{-3}$ cm/s a $K=1.37 \times 10^{-4}$ cm/s clasificado como “poco permeable” con gasto de agua entre 9.94 UL hasta 32.82 UL con tramos intercalados mayores a 60 UL que resulta “muy desfavorable” y requiere tratamiento. El segundo inferior de 43.50 a 62.0 metros de profundidad con valores entre $K=4.66 \times 10^{-5}$ cm/s a $K=9.22 \times 10^{-6}$ cm/s clasificado como “muy poco permeable” con gasto de agua entre 0.71 UL hasta 3.6 UL resulta “favorable” a “muy desfavorable” y no requiere tratamiento por lo que se recomienda en este punto tratamiento de impermeabilización hasta los 43.50 metros de profundidad. Luego el tramo de

121.20 a 128.0 metros: pórfido de andesita con intercalación de diques. Presenta un % de RQD entre 36.37 a 43.33% predominando como “mala”, con un RMR del tipo III con secuencias intercaladas de macizo tipo II. Finalmente el tramo de 128.0 a 154.0 metros: intrusivo de sienita un % de RQD entre 36.67a 66.67% predominando como “mala”, hasta los 159.10. Del 154 m al 159.10 se identificó un dique de andesita. Por la profundidad ya definida de impermeabilización no se requiere mayor análisis del resto de la perforación efectuada.

b. Perforación del taladro TS-02 (70.0 metros)

Se encuentra ubicado a 141 metros al nor este de la corona de la presa proyectada, perforado en la llanura de inundación del río Sama próximo al estribo derecho de la zona de cierre.

El tramo de 0.0 a 5.90 metros: depósitos fluvio – aluviales compuesto de gravas, canto rodados y bolonería (70%) en matriz arenosa (30%). Luego el tramo de 5.90 a 23.50 metros: roca andesita intruidos por diques de latita. Presenta un % de RQD entre 7.0 a 64% predominando como “mala” (30 a 43) mejorando a “regular” a partir de los 17.50 m de profundidad. El RMR se encuentra entre 31 a 53 el tipo III “regular”. La permeabilidad presenta valores entre $K=5.79 \times 10^{-2}$ cm/s a $K=1.37 \times 10^{-3}$ cm/s “moderadamente permeable” con gasto de agua mayor a 30.66 UL por su condición de fracturadas. Luego el tramo de 23.50 a 47.50 metros: roca intrusiva monzodiorita fracturada. Presenta un % de RQD entre 47 a 83% predominando como “regular” (50 a 62). El RMR se encuentra entre 49 a 63 el tipo III “regular”. La permeabilidad presenta valores entre $K=2.04 \times 10^{-4}$ cm/s a $K=1.65 \times 10^{-4}$ cm/s “poco permeable” con gasto de agua igual a 5.61 UL que es desfavorable, mejorando en la parte inferior a 4.53 UL. Finalmente el tramo de 47.50 a 73.00 metros: continúa la roca intrusiva monzodiorita fracturada. Presenta un % de RQD entre 24% a 73% predominando como “mala” a “regular” (32 a 47). El RMR se encuentra entre 38 a 61 predominando el tipo III “regular” (43 a 48). La permeabilidad presenta valores entre $K=1.65 \times 10^{-4}$ cm/s a $K=6.45 \times 10^{-5}$ cm/s “poco permeable” con gasto de agua entre decreciente a profundidad entre 1.77 UL

a 4.53 UL que es favorable, cambiando bruscamente a los entre los 68.50 m hasta los 73 m a 27.20 UL que la hace “muy desfavorable”.

Figura 22

Resultados de % RQD del taladro TS-02

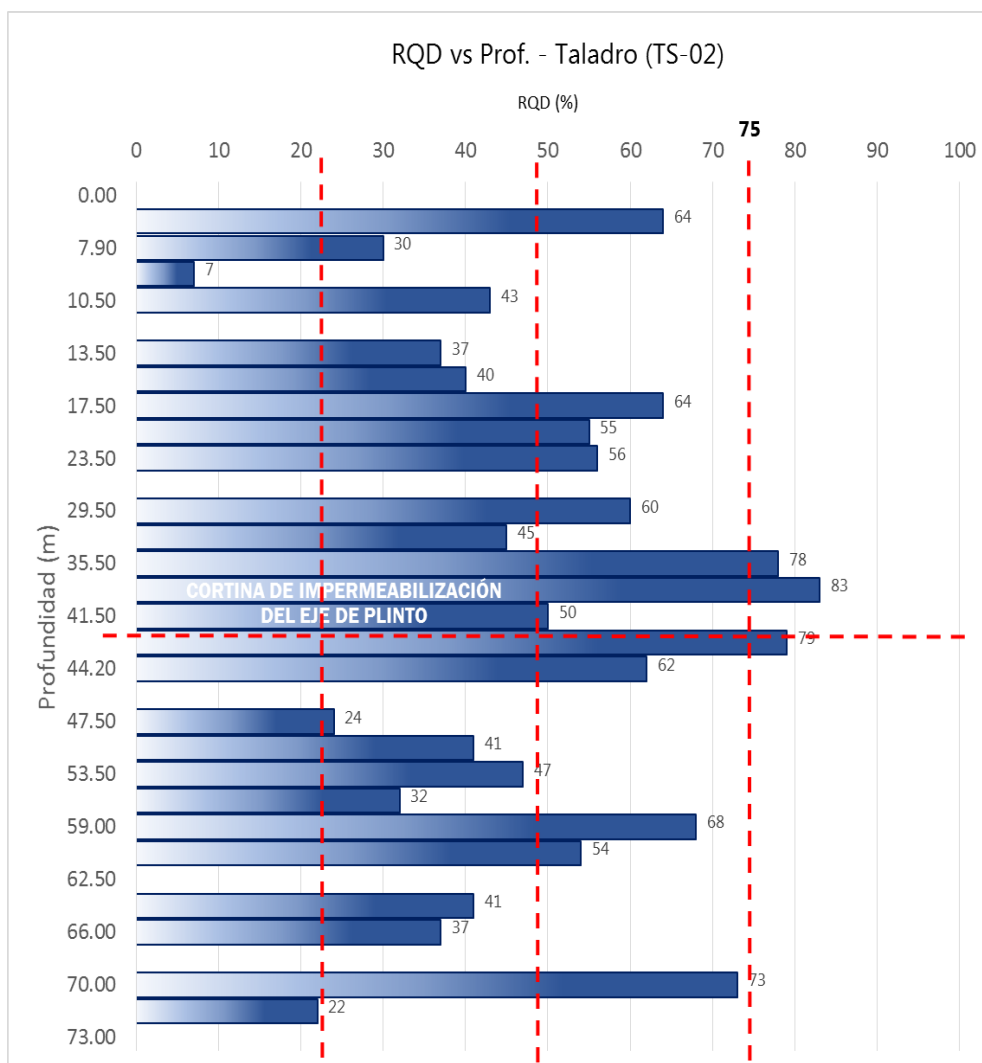
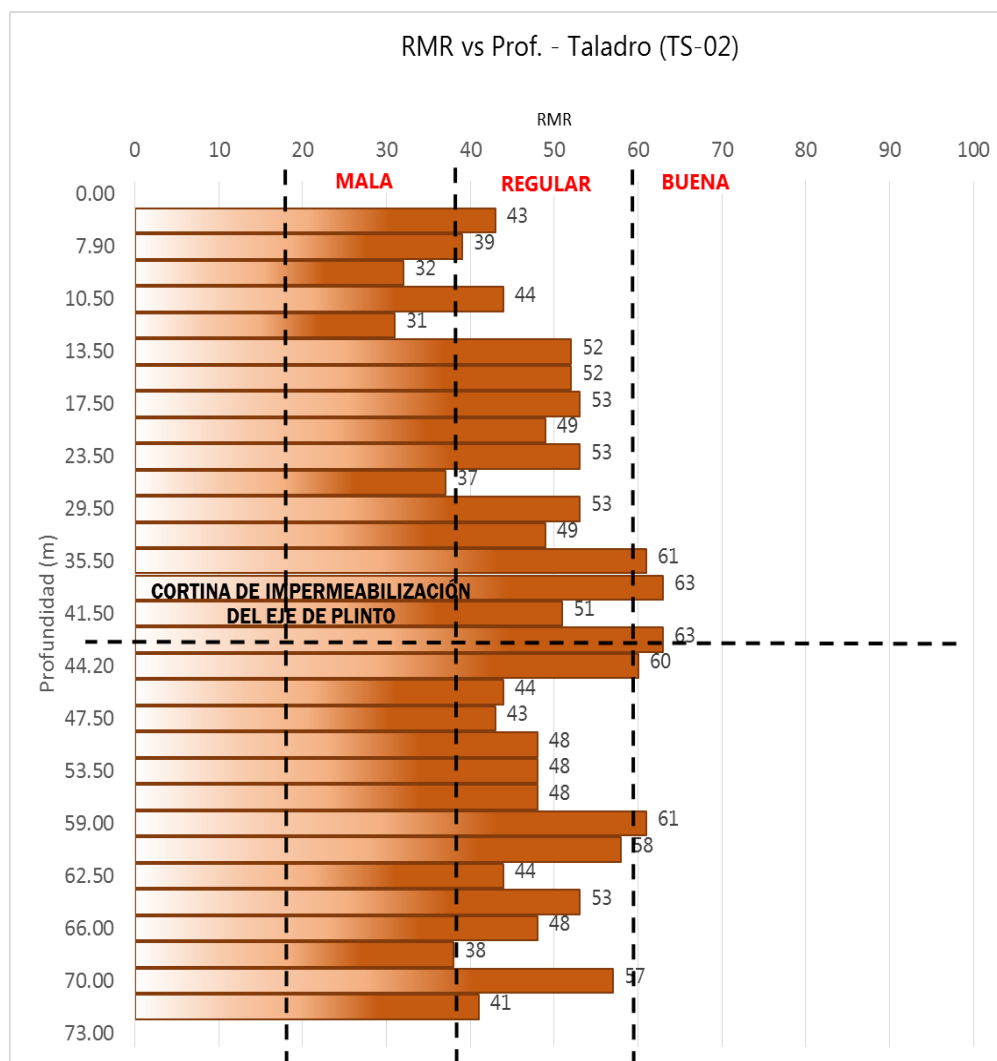
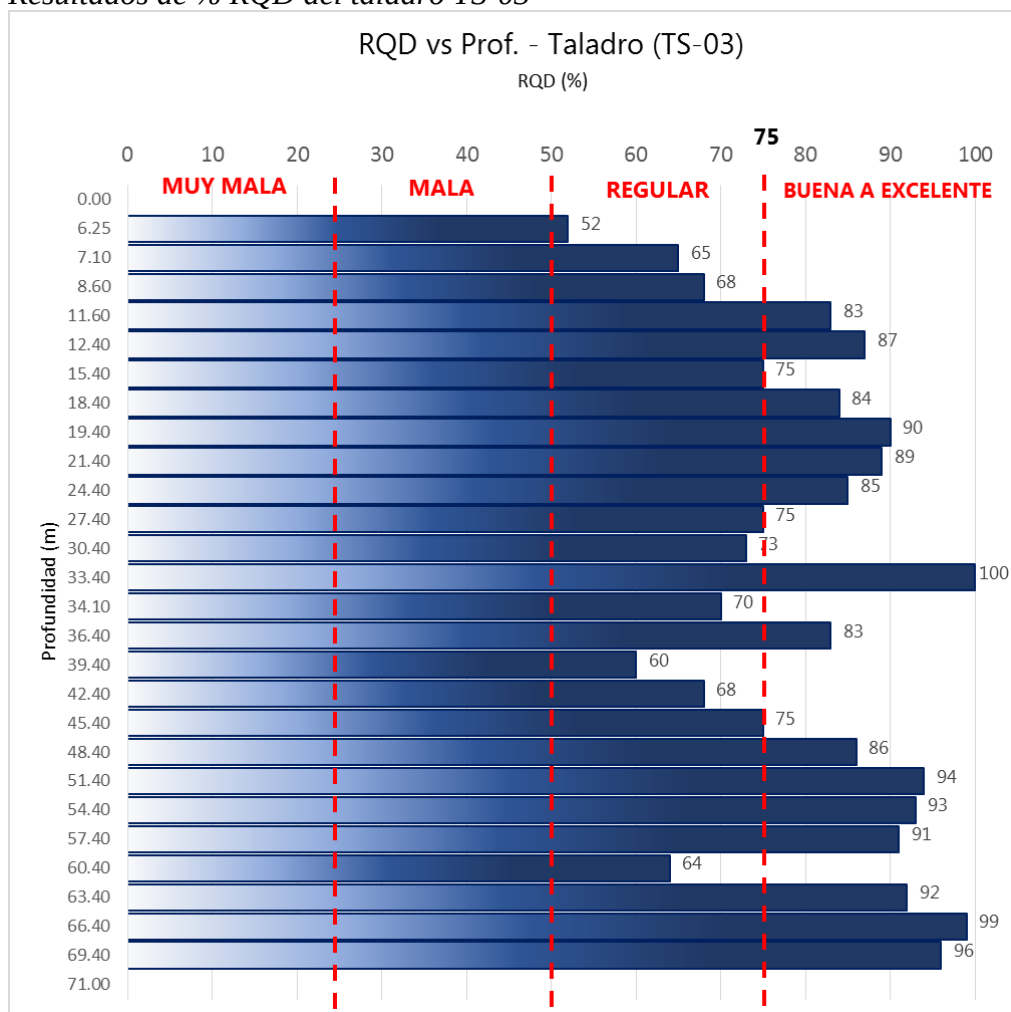


Figura 23*Resultados de Permeabilidad K del taladro TS-02***c. Perforación del taladro TS-03 (70.0 metros)**

Se encuentra ubicado a 190 metros al nor este de la corona de la presa proyectada, perforado en la llanura de inundación del río Sama en el medio del cauce.

El tramo de 0.0 a 6.25 metros: depósitos fluvio – aluviales compuesto de gravas, canto rodados y bolonería (70%) en matriz arenosa (30%).

Figura 24*Resultados de % RQD del taladro TS-03*

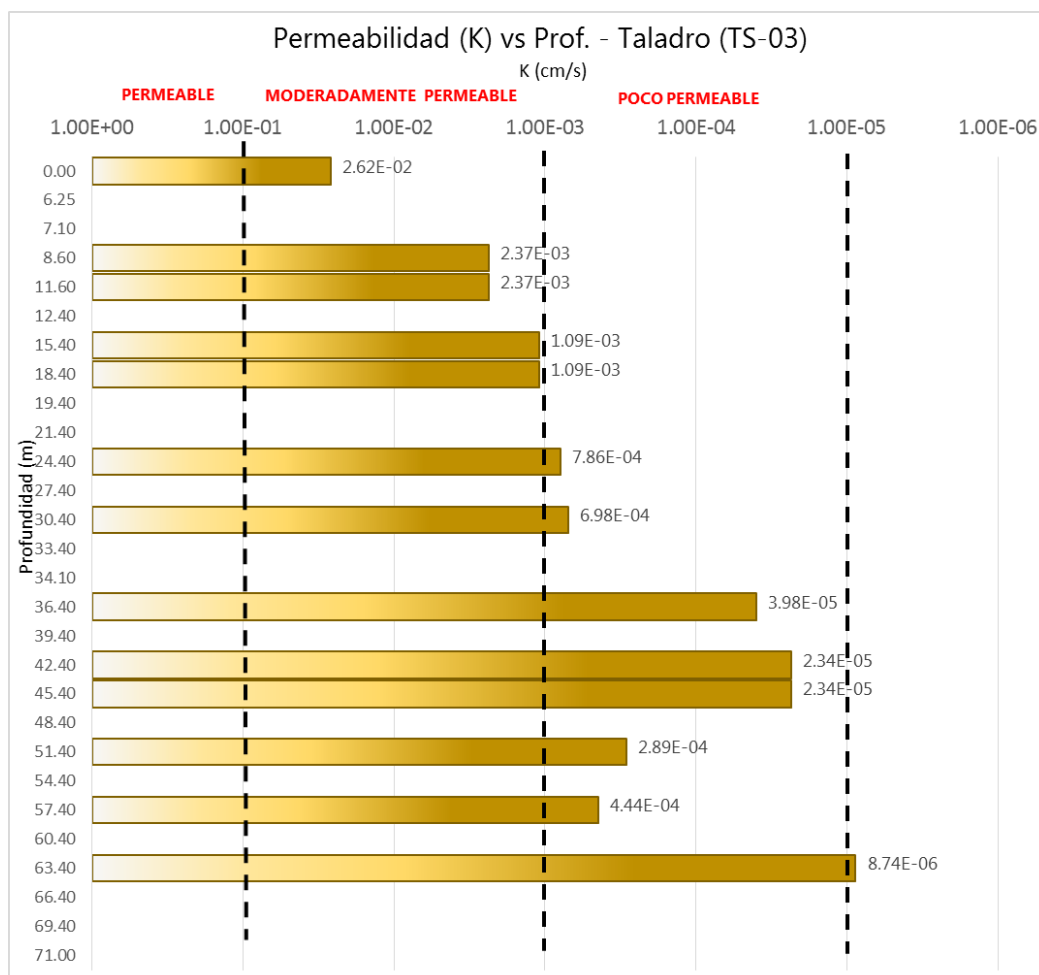
Luego el tramo de 6.25 a 33.40 metros: compuesto de roca andesita (6.25 m a 8.60) y roca intrusiva monzodiorítica (8.60 m a 33.40 m). Presenta un % de RQD entre 52.0 a 90.0% predominando como “regular” a “buena” (65 a 85). El RMR se encuentra entre 49 a 61 el tipo III “regular”. La permeabilidad tiene a aumentar a mayor profundidad y presenta valores entre $K=2.37 \times 10^{-3}$ cm/s a $K=6.98 \times 10^{-4}$ cm/s “poco permeable” con gasto de agua entre 19.17 UL a 65.12 UL “muy desfavorable”.

Luego el tramo de 33.40 a 70.0 metros: continua la roca intrusiva monzodiorítica con presencia de un gran dique subvolcánico entre los 33.40 m hasta los 42.40 m. Presenta mejores condiciones de % de RQD entre 60.0 a 100.0% predominando

como “regular” a “buena” (68 a 91). El RMR se encuentra entre 52 a 74 el tipo III “regular”. La permeabilidad es irregular y presenta valores entre $K=4.44 \times 10^{-4}$ cm/s a $K=8.74 \times 10^{-6}$ cm/s “poco permeable” a “muy poco permeable” con gasto de agua no homogéneo entre 0.64 UL a 12.19 UL. Entre el tramo 37.00 a 47.00 el gasto de agua fue de 0.64 UL “muy favorable” que confirma que a partir de los entre los 40 y los 45 metros es la mejor profundidad para tratamiento con inyecciones.

Figura 25

Resultados de Permeabilidad K del taladro TS-03



4.1.10.2 Análisis de las condiciones Geotécnicas

Para el análisis geotécnico de esta estructura ubicada en la zona de cierre del cauce, que se encuentra a 114 m al nor este de la corona de la presa proyectada, se utilizaron los 3 taladros descritos, complementados con ensayos geofísicos y estaciones geomecánicas de superficie concluyendo en lo siguiente:

La ubicación de estos taladros identifica tres (3) unidades como son: un relleno fluvio aluvial 0.0 hasta 6.25 metros, luego identifica una unidad volcánica compuesta de andesitas y una unidad intrusiva compuesta por facies de monzonita, adamelitas y monzodioritas como roca caja para la construcción del plinto y para el tratamiento de la cimentación con inyecciones.

Tramo 0.0 m a 6.25 m: El material de corte es 100% clasificado como material suelto, compuesto de gravas pobremente graduadas “GP” compuesto de 70% de bolonería, canto rodado y gravas con 30% de matriz de arena. Entre los 5.0 m a 6.25 m de profundidad varia la presencia del macizo rocoso clasificado como tipo IV “mala” hasta los 14 metros, con un tramo tipo III “regular en la parte central del cauce, por lo que se recomienda que el plinto sea cimentado a una profundidad mínima de 14 metros desde la actual superficie, que registra una capacidad admisible de 19.37 kg/cm², es decir sobre una roca tipo III en todo su emplazamiento.

Tramo 6.25 m a 40.0 m: Esta constituido principalmente por una roca intrusiva del tipo monzodiorítico del tipo III “regular” con % RQD entre 30 a 56% “mala a regular” predominantemente. Posee permeabilidades entre $K=5.79 \times 10^{-2}$ cm/s a $K=2.04 \times 10^{-4}$ cm/s clasificado como “moderada a poco permeable” con gasto de agua medido mínimo de 30.66 UL que es muy desfavorable. Esta información también contrasta con los valores de los ensayos MASW-07 con Vs entre 343 a 771 m/s; MAM-20 con Vs entre 392 a 865 m/s; MW+MM-09 con Vs entre 387 a 913 m/s y el ensayo MW+MM-10 con Vs entre 356 a 908 m/s que identifican a esta

roca tipo III. Así mismo el ensayo MW+MM-10 entre el tramo de profundidad de 3 m a 15 metros identifica una roca tipo V “muy mala” con $V_s < 356$ m/s. Los ensayos por métodos eléctricos también señalan una anisotropía en el eje del plinto con las siguientes resistividades: SEV-08 con valores entre 67.1 a 593.3 ohm-m, SEV-09 con valores entre 67.3 a 88.1; LT-02 con valores entre 220 a 1000 ohm-m y la línea tomográfica LT-05 con valores entre 22.7 a 220 ohm-m con tendencia a incrementar a mayor profundidad. Esta anisotropía se debe principalmente a la presencia de fracturas, mineralización de fracturas por la influencia directa del stock sobre el cual se está emplazando el plinto.

Tramo 40.0 m a 66.0 m: Esta constituido principalmente por una roca intrusiva del tipo monzodiorítico del tipo III (regular) y tipo II (bueno) con RMR entre los 48 a 63. El % RQD entre 35 m hasta los 45 metros de profundidad mejora sus valores de 50.0 a 79% “regular”, lo que contrasta con las permeabilidades entre $K=1.66 \times 10^{-4}$ cm/s a $K=2.34 \times 10^{-5}$ cm/s clasificado como “poco a muy permeable”. En el taladro TS-03 presenta mejores condiciones geotécnicas entre los 36 a 46 metros de profundidad el gasto de agua medido fue entre 1.09 UL hasta 0.64 UL que es muy favorable para estimar un nivel de inyecciones hasta los 45 metros de profundidad. Mientras que el taladro TS-02 presenta condiciones geotécnicas entre 5.61 UL a 4.53 UL que son levemente desfavorables debido a la anisotropía del macizo rocoso. Así mismo, los ensayos de sondeo eléctrico vertical – SEV entre los 40 m a 50 metros aproximadamente, señalan resistividades con valores SEV-09 de 503.3 ohm-m y el SEV-08 de 804.1 ohm-m asociados a un mejor macizo que coincidiría con un tipo III a tipo II.

Por lo tanto, se recomienda un análisis de inyección hasta los 45 metros de profundidad, tomando en cuenta que la roca no posee condiciones homogéneas y posee la mejor ubicación para la construcción del plinto y la pantalla de inyecciones.

Sus alcances han sido complementados con prospección geofísica como la línea tomográfica LT-06 (735 msnm) y LT-07(701 msnm). Los sondeos eléctricos verticales SEV-05 (700 msnm). El método combinado MW+MM-04 (798 msnm), MW+MM-06 (735 msnm) y MW+MM-15. El método MASW-21. El método de refracción sísmica LS-08B (700 msnm), LS-3 (748 msnm), RS-02 (455 msnm), LS-01B (794 msnm). El método de medición de microtrepidaciones en arreglos multicanal MAM-16 (699 msnm), MAM-17 (764 msnm). También se ejecutaron las estaciones geomecánicas: EGTA-04, EGTA-03, EGTA-02, EGTD-06 y EGTD-05 en el cauce del río Sama.

a. Perforación del taladro Y1-B (60.30 metros) - Cauce

Se encuentra ubicado en la zona de cauce a 10 metros del eje de la presa proyectada, este taladro ha encontrado 11 metros de material fluvio – aluvial con una permeabilidad promedio de $K= 10^{-3}$ cm/s.

El tramo de 11.0 m a 25.0 metros, se emplaza en rocas volcánicas alteradas y fracturadas con permeabilidades que varían entre $K=7 \times 10^{-4}$ cm/s a $K=1 \times 10^{-4}$ cm/s con presiones de hasta 5 kg/cm² con un consumo de agua de 15 a 16 lugeones. El RQD es de “regular” a “muy malo” con una recuperación promedio de 20%.

El tramo de 25.0 m a 40 metros, la roca volcánica mejora con una recuperación promedio del 80% con un RQD de “regular a bueno” y una permeabilidad fluctuante entre $K=1 \times 10^{-4}$ cm/s a 2×10^{-5} cm/s con presiones de hasta 7 kg/cm² con consumo de agua entre 1 a 3 lugeones. En los últimos 5 metros de perforación de este tramo existe un cambio de roca volcánica andesita a roca intrusiva adamelita.

El tramo de 40.0 m a 60.30 metros, la roca mejora significativamente con una recuperación de testigo del 95% con RQD de bueno a excelente, con valores de permeabilidad variables entre $K=1 \times 10^{-5}$ cm/s a 2×10^{-6} cm/s con presiones de hasta 10 kg/cm² con consumo de agua de cero (0) lugeones. Se recomienda hacer un desbroce de cinco (5) metros sobre el material fluvio aluvial para cimentar la presa

sobre un relleno más compacto para minimizar asentamientos diferenciales y que este material se utilice como cantera del cuerpo de la presa.

b. Perforación del taladro TA-01 (150.0 metros) – Estribo Izquierdo

Se encuentra ubicado en el estribo izquierdo a 58 metros al Nor Este del extremo izquierdo del eje de la corona de presa proyectada, perforado íntegramente en roca andesita de la formación Matalaque (Ki-ma). Este taladro tiene la doble función de aportar a la caracterización del aliviadero de demasías y aportar información para la estanqueidad del estribo izquierdo.

El tramo de 0.0 a 17.30 metros está conformado de roca andesita muy fracturada y alterada tipo V con intercalación de un tramo de brechas entre los 10 m a 10.80 m. Presenta un % de RQD (0 a 15%) “muy malo” con un porcentaje de recuperación promedio de 80%, con un RMR de “muy malo” y una permeabilidad levemente decreciente a profundidad de $K=1.74 \times 10^{-3}$ cm/s a $K=1.17 \times 10^{-3}$ cm/s clasificado como “moderadamente permeable”. Cabe señalar que la roca no posee condiciones para realizar prueba Lugeon, por lo que se optó solo por ejecutar el ensayo Lefranc.

El tramo de 17.30 a 70.50 metros: roca andesita porfirítica fracturada con un % de RQD entre 0% a 66% predominando como “mala” con intercalaciones de RQD = 0% (muy mala), en la parte inferior de este tramo desde los 60 m a los 70.50 metros de profundidad el RQD es “muy malo” en forma continua y homogénea. El RMR varía entre 47 a 67 predominando un índice de macizo rocoso “regular”, con intercalación de tramos “muy malos” ($RMR < 20$) principalmente en los últimos 10.20 metros donde la roca está muy fracturada y alterada. La permeabilidad tiende a decrecer a profundidad de $K=7.09 \times 10^{-4}$ cm/s a 1.63×10^{-4} clasificado como “poco permeable” por los resultados de los ensayos de Lefranc.

El tramo de 70.50 a 99.00 metros: roca andesita porfirítica con presencia de algunos tramos de brechas fracturadas con % de RQD entre 21% a 100% predominando como una roca “regular” (50% a 70%) con un promedio de recuperación de testigos de 100%. Presenta un RMR de 54 a 72 que clásica como tipo II “buena” con una

permeabilidad ascendente a profundidad entre de $K=3.98 \times 10^{-4}$ a 7.67×10^{-6} cm/s a clasificado como “poco permeable a muy poco permeable” debido a que presenta mejores condiciones geotécnicas para la estanqueidad del estribo izquierdo de la presa. Presenta un consumo de agua entre 0.3 UL a 0.2 UL “muy favorable”.

El tramo de 99.00 a 126.00 metros: roca andesita porfirítica con presencia de algunos tramos de brechas fracturadas con % de RQD entre 25% a 69% predominando como una roca “mala” ($<50\%$) con varios tramos intercalados con RDQ entre 0% a 25% “muy mala”, con un promedio de recuperación de testigos de 100%. Presenta un RMR de 0 a 67 predominando como tipo III “regular” (52 a 63) intercalado con tramos clasificados como tipo V “muy mala” (<25) como son: 99.0 – 103.60 m, 109.60 – 114.00 m y 118.50 a 126.00 m. La permeabilidad es descendente a profundidad entre de $K=9.67 \times 10^{-5}$ a 1.05×10^{-4} cm/s a clasificado como “poco permeable a muy poco permeable”. El consumo de agua a los 108 metros es de 0.4 UL “muy favorable”. Entre los 91.0 m a 97.0 metros la calidad alcanza el tipo II que coincide con la profundidad de impermeabilización recomendado de 45 metros de profundidad (658 msnm).

El tramo de 126.00 a 137.30 metros: roca andesita y traquiandesitica fracturadas con % de RQD entre 18 a 100% predominando como una roca “regular” (42 a 55%) con solo 2 tramos intercalados menores a 0.70 m con $RQD = 0\%$ “muy mala”, con un promedio de recuperación de testigos de 96%. Presenta un RMR de 47a 59 de tipo III “regular”. La permeabilidad es descendente a profundidad entre de $K=1.24 \times 10^{-5}$ a 4.04×10^{-4} cm/s a clasificado como “poco permeable”. El consumo de agua en el tramo superior a los 129 metros es de 0.4 UL “muy favorable”.

El tramo de 137.30 a 148.75 metros: roca andesita con presencia de traquiandesitas se muestran muy fracturadas y alteradas con % de RQD de 0.0%. Presenta un RMR de “muy malo”. La permeabilidad es clasificada como “muy permeable”.

El tramo de 148.75 a 150.40 metros: roca andesita con presencia de traquiandesitas presenta un mejoramiento de las condiciones geotécnicas a pesar de estar fracturada

con % de RQD entre 80% a 100% con un promedio de recuperación de testigo de 100%. Presenta un RMR entre 72 a 75 clasificado como tipo II “bueno”. La permeabilidad es de $K=1.49 \times 10^{-4}$ cm/s clasificado como “poco permeable”.

La ubicación de este taladro coincide con la presencia de planos de falla normal NO –SE y una serie de intrusiones de diques andesíticos subvolcánicos que poseen mejor calidad de la roca caja, pero aun así persiste una serie de intercalaciones de roca fracturada que obliga a aplicar tratamiento en algunos tramos del borde donde se anclara la pantalla impermeable de concreto armado desde los 0.0 m hasta los 126 metros aproximadamente para asegurar la estanqueidad del talud aguas arriba.

c. Perforación del taladro Y-3 (83.0 metros) – Estribo Izquierdo

Se encuentra ubicado en el estribo izquierdo a 43 metros al Nor Este de la corona de presa proyectada, perforado íntegramente en roca andesita de la formación Matalaque (Ki-ma). Se encuentra cerca de una pequeña falla con rumbo Az 230° con buzamiento 80° SE, su traza deja una depresión morfológica rellena con material milonitizado rojizo y brecha gris clara, en un ancho de 10 a 15 cm. La roca caja está compuesta de rocas andesitas con fracturas impregnadas de oxidaciones y diseminaciones minerales de cobre y zinc.

El tramo de 0.0 a 18.0 metros se observa una recuperación de testigos del 40% con tendencia a mejorar en los últimos 5 m, el RQD se inicia como “regular” y es “buena” en los últimos 10 m, la permeabilidad es de $K= 3 \times 10^{-4}$ cm/s en su mayor tramo, haciéndose $K=2 \times 10^{-5}$ cm/s en los últimos 4 m, hasta con una presión de 2 kg/cm² y un consumo de agua de 30 y 4 lugeones, respectivamente.

En el tramo 18.0 a 24.0 metros, es una sección del segundo dique volcánico (latita), muestra una recuperación de testigos de 80%, un RQD excelente, una permeabilidad con presiones de hasta 5 kg/cm², y consumo de cero (0) lugeones, demostrando que este dique volcánico se encuentra fresco a diferencia de la roca encajonante, tanto en el piso como el techo. Estos resultados confirman el mejor

estado de la roca de los diques cuando se encuentran protegidos por la roca encajonante que cuando están expuestos a la intemperie (Y-3, Y-4).

En el tramo 24.0 a 30.0 metros, afecta roca volcánica encajonante fracturada, parcialmente alteradas; arroja una recuperación promedio de testigos del 80%, con un RQD regular, la permeabilidad entre $K=6 \times 10^{-5}$ cm/s y $K=4 \times 10^{-4}$ cm/s hasta con presiones 5 y 7 kg/cm², con un consumo de agua entre 6 y 15 lugeones.

En el tramo 38.0 a 83.0 metros, se emplaza sobre roca andesita encajonante parcialmente fracturada, entre 74 a 78.5 metros cruza aparentemente el primer dique volcánico. La recuperación de testigos varía de 35 a 80%, el RQD de “malo” mejora a “regular y bueno”, la permeabilidad desciende de $K=4 \times 10^{-5}$ cm/s a $K=3 \times 10^{-6}$ cm/s con presiones hasta de 10 kg/cm² y consumo de agua de 3 a 0 lugeones.

d. Perforación del taladro Y-2 (63.15 metros) – Estribo Izquierdo

Se encuentra ubicado a media ladera del estribo izquierdo a 20 metros al Nor Este de la corona de presa proyectada, perforado íntegramente en roca andesita de la formación Matalaque (Ki-ma) muy alterada y fracturada hasta los 4.50 metros de profundidad.

En el tramo 4.50 a 14.50 metros, cruza al primer dique sub volcánico de andesita porfirítica con una recuperación de testigo del 95% con RQD “bueno” con permeabilidad decreciente entre $K=3 \times 10^{-4}$ cm/s a $K=7 \times 10^{-6}$ cm/s con presiones hasta de 3 kg/cm² y consumo de agua de 28, 12 y 0 lugeones. Este resultado expone que este dique debería mejorar a mayor profundidad en sus características debido a que en superficie son alentadoras.

En el tramo 14.50 m a 31.0 metros, se emplaza en roca volcánica andesita fracturada y parcialmente alterada, la recuperación de testigos se hace en pequeños tramos variables de 0 %, 70% y 100% con un RQD de “regular” a “muy malo” con permeabilidad fluctuante entre $K=1 \times 10^{-4}$ cm/s a $K=3 \times 10^{-5}$ cm/s con presiones hasta de 5 kg/cm² y consumo de agua de 5 a 12 lugeones.

En el tramo 31.0 m a 61.0 metros, se ubica en roca andesita con tendencia a mejorar físicamente con recuperación de testigos promedio de 90% con RQD que varía entre “regular”, “bueno” y “excelente”. La permeabilidad cambia en tramos de $K=1 \times 10^{-5}$ cm/s y $K=5 \times 10^{-6}$ cm/s hasta con 7 kg/cm², con consumo de agua de uno (1) a cero (0) lugeones. En los tramos inferiores se llegó a aplicar hasta 10 kg/cm² con permeabilidades variables de $K=1 \times 10^{-4}$ cm/s a cero (0); con consumo de agua entre 10 a 0 lugeones, señalando buenas condiciones de estanqueidad de la roca en estos niveles.

e. Perforación del taladro Y-4 (77.70 metros) – Estribo Derecho

Está ubicado a media ladera del estribo derecho a 25 metros al nor este del eje de la corona proyectada aproximadamente.

El tramo de 0 a 8 metros: roca andesita muy fracturada y alterada con un % de RQD < 25% de “muy malo” con un porcentaje de recuperación promedio de 35%, con una permeabilidad de $K=5.0 \times 10^{-4}$ cm/s clasificado como “poco permeable” con consumo de agua de 48 lugeones.

El tramo 8 a 21 metros: continua la roca andesita pero solo parcialmente fracturada, los últimos 5.50 metros se identificó como un ramal del primer dique volcánico con un % de RQD de 80% “bueno” con 95% de recuperación de testigos. La permeabilidad desciende de $K= 5.0 \times 10^{-4}$ cm/s a 3×10^{-4} cm/s clasificado como “poco permeable” con presiones de hasta 3 kg/cm² y el consumo de agua de 48 a 30 lugeones.

El tramo 21 a 61 metros: está emplazado mayormente en el stock adamelítico a monzodiorítico con algunas fracturas, los primeros 7 metros son intercalaciones volcánicas y diques subvolcánicos de andesitas porfíricas, con % de RQD entre “excelente a bueno” con 95% de recuperación de testigos, salvo un pequeño nivel de 5 metros con 65%. La permeabilidad fluctúa entre $K= 1 \times 10^{-4}$ a $K= 3 \times 10^{-6}$ “poco permeable a muy poco permeable” con presiones de 5.7 kg/cm² y 10 kg/cm² con consumo de agua mayormente de 2 a 4 lugeones (favorable), salvo 2 tramos de

5 m cada uno con 8 y 12 lugeones (desfavorable). Este tramo constituye el techo del túnel proyectado.

El tramo 61 a 77.70 metros: continúa el emplazamiento en el stock adamelítico - monzodiorítico con % de RQD entre “bueno a excelente” con 100% de recuperación de testigos. La permeabilidad y consumo de agua es cero hasta con presiones de 10 kg/cm². Este último tramo representaría la rasante del túnel.

f. Perforación del taladro TS-01 (150.0 metros) – Estribo Derecho

Está ubicado a 10 metros aproximadamente encima del nivel del NAMO en la parte superior de la ladera alineada la corona proyectada en el estribo derecho y se encuentra perforado sobre las rocas andesitas de la formación Matalaque que sobreyacen a los intrusivos de un stock monzodiorítico – adamelítico y que el taladro logro alcanzar.

El tramo de 0 a 18 metros: roca andesita afanítica muy fracturada y alterada con un % de RQD < 25% “muy malo” con un porcentaje de recuperación promedio de 80% y un RMR entre 40 a 64 predominando el tipo “regular”. Presenta una permeabilidad a gravedad de $K=3.16 \times 10^{-3}$ cm/s clasificado como “moderadamente permeable”.

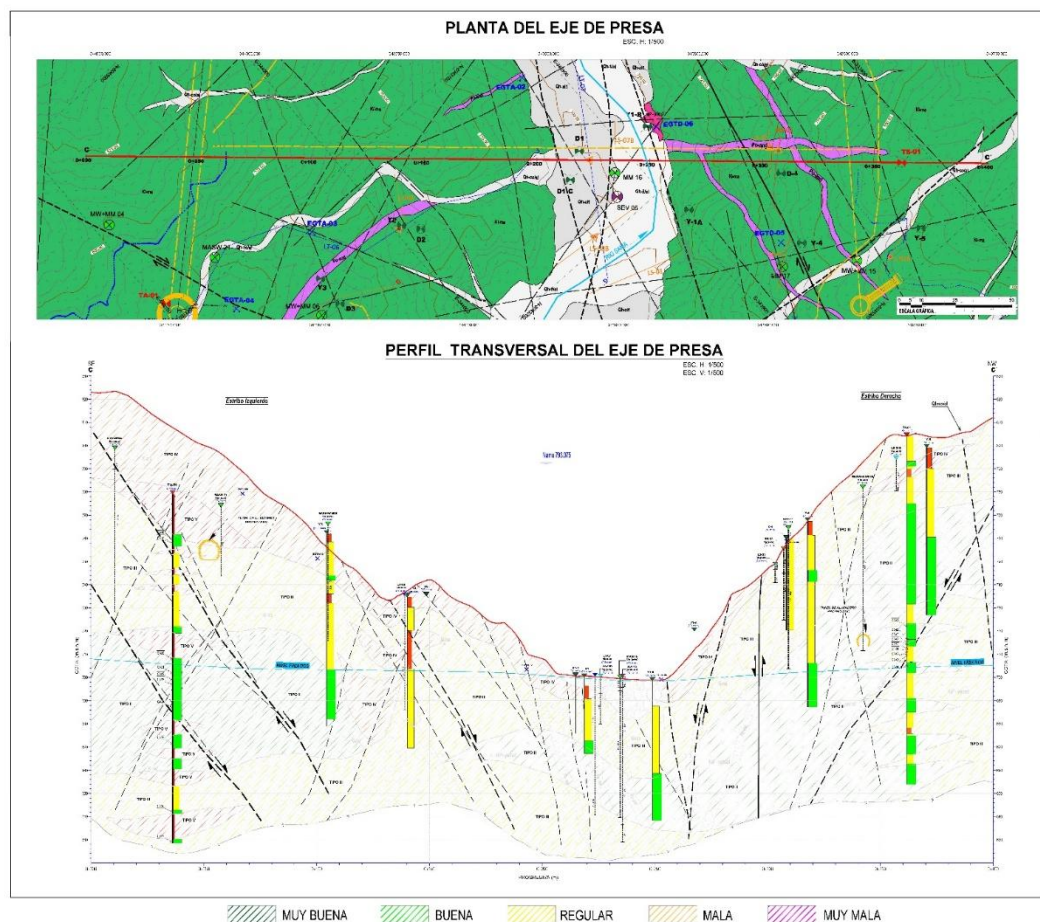
El tramo de 18 a 28 metros: roca andesita afanítica muy fracturada y alterada con un % de RQD < 25% “muy malo” con un porcentaje de recuperación promedio de 80% y un RMR entre 40 a 53 “regular”. Presenta dos niveles de permeabilidad el primero de 8.5 m a 16.10 m, a gravedad entre $K=3.16 \times 10^{-3}$ cm/s a $K=1.62 \times 10^{-3}$ cm/s clasificado como “moderadamente permeable” y la segunda de 18.0 m a 28.0 m entre $K= 4.35 \times 10^{-4}$ cm/s a $K=2.04 \times 10^{-4}$ cm/s clasificado como “poco permeable”.

El tramo de 28 a 97.35 metros: roca andesita afanítica poco fracturada y alterada con un % de RQD entre 60% a 100% predominando de “regular” a “buena” con un

porcentaje de recuperación promedio de 97% y un RMR entre 51 a 81 “regular” a “buena” hasta los 70 metros, mientras que los últimos 14 metros poseen un RMR entre 54 a 66 predominando como “regular”. Presenta dos niveles de permeabilidad el primero de 28.0 m a 55.03 m, a gravedad entre $K=1.12 \times 10^{-4}$ cm/s a $K=9.91 \times 10^{-7}$ cm/s clasificado como “poco permeable” a “impermeable”; mientras que la segunda de 55.03 m a 94.0 m varía entre $K=1.56 \times 10^{-4}$ cm/s a $K=9.27 \times 10^{-7}$ cm/s intercalando entre “poco permeable”, “muy poco permeable” e “impermeable” en la parte inferior. Presenta un gasto de agua entre 0.02 UL a 9.70 UL en forma intercalada, predominado el gasto < 3 UL. En este último tramo se encuentra la zona de corte de la rasante del túnel (0.03 UL a 1.47 UL).

Figura 27

Caracterización Geotécnica para la cimentación del cuerpo principal de la Presa



El tramo de 97.35 a 150.0 metros: roca andesita afanítica poco fracturada y alterada con un % de RQD entre 44% a 100% predominando valores encima de 61 de “buena” a “muy buena” con un porcentaje de recuperación promedio de 94% y un RMR entre 49 a 71 “regular” a “buena” predominando el macizo “bueno” desde los 129 metros hasta los 150 metros. Presenta niveles de permeabilidad entre $K=1.30 \times 10^{-4}$ cm/s a $K=8.22 \times 10^{-5}$ cm/s clasificado como principalmente como “poco permeable” con un tramo entre los 126.66 m hasta los 129.0 m como “muy poco permeable”. Presenta un gasto de agua de 3.93 UL hasta 10.78 UL y entre los 126.66 m hasta los 133.30 m presente valores entre 2.35 UL a 3.12 UL.

4.1.11 Mecánica de suelos

El presente estudio caracterizada las propiedades físico-mecánicas y químicas del agregado existente en el cauce del río Sama en el área donde se emplazará la presa y el vaso que también representan zonas de préstamo de material para la construcción de la presa y sus obras conexas. En el caso de la zona de emplazamiento de la presa servirá para estudio de las condiciones de la cimentación de la presa.

4.1.11.1 Ejecución de trabajo de campo para estudio de Canteras

La cantera propuesta está ubicada a lo largo del cauce del Río Sama, específicamente en todo el emplazamiento de la presa y zona de embalse que políticamente pertenece al distrito de Inclán, provincia de Tacna, en el departamento de Tacna. Altitudinalmente se ubica a 800 m.s.n.m. y geográficamente en la coordenada UTM WGS 84 19K: 343556 E / 8045956 N.

Se ejecutaron un total 78 calicatas de acuerdo con la norma NTP 339.162 con su respectiva descripción de la litología de cada calicata de acuerdo con la norma ASTM D2488, que comprende la clasificación visual y manual, como color, textura, forma de los clastos, porcentaje aproximado de los materiales que lo componen, humedad, plasticidad, compacidad, etc.

4.1.11.2 Ensayos de laboratorio

Los ensayos se desarrollaron con el fin de obtener las propiedades físico-mecánicas, resistencia y químicas de los suelos y agregados, bajo las normas ASTM, AASHTO, NTP o MTC.

Tabla 15

Ensayos de Laboratorio que se realizaron y su normatividad de ejecución

ENSAYO	USO	NORMA DE REFERENCIAS				PROPOSITO DEL ENSAYO
		MTC	AASHTO	ASTM	NTP	
Contenido de Humedad	Clasificación	E-108	T265	D-2216	339.137	Determinar el contenido de humedad natural de suelos y agregados.
Análisis Granulométrico de Agregado Fino y Grueso	Clasificación	E-204	T27	C-136	400.012	Determinar cuantitativamente la distribución de los tamaños de las partículas de agregados gruesos y finos de un material, por medio de tamices o mallas
Limite Liquido	Clasificación	E-110	T 89	D-4318	339.129	Hallar el contenido de agua entre los estados del suelo.
Limite Plástico	Clasificación	E-111	T 90	D-4318	339.129	Hallar el contenido de agua entre los estados del suelo.
Índice Plástico	Clasificación	E-111	T 90	D-4318	339.129	Hallar el rango de contenido de agua por encima del cual, el suelo está en un estado plástico.
Abrasión los Ángeles	Calidad de Agregados	E-207	T96	C-131	400.020	Determinar la resistencia de desgaste de agregados naturales o triturados de tamaño menores de 1'
Durabilidad de agregados	Calidad de Agregados	E-209	T-104	C-88	-	Determina el porcentaje de pérdidas corregidas para agregado grueso y fino.
Contenido de Sulfatos Solubles en Suelos (SO ₄)	Calidad de los materiales	-	T290	-	339.178	Determina la cantidad en % o en ppm de SO ₄ para medir la agresividad al concreto.
Contenido de Cloruros Solubles en Suelos (CL)	Calidad de los materiales	-	T291	-	339.177	Determina la cantidad en % o en ppm de CL para medir la agresividad al hierro.
Contenido de Sales Solubles Totales en Suelos (SST)	Calidad de los materiales	-	-	-	339.152	Determina el contenido de sales en los suelos.
Impurezas Orgánicas	Calidad de los materiales	118	-	-	-	Determinar el contenido orgánico en suelos con perdida por ignición.

4.1.11.2.1 Resultados de Ensayos físico-mecánicos de Laboratorio de mecánica de suelos

a) Granulometría Global

Está conformado por suelos de gravas mal graduadas con arenas (GP) para las muestras de las calicatas CRS-07 hasta la CRS-40 (33 muestras), calicatas CEP-01 hasta CEP-07 (07 muestras) y CFS-01 hasta CFS-03 (03 muestras) es decir un total de 43 muestras. La granulometría global efectuada, señala 19.60% de bolonería, 33.59% canto rodado, 15.75% grava, 29.06% arena y 2.0 % limos.

Figura 28

Curva promedio de granulometría de las muestras de la Cantera Río Sama

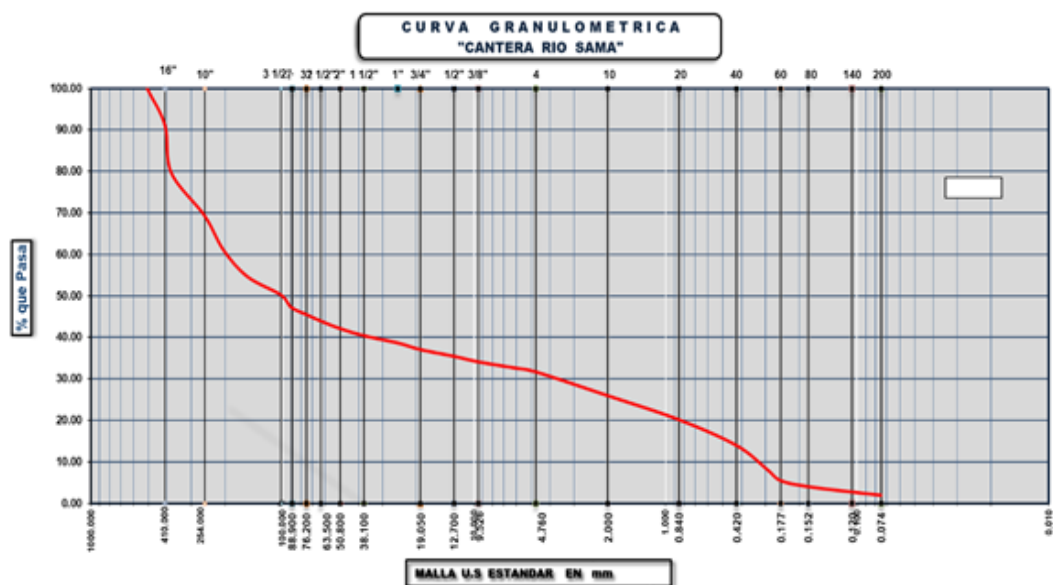
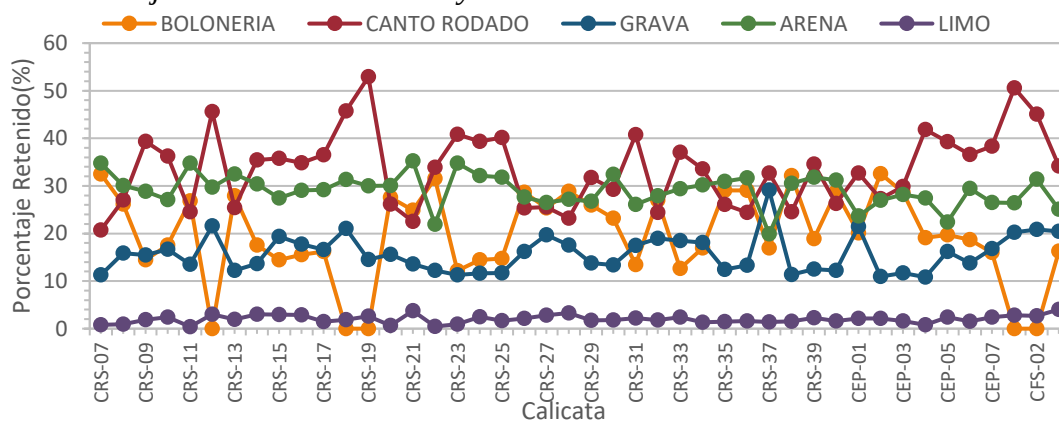


Figura 29

Porcentajes retenidos de clastos y arenas de la Cantera Río Sama



b) Límites de Consistencia

El resultado de las 44 muestras analizadas para cantera no presenta plasticidad (NP), debido a su estado de material lavado, la cohesión de la matriz arenosa es muy baja y no permite realizar el ensayo adecuadamente

Tabla 16

Resultados de Límites de Consistencia de las muestras analizadas, cantera río Sama

Ítem	Calicata N°	COORDENADAS UTM WGS 84		LIMITES DE ATTERBERG			SUCS
		ESTE	NORTE	LL (%)	LP (%)	IP (%)	
1	CRS-07	345405	8047209	18.41%	N.P.	N.P.	GP
2	CRS-08	345215	8047145	18.85%	N.P.	N.P.	GP
3	CRS-09	344939	8047091	19.25%	N.P.	N.P.	GP
4	CRS-10	344929	8047001	19.09%	N.P.	N.P.	GP
5	CRS-11	344729	8046950	19.32%	N.P.	N.P.	GP
6	CRS-12	344585	8046835	18.95%	N.P.	N.P.	GP
7	CRS-13	344392	8046782	18.38%	N.P.	N.P.	GP
8	CRS-14	344264	8046607	18.43%	N.P.	N.P.	GP
9	CRS-15	344110	8046463	18.79%	N.P.	N.P.	GP
10	CRS-16	343943	8046324	18.30%	N.P.	N.P.	GP
11	CRS-17	343895	8046238	18.35%	N.P.	N.P.	GP
12	CRS-18	343689	8046169	17.90%	N.P.	N.P.	GP
13	CRS-19	343715	8046113	18.91%	N.P.	N.P.	GP
14	CRS-20	343584	8045964	18.47%	N.P.	N.P.	GP
15	CRS-21	343630	8045912	18.83%	N.P.	N.P.	GP
16	CRS-22	343713	8045734	18.95%	N.P.	N.P.	GP
17	CRS-23	343720	8045629	18.90%	N.P.	N.P.	GP
18	CRS-24	343758	8045425	19.23%	N.P.	N.P.	GP
19	CRS-25	343805	8045277	18.93%	N.P.	N.P.	GP
20	CRS-26	343798	8045146	19.07%	N.P.	N.P.	GP
21	CRS-27	343710	8045028	18.26%	N.P.	N.P.	GP
22	CRS-28	343793	8044847	19.07%	N.P.	N.P.	GP
23	CRS-29	343775	8044748	18.69%	N.P.	N.P.	GP
24	CRS-30	343678	8044700	18.90%	N.P.	N.P.	GP
25	CRS-31	343780	8044683	18.05%	N.P.	N.P.	GP
26	CRS-32	343829	8044399	18.99%	N.P.	N.P.	GP
27	CRS-33	343810	8044087	19.21%	N.P.	N.P.	GP
28	CRS-34	343830	8044157	17.90%	N.P.	N.P.	GP
29	CRS-35	343737	8044142	18.19%	N.P.	N.P.	GP
30	CRS-36	343703	8044054	18.41%	N.P.	N.P.	GP
31	CRS-37	343803	8043988	18.02%	N.P.	N.P.	GP
32	CRS-38	343802	8043893	18.31%	N.P.	N.P.	GP
33	CRS-39	343937	8043785	18.18%	N.P.	N.P.	GP
34	CRS-40	343826	8043739	18.15%	N.P.	N.P.	GP
35	CEP-01	343766	8042792	19.84%	N.P.	N.P.	GP
36	CEP-02	343755	8042842	19.90%	N.P.	N.P.	GP
37	CEP-03	343770	8043050	19.05%	N.P.	N.P.	GP
38	CEP-04	343996	8043375	20.06%	N.P.	N.P.	GP
39	CEP-05	343975	8043471	19.66%	N.P.	N.P.	GP

40	CEP-06	343934	8043590	19.93%	N.P.	N.P.	GP
41	CEP-07	343911	8043668	19.39%	N.P.	N.P.	GP
42	CFS-01	343840	8043067	19.50%	N.P.	N.P.	GP
43	CFS-02	343911	8043175	19.90%	N.P.	N.P.	GP
44	CFS-03	343979	8043258	19.68%	N.P.	N.P.	GP

c) Peso Específico del agregado grueso

El peso específico de la fracción retenida en la malla N° 4 varía de 2.613 a 2.667 gr/cm³ y un porcentaje de absorción que varía de 0.381 a 0.994 %.

d) Humedad Natural

Se ha determinado un contenido de humedad que varía desde 15.16 a 22.94%.

e) Densidad Natural

La densidad seca in situ para este material varía desde 1.860 a 1.908 gr/cm³.

f) Densidad máxima seca

Mediante el ensayo Proctor modificado (método C) se tiene que la densidad máxima seca varía desde 1.969 a 1.985 gr/cm³ y un contenido de humedad óptimo de 5.1 a 5.7%.

g) Partículas chatas y alargadas

Los resultados que oscilan entre porcentajes de 4.60 % al 5.40 %, siendo mínimo.

h) Ensayo Corte Directo

Los resultados obtenidos muestran una cohesión máxima que varía desde 0.063 a 0.068 kg/cm² y residual de 0.026 a 0.049 kg/cm² y un ángulo de fricción interna máximo desde 31. 87° a 33. 59° y residual desde 30.93° a 31.87°.

i) Densidad Mínima

La densidad mínima para este material varía desde 1.727 a 1.864 gr/cm³.

j) Abrasión Los Ángeles

Los resultados del ensayo de desgaste realizado a las muestras presentan valores de porcentajes que oscilan entre 16.90 % a 19.67 %.

k) Durabilidad de agregado

Los resultados del ensayo de durabilidad al Sulfato de Magnesio para agregado fino son de 1.23 % y 1.84 % y para agregado grueso entre 0.93 % a 1.35 %.

l) Equivalente arena

Las muestras presentan valores que oscilan entre 75.73 % a 77.34 %, siendo satisfactorio.

m) Resultados de contenido de materia orgánica

Para identificar la calidad del agregado para el diseño de mezcla es importante considerar el contenido de materia orgánica (MTC E-118, AASHTO T-267 y ASTM C-40). Los resultados obtenidos del ensayo son los siguientes:

Tabla 17

Resultados de contenido de porcentajes de material orgánica

Calicata	Coordenadas UTM WGS 84		Materia Orgánica (%)
	Este	Norte	
CRS-03	343493	8046256	0.62
CRS-10	344929	8047001	0.52
CRS-20	343584	8045964	0.55
CRS-30	343678	8044700	0.49
CRS-35	343737	8044142	0.55
CRS-40	343826	8043739	0.53

n) Análisis químico de suelos

El contenido de Cloruros (Cl-) de los agregados oscilan entre 1130.00 P.P.M. a 1360.00 P.P.M.; Contenido de Sulfatos (SO₄) de 955.00 P.P.M. a 4210.00 P.P.M. Para Sales Solubles Totales (SST) los valores oscilan entre 3240.00 P.P.M. y 4210.00 P.P.M.

o) Concentración de ion de hidrogeno (pH) en el suelo

Presentan valores que oscilan entre 6.89 a 7.16, siendo aceptable.

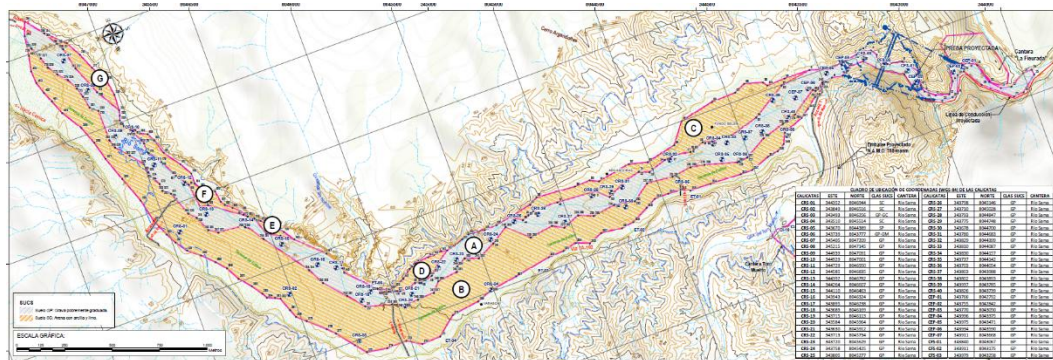
4.1.11.3 Características técnicas de la cantera río Sama

- ✓ Clasificación SUCS : Gravas pobremente graduadas (GP)
- ✓ Utilidad (uso recomendado) : Para agregados de concreto y rellenos estructurales del cuerpo de presa y ataguía.
- ✓ Profundidad de desbroce : 0.50 metros
- ✓ Potencia para explotar : 4.0 metros en zona de embalse
- ✓ Volumen neto de oferta : 4'616,527.37 m³ Presa y Obras Conexas
- ✓ Demanda neta de material : 2'628,154.65 m³
- ✓ Tratamiento : Corte con tractor D-8, cargador frontal, acumulación, oreo y Zarandeo.
- ✓ Distancia a obra : Variable. Se encuentra en la llanura de inundación

Desde el punto de vista geotécnico, el material fluvio aluvial que conforman los rellenos de la planicie de inundación en la zona del vaso y eje de la presa Sama proyectada presentan propiedades físico mecánicas aceptables con volúmenes explotables que cubrirían la demanda del proyecto.

Figura 30

Ubicación de la cantera Río Sama para el proyecto

**Tabla 18**

Cuadro resumen de oferta y demanda de materiales de préstamo para la Presa y ataguía

POTENCIA PARA EXPLOTAR	VOL. BRUTO	UTILIDAD	% HUSO SEGÚN GRANULOMETRIA	CORRECCIÓN POR ESPONJAMIENTO	VOLUMEN NETO (OFERTA) [m³]	DEMANDA DEL PROYECTO	USO Y CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL
(m)	(m³)			(%)		(m³)	
4.00	6,126,778.20	Espaldón de enrocado de Presa CFRD	17.0%	85.0%	885,319.45	541,491.25	Zona Intermedia (3 A), material mayor a 2" y menor a 8" de diámetro (ø).
		Cuerpo y Espaldón enrocado de Presa	40.0%	85.0%	2,083,104.59	1,808,013.07	Zona de enrocado (3 B), material mayor a 8" y menor a 20" de ø.
		Filtro de Presa	18.0%	80.0%	882,256.06	93,519.95	Zona de filtro (2 A), material con Arenas y guijarros de máx. 3/4" de ø.
		Transición filtro - espaldón de la Presa	6.0%	85.0%	312,465.69	102,363.75	Zona de transición (2 B), material entre 1/4" a 3" de ø.
		Filtro de Ataguía de Desvío.	1.0%	80.0%	49,014.23	2,131.97	Relleno filtro Ataguía (Zona 2), material de Grava Arenosa de máx. 3/4" de ø.
		Espaldón de Ataguía de Desvío.	1.0%	85.0%	52,077.61	10,408.86	Relleno para Espaldón (Zona 3), material aluvial seleccionado (> 2" y < 8" de ø).

		Grava para Concreto	3.0%	85.0%	156,232.84	35,112.90	Agregado grueso para Concreto de Presa y Obras conexas (> 4" y < 1/4" de $\emptyset$).
		Arena para Concreto	4.0%	80.0%	196,056.90	35,112.90	Agregado fino para Concreto de la Presa y Obras conexas (< 1/4" de $\emptyset$)

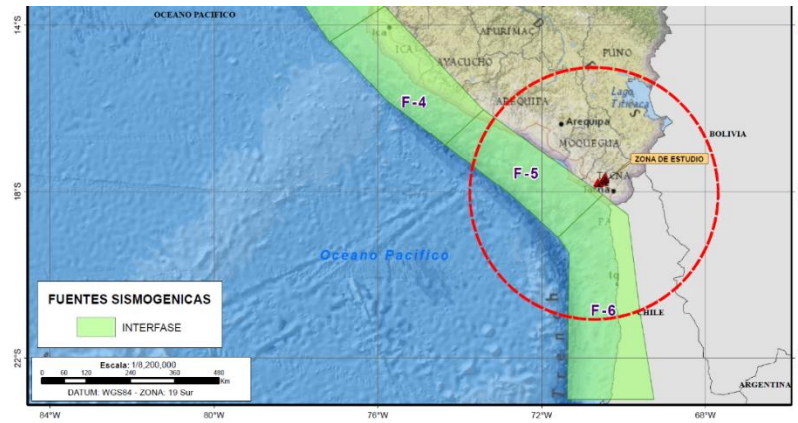
4.1.12 Peligro Sísmico

La actividad sísmica en el Perú es debida principalmente al proceso de subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana, presente de Norte a Sur en su borde Oeste, con una velocidad relativa de 8 a 10 cm/año (De Mets, 1990). El margen Oeste de Sudamérica, es uno de los más activos por su alta velocidad de convergencia, que permite un fuerte acoplamiento entre las placas mencionadas. Este proceso produce sismos de diferentes magnitudes a diferentes niveles de profundidad y como resultado se ha formado la fosa peruano-chilena y la Cordillera Andina en diferentes periodos orogénicos. Entre la fosa y la línea de costa se concentran los sismos con foco superficial ($h < 60$ Km), que al presentar magnitudes elevadas producen diferentes grados de destrucción en superficie y deben su origen a los procesos compresivos generados por la colisión de la placa de Nazca y Sudamericana. Los sismos se distribuyen en función de la profundidad de sus focos siguiendo una alineación desde la fosa, con un ángulo de 30° hasta alcanzar una profundidad del orden de 250 a 300 Km.

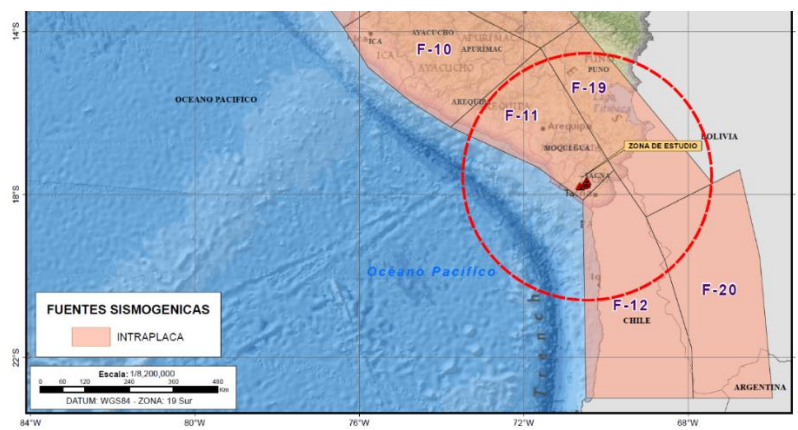
Se utilizó las fuentes sismogénicas definidas por SENCICO (2016), en la que se diferencia tres tipos de mecanismos: interfase, intraplaca superficial e intermedias. Las fuentes que involucran a la zona de interés son la fuente F5 (con mecanismo focal de interfase) que son de subducción superficial (0-70 km) a lo largo de la costa de Tacna, la fuente F11 (con mecanismo intraplaca) y la fuente F16 (con mecanismo continental) de sismicidad intermedia y profunda (71-700 km).

Figura 31

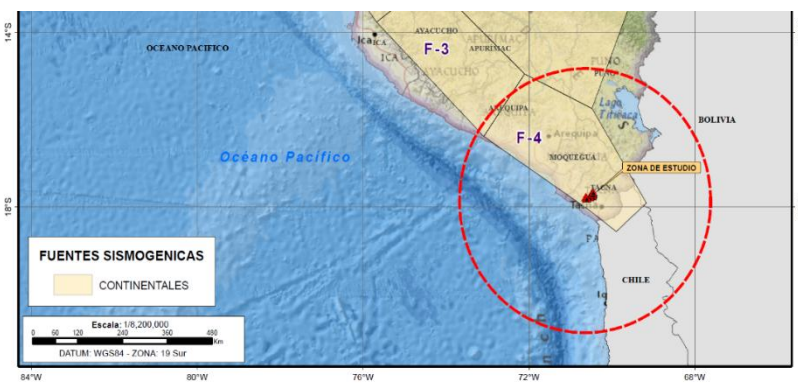
Distribución de las fuentes sismogénicas de subducción de interfase

**Figura 32**

Distribución de las fuentes sismogénicas de subducción de intraplaca

**Figura 33**

Distribución de las fuentes sismogénicas continentales



4.1.12.1 Resultados de la determinación del peligro sísmico

Se ha determinado el peligro sísmico de la localidad en estudio utilizando el programa de cómputo CRISIS2015 v 2.2, desarrollado y actualizado por Ordaz et al (2015). El programa se utilizó para evaluar las probabilidades de excedencia anual de aceleraciones espectrales en Roca y Suelo. Cabe resaltar que el Periodo de Retorno es simplemente el inverso de la Probabilidad Anual de Excedencia.

Los valores de aceleración de los Espectros de Peligro Uniforme se han determinado para tipos de clasificación del Sitio de los perfiles MASW adoptado por la International Building Code (IBC). Esta clasificación ha sido definida en función a la velocidad de ondas de corte (V_s) promedio para una profundidad de 30 metros cuyo criterio es similar a la Norma E.30; clasificándose como un tipo de suelo B para la roca fracturada del Grupo Toquepala tiene los siguientes rangos $760 \text{ m/s} < \bar{V}_s \leq 1,500 \text{ m/s}$, mientras que para la norma peruana equivale a un perfil tipo S1 entre rangos $500 \text{ m/s} < \bar{V}_s \leq 1,500 \text{ m/s}$.

Para los rellenos aluviales del río Sama, se han clasificado como un tipo de suelo C, para un suelo denso entre $360 < \bar{V}_s \leq 760 \text{ m/s}$, mientras que para la norma peruana equivale a un perfil tipo S2 entre rangos $180 \text{ m/s} < \bar{V}_s \leq 500 \text{ m/s}$.

Por lo tanto, los diseñadores de las estructuras civiles contempladas para el proyecto definirán cual “perfil tipo” utilizara (B o C) de acuerdo con la litología encontrada en su emplazamiento definido (roca o suelo). Los valores de aceleración de los espectros de peligro uniforme obtenidos del programa CRISIS2015 para el punto de eje de presa presentados en la tabla N° 19 los valores de aceleración máxima horizontales esperados en Roca (Site Class B) y en la tabla N° 20 para suelo muy denso o Roca blanda (Site Class C), determinado para diferentes periodos de retorno.

Tabla 19

Valores de aceleración de los Espectros de Peligro Uniforme para Roca dura (Site Class B)

Ubicación								Longitud		Latitud	
Eje de presa a nivel de cauce								-70.472°		-17.693°	
Periodo de retorno en año	Periodos (seg)										
	PGA	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
475	0.46	0.98	1.06	0.88	0.72	0.60	0.31	0.19	0.13	0.10	0.07
1,000	0.57	1.23	1.33	1.10	0.91	0.75	0.39	0.25	0.17	0.13	0.10
2,475	0.75	1.62	1.74	1.44	1.19	0.98	0.53	0.34	0.24	0.18	0.13

Tabla 20

Valores de aceleración de los Espectros de Peligro Uniforme para Suelo muy denso (Site Class C)

Ubicación								Longitud		Latitud	
Eje de presa a nivel de cauce								-70.472°		-17.693°	
Periodo de retorno en año	Periodos (seg)										
	PGA	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
475	0.55	1.06	1.29	1.16	0.99	0.82	0.44	0.28	0.19	0.15	0.11
1,000	0.68	1.31	1.64	1.47	1.23	1.03	0.56	0.35	0.25	0.20	0.14
2,475	0.88	1.72	2.16	1.96	1.63	1.37	0.75	0.48	0.35	0.27	0.20

De los valores de aceleraciones PGA presentadas en los cuadros anteriores deben tomarse los espectros de peligro uniforme para suelo tipo B, para análisis pseudoestático o dinámico de emplazamiento de obras de la presa. Debido a que la geología identifica para el caso de los estribos (túneles), la fundación del plinto y fundación de la ataguía será sobre una roca volcánica andesítica del Grupo Toquepala del tipo III muy fracturadas. Mientras que los farallones del vaso del embalse están constituidos como conglomerados polimícticos (sedimentarios) de la formación Moquegua Superior del tipo III y II, que sobreyacen a areniscas de la formación Moquegua Inferior que constituye el basamento impermeable el vaso con las rocas del Grupo Toquepala. Por lo tanto el PGA que se deberá de adoptar para el diseño de la presa es $PGS = 0.46 g$.

Para los parámetros de sitio se han identificado 2 perfiles de suelo, el suelo “B” o S1 (Roca o suelos muy rígidos) y el suelo “C” o S2 (Suelos intermedios), cuyos factores de amplificación del suelo “S” es 1.0 para el suelo “B” y 1.05 para el suelo “C”. El perfil tipo S1: Roca fracturada o conglomerados con velocidades de propagación de ondas de corte determinado con ensayos MASW y MAM entre 520 a 650 m/s corresponden a andesitas porfíricas fracturadas encontradas en los estribos de la zona de cierre de la presa y la fundación del plinto con un periodo $TP = 0.4$, y un $TL = 2.5$ aproximadamente.

Mientras que para el perfil tipo S2: Gravas arenosas y/o arenas densas con velocidades de propagación de ondas de corte determinado con ensayos MASW y MAM entre 290 a 520 m/s corresponden a gravas y arenas de origen fluvio aluvial que rellenan la llanura de inundación, con un periodo $TP = 0.6$, y un $TL = 2.0$ aproximadamente.

4.2 ANÁLISIS DE IMPACTO, BENEFICIOS Y COMPARACIÓN CON CASOS SIMILARES

El análisis de impacto del proyecto “Aplicación de la caracterización geotécnica en el diseño de la Presa Sama en el distrito de Inclán, Tacna” evidencia que su desarrollo no solo responde a una necesidad técnica, sino también a una demanda social y ambiental en una zona con limitada disponibilidad hídrica y alta variabilidad climática. Desde el punto de vista ambiental, la adecuada caracterización geotécnica permite minimizar riesgos de filtraciones no controladas, inestabilidad de taludes y posibles fallas estructurales que podrían generar afectaciones al ecosistema local; además, facilita un diseño optimizado que reduce movimientos innecesarios de tierra y previene impactos negativos sobre el suelo y cuerpos de agua circundantes. En el ámbito técnico, el proyecto incrementa la confiabilidad del diseño al sustentar los parámetros de estabilidad, permeabilidad y resistencia en datos reales del terreno, disminuyendo la incertidumbre y mejorando los factores de seguridad frente a solicitaciones estáticas y sísmicas. Socialmente, fortalece la seguridad hídrica y contribuye al desarrollo agrícola y

poblacional, garantizando un suministro más estable de agua; económicamente, reduce costos asociados a sobre-diseños, reparaciones futuras o fallas estructurales, promoviendo una inversión eficiente y sostenible. Comparado con casos similares donde la insuficiente investigación del subsuelo generó sobrecostos o problemas operativos, este enfoque preventivo demuestra mayor viabilidad técnica y menor riesgo a largo plazo. Finalmente, los beneficios científicos radican en la generación de información geotécnica local que amplía el conocimiento del comportamiento de los suelos en la zona sur del país, aportando bases sólidas para futuros proyectos hidráulicos y consolidando una cultura de diseño fundamentado en la evidencia técnica.

Otras presas del tipo Concret Face Rockfill Dam (CFRD), es decir enrocado con pantalla de concreto sobre el talud aguas arriba, son la presa de Limón que forma parte del proyecto especial Olmos, en el departamento de Lambayeque en el norte del Perú, esta almacena hasta 44 hm³ de agua. Esto beneficia principalmente a la agricultura de exportación, permitiendo irrigar más de 24,000 hectáreas nuevas. Además, genera empleo, energía hidroeléctrica, y se planea su recrecimiento para aumentar la seguridad hídrica en las pampas de Olmos. El proyecto ha generado más de 67,500 puestos de trabajo directos e indirectos, impulsando la economía local y nacional.

Otra estructura del mismo tipo es la Presa Pillones construida en el año 2005, que forma parte del Proyecto de Abastecimiento de Agua para la Central Hidroeléctrica Charcani, en el departamento de Arequipa al sur del Perú, esta almacena hasta 80 hm³ de agua. Esto permite regular el caudal del río Chili, incrementar la generación hidroeléctrica en un 18% para EGASA, garantizando agua para riego y consumo humano, y fortalecer la seguridad energética local. Este proyecto garantiza el agua para el 85% de los habitantes y sectores productivos de Arequipa durante los meses de estiaje.

Internacionalmente, podemos citar a la Presa de Potrerillos, inaugurada a finales de 2001, sobre el Río Mendoza, ubicada a unos 60 km de la ciudad de Mendoza,

Argentina. Con una altura de 116 metros y una capacidad total es de 393 hm³, regula el riego, abastece agua potable y genera energía, además de ser un punto turístico clave para deportes náuticos.

La actividad económica principal de la cuenca alta del río Sama es la agricultura y ganadería, debido a las condiciones favorables de relieve, calidad agrologica de suelos y disponibilidad hídrica. El uso de agua para fines poblacionales es pequeño comparada con la demanda agrícola.

4.3 LIMITACIONES DEL ESTUDIO Y MEJORAS IDENTIFICADAS

El proyecto comprende la intervención de la oferta y demanda de agua de la cuenca del Río Sama, principalmente desde La Comisión de Regantes Coruca hasta el Sector de Pampa Molino en la Comisión de Regantes Valle Bajo. Los Bloques de riego pertenecientes al Valle Sama presentan un área total de 3622.05 ha, considerándose como cultivos principales: ají amarillo, cebolla, habas, maíz chala, trigo, papa, zapallo, alfalfa, frutales, olivo, algodón, quinua, maíz grano, tara, granada y esparrago.

El Área de Influencia Directa (AID) está conformado por el área que podría experimentar impactos en su medio físico, biótico y social, provocados durante la ejecución y operación del Proyecto. En este sentido, el AID está conformado por las áreas en las que se ubicarán los componentes de la represa Sama como son la presa y sus obras conexas y las áreas nuevas de irrigación, caminos de acceso y áreas auxiliares (campamentos; patio de máquinas, canteras, planta de concreto, Depósitos de material excedente, polvorín). Mientras el área de Influencia Indirecta (AII) está compuesta por el área donde se experimentarán impactos indirectos, negativos y/o positivos, por efecto de determinadas dinámicas sociales, económicas, políticas y culturales que confluyen o son provocadas por la construcción y posterior puesta en marcha del Proyecto. Por ello se ha considerado como área de influencia indirecta a los distritos de Sama e Inclán de la provincia de Tacna en la región Tacna.

Las limitaciones que presenta el proyecto es su alta concentración de sedimentos estimada en 45 hm³ que son mitigados con el sobredimensionamiento de la represa en 120 hm³, es decir almacenara para un volumen útil de 75 hm³, regulando el caudal de la demanda de manera estable durante todo el año. Así mismo, el embalse proyectado obliga a reubicar una zona inundable del centro poblado de Coruca, cercana a cola del embalse. Otra limitación es la rentabilidad para ampliar áreas de terrenos de cultivo proponiéndose que la presa solo mejore la dotación de agua para las áreas de cultivo autorizadas y existentes organizados como juntas y comisiones de regantes y el mejoramiento de la dotación para consumo poblacional del valle para las poblaciones asentadas en los distritos de Inclán e Sama y el centro poblado de Morro Sama.

La zona de estudio no cuenta con electrificación adecuada para operación automática de las compuertas y otros, requiriéndose energía trifásica. La morfología de la superficie del valle hace necesario la construcción de un túnel de desvío y un aliviadero tipo Morning Glory, para asegurar la construcción y funcionamiento de una presa CFRD.

Tabla 21
Características de los tipos de presa

Tipo de Presa	Topografía del sitio	Características del Desplante	Materiales Disponibles	Otras características
Tierra				
Zonificada	No limitante, salvo en casos de presa estrechas donde pudiese dificultarse el movimiento de maquinaria pesada	Se adaptan a cualquier tipo de desplante, si no son aconsejables tampoco lo es ningún otro tipo. Se adaptan bien a los sismos.	Cantidades adecuadas de materiales permeables, impermeables o semipermeables, bien diferenciados o enrocados, materiales apropiados para filtros y drenes.	No tiene limitaciones razonables de altura, requiere de vertedor y tomas por lo general separados y, por lo tanto, exige espacios adicionales.

Enrocamiento				
Enrocamiento	No limitante, similares a las de tierra.	Requiere de fundaciones con mayor capacidad de soporte que las de tierra, pero pueden ser permeables. Excelente adaptabilidad a los sismos.	Canteras explotables y suficiente enrocamiento disponible al igual que materiales para filtros.	Similares a las de tierra zonificadas.
Hormigón				
Arco	Son ideales en valles relativamente estrechos (En forma de "U" o "V").	Roca sana o que pueda sanearse a bajo costo, tanto en el cauce como en los estribos; se adaptan a los sismos.	Similares a las de gravedad, pero requieren de menores volúmenes de material.	Usualmente son presas altas, son algo más limitantes que las de gravedad para ubicar vertedores y tomas.

La propuesta de construcción de una presa CFRD es una mejora a los diseños inicialmente planteados como por ejemplo una presa de tierra que carecía de una cantera con un volumen adecuado para núcleo arcilloso, otra alternativa descartada fue una presa de tipo arco que además de su diseño y construcción complejos para una zona sísmica demandaba un volumen de agregados de concreto importante que no se podía producir y/o por su alto costo, por lo tanto; se optó por una presa tipo CFRD que es una alternativa que posee las bondades de ambas propuestas iniciales y porque el principal insumo como material de construcción eran los guijarros, bloques y bolonería y arenas existentes en el cauce donde se emplazará el embalse, además de contar con macizos rocosos de andesitas del grupo Toquepala y rocas ignimbritas de la formación Huaylillas que se encuentran muy cerca de la zona de cierre que pueden aportar producción de roca, si las partículas del cauce fueran insuficientes.

4.4 DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA Y SU IMPLEMENTACIÓN

Las presas de enrocado con pantalla de hormigón (CFRD) ofrecen alta eficiencia técnica y económica, destacando por su gran flexibilidad para absorber movimientos sísmicos y adaptarse a terrenos difíciles. Utilizan materiales locales

(roca) y eliminan la erosión interna del núcleo, siendo más económicas y seguras. Esta tipología de presa encaja perfectamente en la caracterización geológica y geotécnica respecto al tipo de terreno de fundación existente y sus espesores favorables para construir un plinto.

La cimentación de una presa de enrocado con cara de concreto (**CFRD**), asegura la estabilidad y la impermeabilidad de la estructura en la zona de su plinto que consiste en un bloque de concreto que rodea el perímetro de la cara de concreto y se ancla directamente al terreno firme. Su función es de conectar la pantalla impermeable con la fundación y servir de plataforma para las inyecciones de impermeabilización. El cuerpo de enrocado de la presa descansara en un macizo de roca intrusiva de buena capacidad admisible y/o una cobertura aluvial del tipo “GP” de bajo espesor que suprayace a la roca intrusiva.

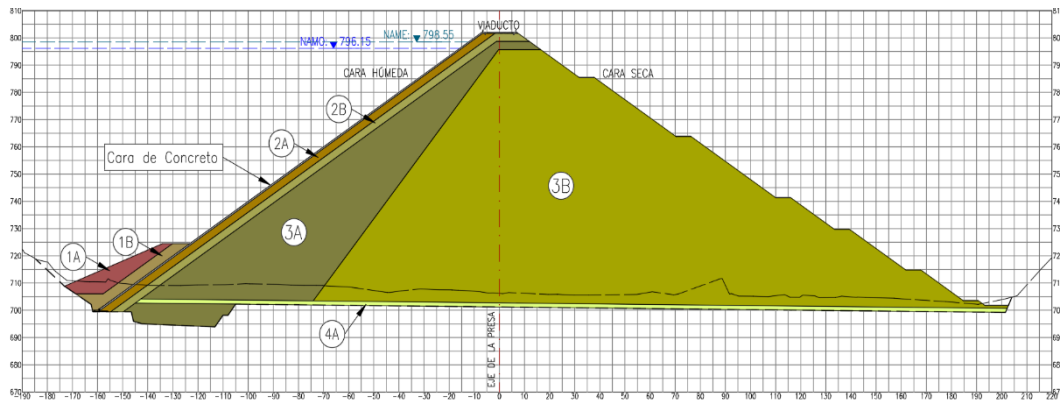
Tabla 22

Datos Técnicos Generales de la Presa Tipo CFRD propuesta

PRESA TIPO ENROCADO CON PANTALLA DE CONCRETO		
Tipología	Enrocado con pantalla de concreto (CFRD)	
Capacidad de almacenamiento	120.00	MMC
Altura neta de la presa*	100.80	m
Longitud en el eje de coronación	295.00	m
Cota de coronación (parapeto)	802.00 (803.00)	m.s.n.m.
Nivel de Aguas Máximo de Operación (NAMO)	796.00	m.s.n.m.
Nivel de Aguas Máximo Extraordinario (NAME)	798.55	m.s.n.m.
Nivel de Aguas Mínimo de Operación (NAMINO)	750.00	m.s.n.m.
Ancho del Viaducto	14.00	m
Talud Paramento Aguas Arriba	1.5H : 1.00V	-
Talud Paramento Aguas Abajo	1.5H : 1.00V	-

* Considerando la profundidad de cimentación

Figura 34
Sección típica presa CFRD proyectada



4.4.1 Cimentación de la presa

La cimentación de la presa se encuentra en roca con una cobertura de material fluvio aluvial variable entre 8 a 10 metros de espesor en los ejes del plinto y el cuerpo de presa. De acuerdo con el ensayo de placa de carga estática según norma ASTM D-1194 se ha calculado una capacidad de carga admisible para el relleno en el plinto de 2.11 kg/cm^2 con un asentamiento de 0.127 cm y para la cobertura del eje de presa 2.01 kg/cm^2 con un asentamiento de 0.127 cm , recomendándose un desplante de 5 m de profundidad debajo del lecho del río a lo largo del emplazamiento de la presa, para minimizar asentamientos elásticos, por efecto de la consolidación.

Mientras que la cimentación rocosa infrayacente a este espesor de relleno fluvio aluvial de acuerdo con el método de Serrano y Olalla, 2001 posee una capacidad de carga admisible entre 19.37 kg/cm^2 a 24.87 kg/cm^2 con resistencia a la compresión uniaxial entre 49.21 Mpa a 52 Mpa en roca monzodiorita tipo III a II siendo suficiente para el peso del cuerpo de la presa que tendrá una altura de 100.78 m . con respecto al desplante (95.78 m . con respecto al lecho del río).

4.4.2 Geometría de la Presa

Esta alternativa propone la construcción de una presa de tipo enrocado con pantalla de concreto, la cual solo se empleará para el embalse de superávit del recurso

hídrico con lo cual el sistema de tomas, salidas y aliviadero se encontrarán independientes del cuerpo principal de la presa.

La presa tendrá una longitud de corona de 295 m; a lo largo de un eje recto continuo, la cual conectará ambas márgenes, con una corona de 14.00 m de ancho en una cota de 802 m.s.n.m, la cual se empleará como viaducto.

Tanto el paramento aguas arriba y aguas abajo tendrán un talud 1.50H:1.00V. En el caso del paramento aguas arriba, se tiene una zona de protección a la cimentación de la pantalla de concreto (plinto). En el caso del paramento aguas abajo, se desarrolla un viaducto de un ancho de 6.00 m.

4.4.3 Cuerpo de la Presa

La geometría de la presa se basa principalmente en la conformación de rellenos con la siguiente estructura:

- Zona de Impermeabilización (1A)
La cual estará conformada por material limoso de baja cohesión.
- Zona de Confinamiento (1B)
La cual estará conformada por desecho de cantera, es un material que se empleará con el objetivo de confinar la zona 1A.
- Zona de filtro (2A)
La cual estará conformada por material fino, bien graduado, con un tamaño máximo de 20mm.
- Zona de transición (2B)
La cual estará conformada por material bien graduado, con tamaños entre ¼” a 75mm.
- Zona Intermedia (3A)
La cual estará conformada por material grueso bien graduado, con tamaños entre 5cm a 30cm
- Zona de Enrocado (3B)

La cual estará conformada por rocas de mayor tamaño y calidad, con tamaños entre 20cm a 50cm.

- Material Drenante (4A)

Estará conformado por material uniforme como gravas, con tamaños máximos de 60cm.

- Pantalla de Concreto

La pantalla de concreto armado, se apoyará en su área sobre la zona de filtro (2A), en los bordes se apoya en el plinto. Se considera un concreto de al menos $f'c=350 \text{ kg/m}^2$. Así mismo, debido a la altura de la presa, presentará un espesor variable el cual va desde 0.60 m desde la parte más baja, hasta un espesor de 0.30m al llegar a la corona.

4.4.4 Plinto

El plinto será de concreto armado, el cual es el apoyo en el perímetro de la pantalla de concreto. El plinto tendrá un ancho de 6.00 m, con un espesor máximo de 0.60 m. Así mismo, se dispone de una junta entre este y la pantalla de concreto.

4.4.5 Modelamiento estructural

El modelado estructural de la presa Sama, comprenderá en analizar la geometría y el comportamiento en conjunto de los materiales que conformaran el cuerpo de la presa para confirmar su estabilidad en estado estático y pseudoestático.

Como resultado del diseño de la presa se han obtenido la inclinación de los taludes aguas arriba y aguas abajo que garantizan la estabilidad de la geometría de la presa propuesta, así como también las protecciones necesarias en ambos taludes y en la corona para prevenir efectos erosivos.

Tabla 23

Propiedades físico-mecánicas de los materiales a conformar la presa CFRD

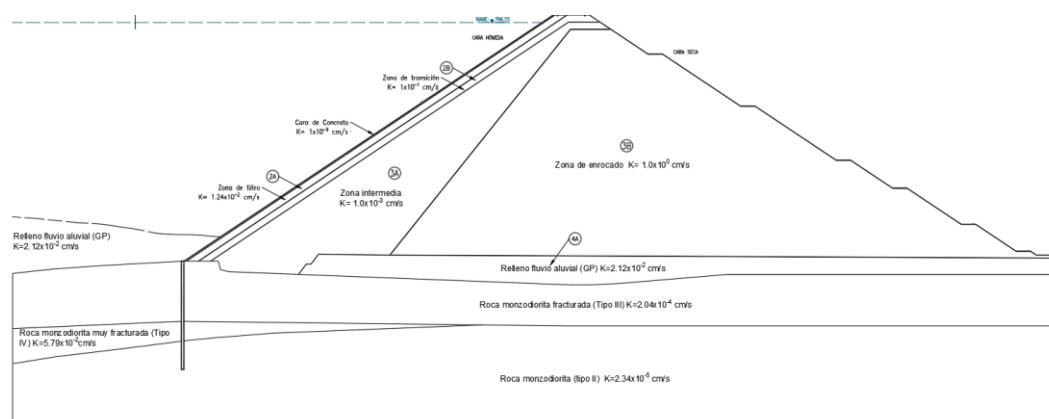
Material	Densidad Seca (kN/m ³)	Densidad Saturada (kN/m ³)	Cohesión (kN/m ²)	Angulo de Fricción (°)	Permeabilidad (cm/s)
Cara de concreto	24.00	24.00	2,800.00	20.00	1.0x10 ⁻⁹
Zona 2A zona de filtro (máx. 2 cm)	19.00	19.50	0.00	34.00	1.24x10 ⁻²
Zona 2B zona de transición (1/4" a 3" de diámetro)	19.40	19.80	0.00	36.00	1.24x10 ⁻²
Zona 3A zona de intermedia (5 a 30 cm)	21.65	22.15	2.00	38.00	1.0x10 ⁻³
Zona 3B zona de enrocado (20 a 50 cm)	22.46	22.46	0.00	42.00	1.0x10 ⁰
Zona 4A mat. Drenante (cauce) (máx. 60 cm)	18.63	19.13	0.00	36.50	1.0x10 ⁻³
Cimentación de roca monzodiorita tipo III	26.00	26.00	4,500.00	38.00	2.04x10 ⁻⁴
Cimentación de roca monzodiorita tipo IV	25.00	25.00	4,500.00	36.00	5.79x10 ⁻²
Cimentación de roca monzodiorita tipo II	26.00	26.50	5,000.00	44.00	2.34x10 ⁻⁵

El diseño de la presa Sama, es un proceso complejo de ingeniería que busca crear una barrera segura para retener agua con fines de riego y consumo humano, que además contribuirá al control de inundaciones, bajo las condiciones de sitio ya estudiados.

A continuación se expone el diseño propuesto para el análisis de estabilidad.

Figura 35

Diseño de sección típica presa CFRD propuesta



4.4.5.1 Análisis de infiltración a través de la presa

Se ha trazado una red de flujo a través de la cimentación de la presa considerando el nivel de agua máximo extraordinario (NAME) a 798.55 m.s.n.m. y una fundación de litología anisotrópica, asumiendo que la permeabilidad en la dirección vertical es similar a la permeabilidad en la dirección horizontal. Usualmente el suelo compactado puede ser más permeable en la dirección horizontal, sin embargo, esto no afecta el análisis de infiltración. Se asume que muy poco flujo atravesara la pantalla impermeable establecida debajo del eje de plinto y las rocas intrusivas de la Súper Unidad Yarabamba (monzodiorita). Se ha utilizado el módulo de Groundwater (Aguas Subterráneas) del software Slide de ROCSCIENCE que analiza filtraciones por elementos finitos (FEA) y permite calcular la red de flujo, la línea de saturación y el flujo de agua para la sección critica por metro lineal dentro del modelo de la presa en estado estacionario (steady state). El programa resuelve la siguiente ecuación diferencial:

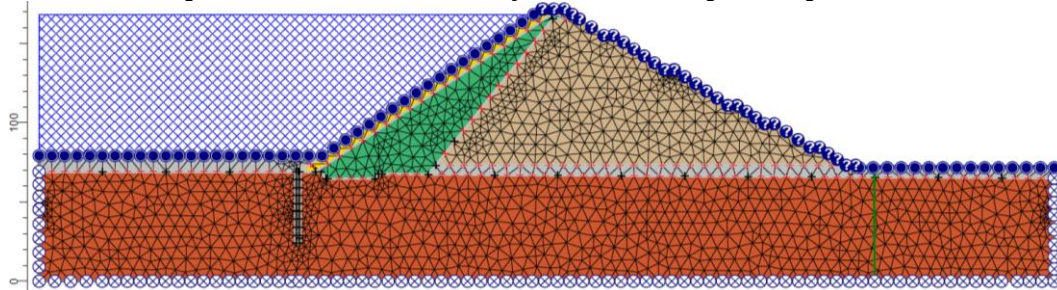
$$K_x \cdot \frac{\delta^2 h}{\delta x^2} + K_y \cdot \frac{\delta^2 h}{\delta y^2} = 0, \text{ para la región de interés}$$

El flujo por metro lineal de la sección más crítica en condiciones NAME es:

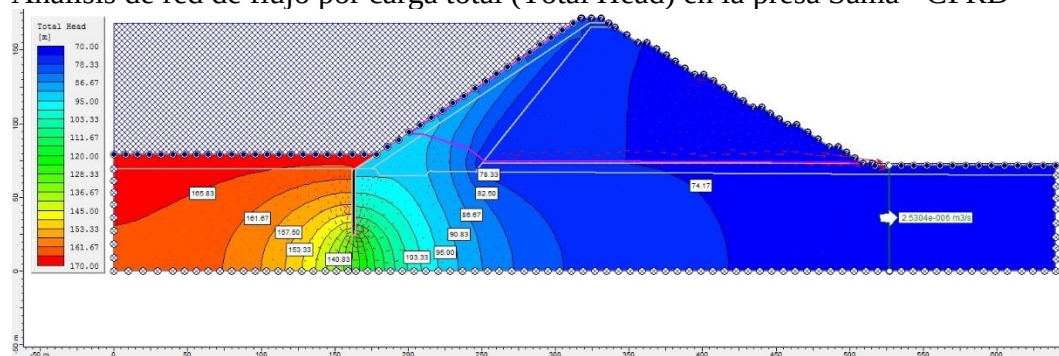
$q = 2.5304 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s/ml}$. El caudal calculado por 295 ml de longitud de la corona de presa es de 0.75 l/s (64.80 m³/día) aproximadamente, siendo esta pérdida no considerable. De acuerdo con los resultados encontrados, la línea de saturación llega al relleno aluvial. (Ver red de flujo en la siguiente figura 37).

Figura 36

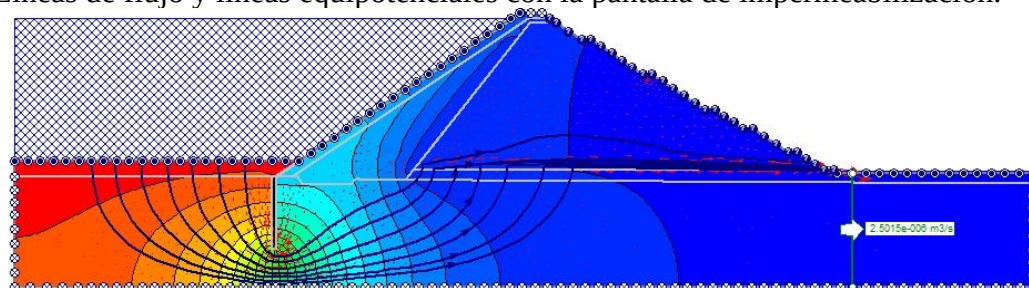
Modelo FEA para análisis de red de flujo en sección típica de presa Sama - CFRD

**Figura 37**

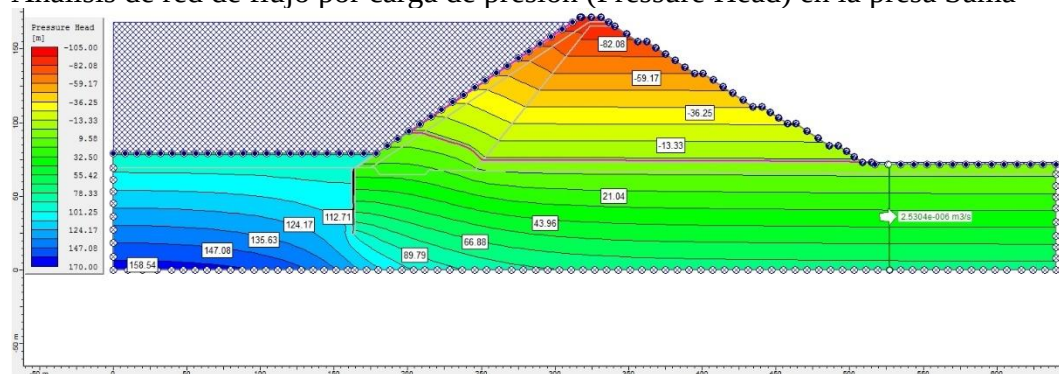
Análisis de red de flujo por carga total (Total Head) en la presa Sama - CFRD



Líneas de flujo y líneas equipotenciales con la pantalla de impermeabilización.

**Figura 38**

Análisis de red de flujo por carga de presión (Pressure Head) en la presa Sama



4.4.5.2 Estabilidad de Taludes Estático y Pseudoestático

Los métodos pseudoestáticos actualmente son recomendables por su sencillez y rapidez en el diseño de grandes presas (mayor a 15 m. de altura según la Comisión Internacional de Grandes Presas - ICOLD), para establecer un diseño preliminar.

Para el análisis de la estabilidad de los taludes propuestos para la presa Sama, en condiciones estáticas y pseudoestáticas, se utilizó el método de Bishop simplificado (1955), que se basan en los criterios de equilibrio límite, implementado en el programa SLIDE ver 6.0, para diferentes condiciones de trabajo de la presa.

El método Bishop Simplificado, analiza superficies de falla circulares mediante análisis de equilibrio de momentos. Asume que todas las fuerzas de cortante entre dovelas son cero. Reduciendo el número de incógnitas.

$$F.S. = \frac{\sum [C' b + (W - u b) \tan \phi' / m_a]}{\sum W \cdot \sin \alpha}$$

$$m_a = \cos \alpha \left(1 + \frac{\tan \alpha \cdot \tan \phi}{F.S.} \right)$$

Donde:

B = Ancho de la dovela

W = Peso de cada dovela

C', ϕ = Parámetros de resistencia del suelo

u = Presión de poros en la base de cada dovela = $\delta_w \times h_w$

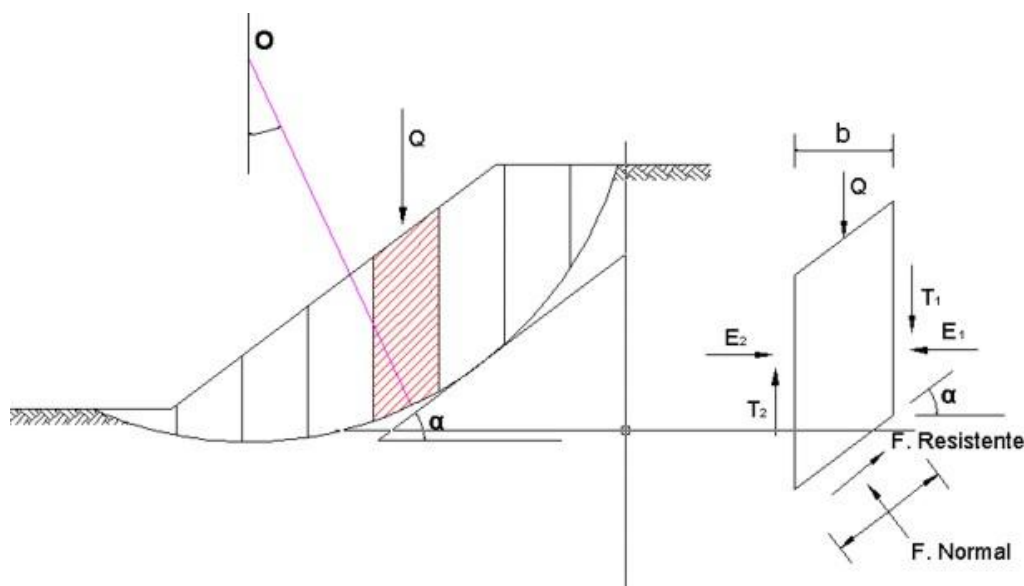
α = Angulo de radio y vertical de cada dovela.

Además del método Bishop Simplificado, también será analizado por el método de Spencer cuyo análisis de superficie de falla se da para cualquier forma de superficie, analizando los momentos y fuerzas presentes. Asume que la inclinación de las fuerzas laterales son las mismas para cada tajada. Rigurosamente satisface el equilibrio estático asumiendo que la fuerza resultante entre tajadas tiene una

inclinación constante pero desconocida. Así mismo, se compara con los métodos de Janbu Corregido y Morgenstern y Price de carácter riguroso.

Figura 39

Fuerzas que actúan sobre una dovela en los métodos de dovelas.



El Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos (USACE) establece factores de seguridad (FS) mínimos para garantizar la estabilidad, siendo comúnmente aceptado un $FS > 1.5$ para condiciones estáticas en taludes de presas de tierra o enrocamiento a embalse lleno. Para condiciones de carga sísmica (pseudostáticas), se sugiere un $FS > 1.0$, utilizando el 50% de la aceleración pico del terreno.

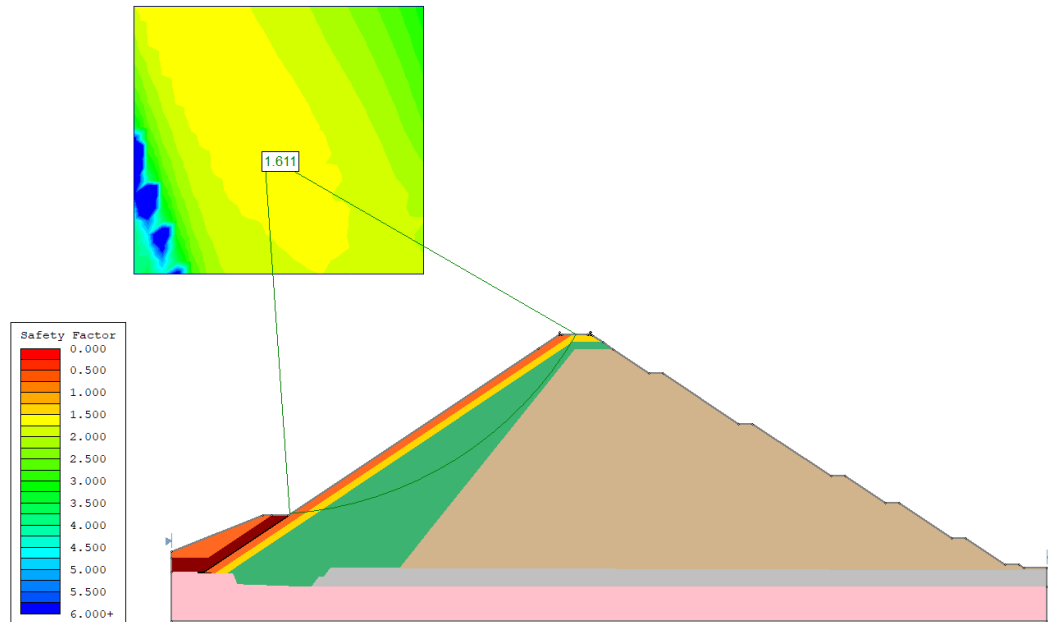
Tabla 24

Factores de seguridad mínimos recomendados por el U.S. Corps of Engineers:

Presas de Tierra y Enrocados	Factores de Seguridad Mínimos	
	Talud Aguas Arriba	Talud Aguas Abajo
I. Al final de construcción	1.30	1.30
II. Desembalse rápido	N/A	N/A
III. Embalse lleno	1.50	1.50
IV. Sismo	1.01	1.01

Figura 40

Factor de seguridad F.S.= 1.611 en talud aguas arriba al final de la construcción

**Figura 41**

Factor de seguridad F.S.= 1.962 en talud aguas arriba a embalse lleno

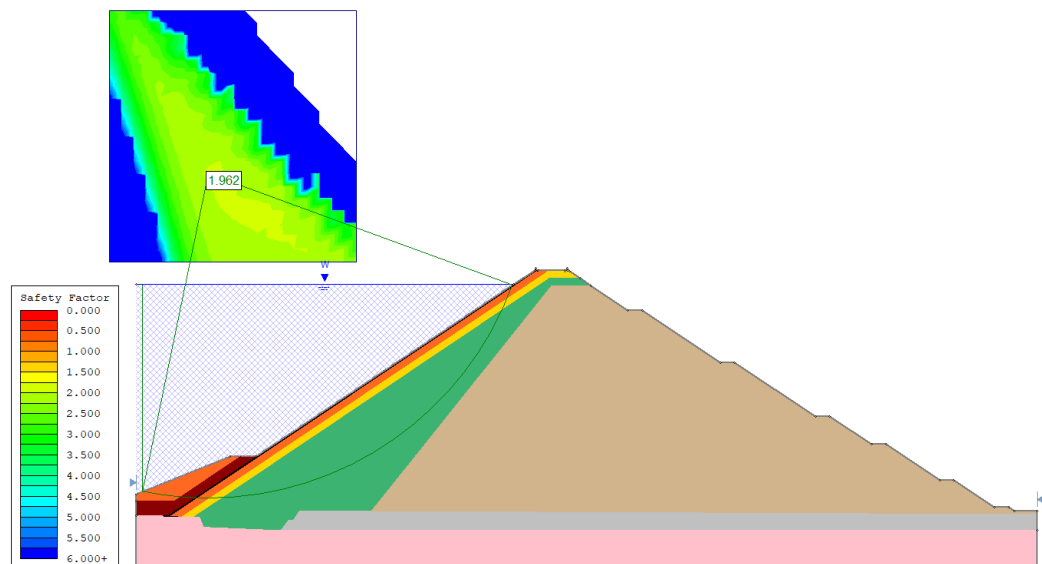
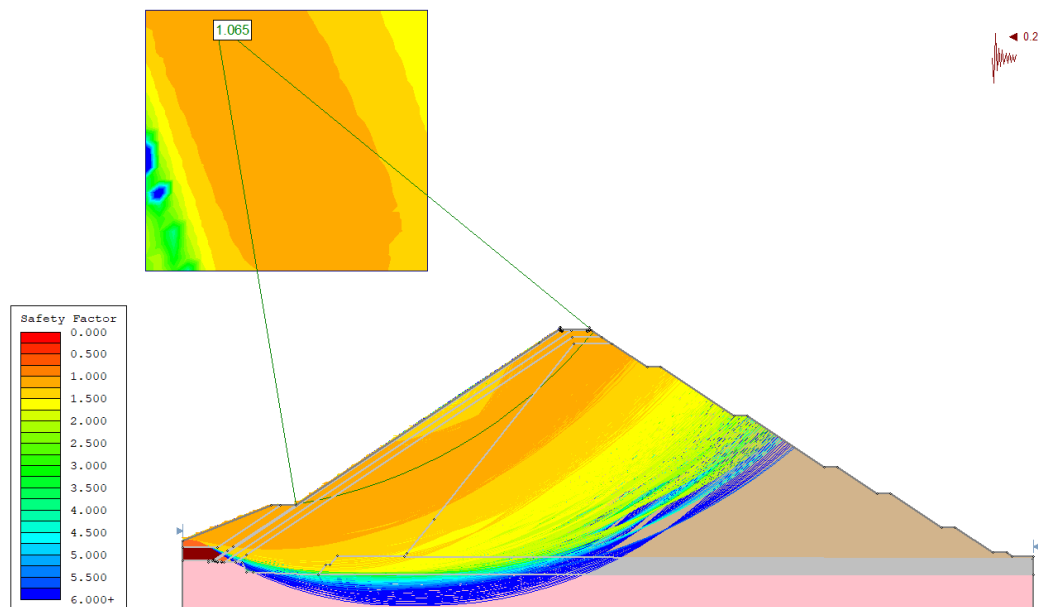


Figura 42

Factor de seguridad F.S.= 1.065 en talud aguas arriba con sismo (pseudostático).

**Tabla 25**

Factores de seguridad obtenidos en el talud aguas arriba:

TALUD AGUAS ARRIBA			
METODO EMPLEADO	Estático al final de la construcción	Estático a embalse lleno	Con Sismo
Bishop Simplificado	1.611	1.962	1.065
Spencer	1.579	1.945	1.029
Janbu Corregido	1.588	1.922	1.034
Morgenstern y Price	1.603	1.952	1.054

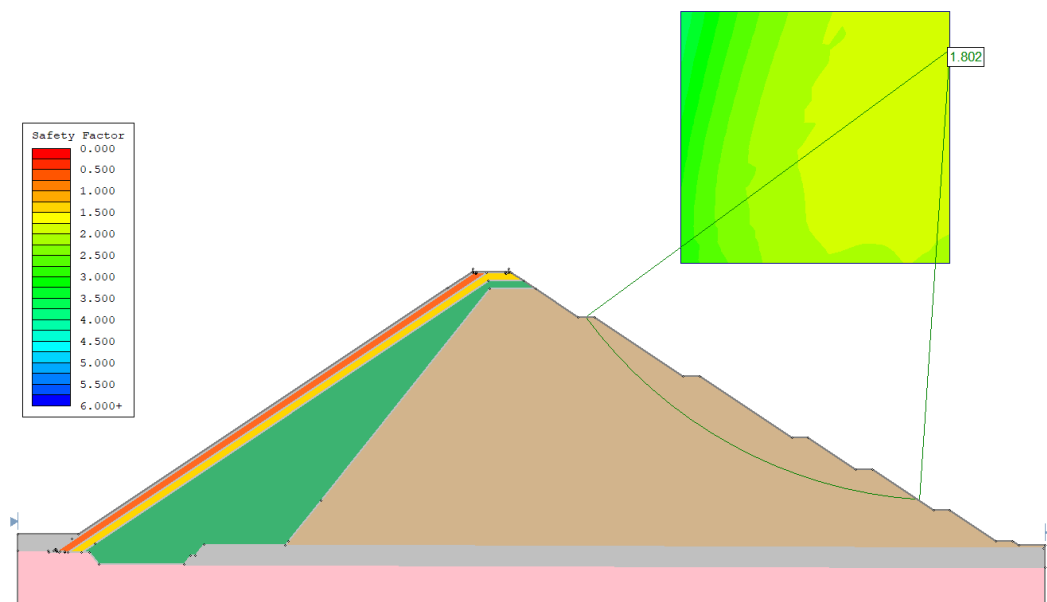
Tabla 26

Factores de seguridad obtenidos en el talud aguas abajo:

TALUD AGUAS ARRIBA			
METODO EMPLEADO	Estático al final de la construcción	Estático a embalse lleno	Con Sismo
Bishop Simplificado	1.805	1.795	1.132
Spencer	1.804	1.791	1.144
Janbu Corregido	1.765	1.762	1.099
Morgenstern y Price	1.802	1.795	1.139

Figura 43

Factor de seguridad F.S.= 1.805 en talud aguas abajo al final de la construcción

**Figura 44**

Factor de seguridad F.S.= 1.795 en talud aguas abajo a embalse lleno

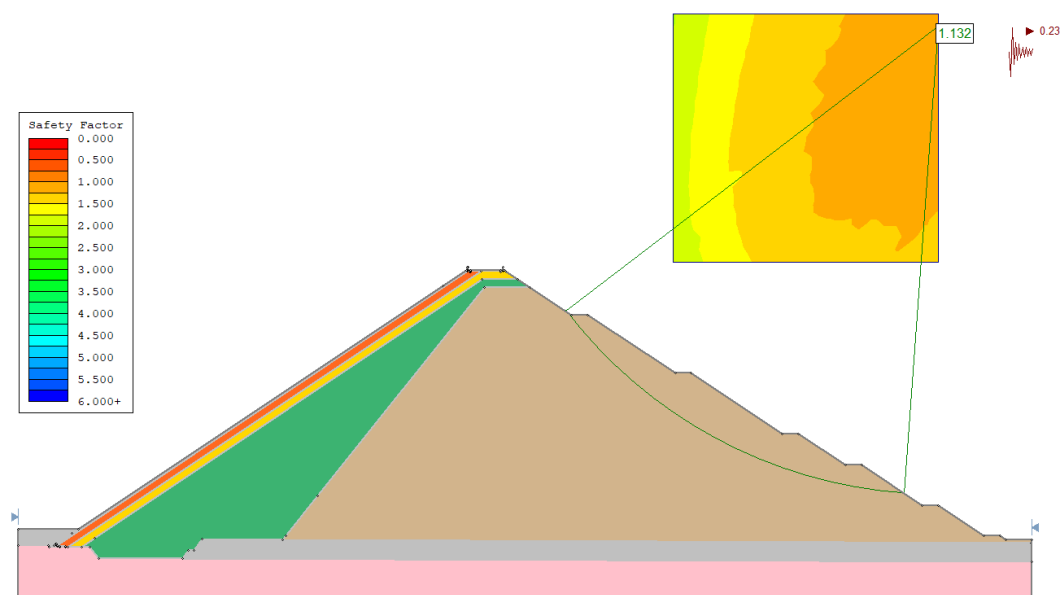
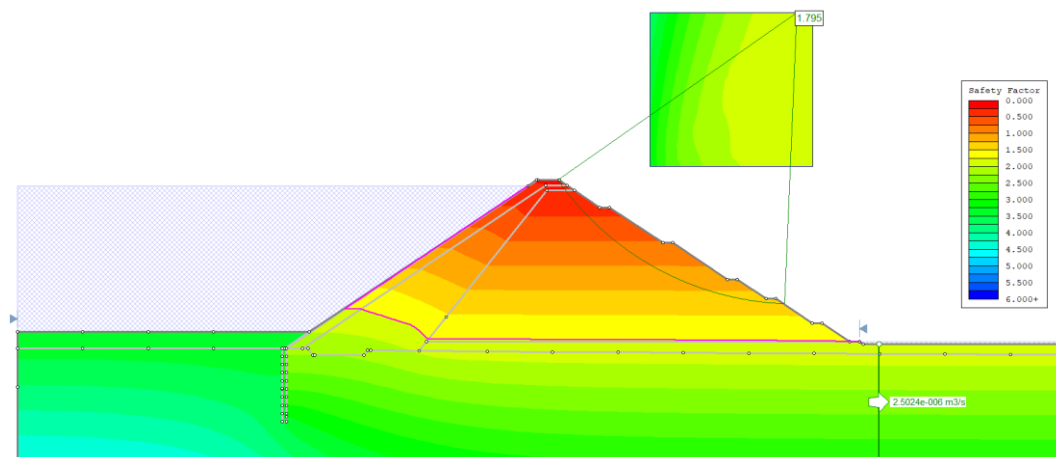


Figura 45

Factor de seguridad F.S.= 1.132 en talud aguas abajo con sismo (pseudostático).



Los resultados alcanzados con los factores de seguridad (F.S.) cumplen con los valores recomendados por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos (USACE), Comité Internacional de Grandes Presas (ICOLD) y las normas y reglamento de seguridad de presas en el Perú (2017) de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI) señalado en el anexo 02.01 factores de seguridad para Estabilidad de Taludes en Presas de Material Suelto. Por lo tanto, el diseño de la presa resulta satisfactorio y estable.

4.4.5.3 Análisis de Respuesta Dinámica

La ciudad de Lima es la única que posee registros históricos de aceleraciones, por lo que dispone de un espectro normalizado contemplado por la norma Peruana, creado con la componente horizontal N 82 O del sismo de Lima de octubre del 1974. Por lo que se ha visto conveniente realizar un análisis con este espectro, normalizado y determinar un rango de valores de deformación por aceleración máxima en la corona para la presa Sama.

c. Calculo simplificado de la aceleración máxima en la corona y periodo natural

Este procedimiento fue creado por Makdisi y Seed (1977). Para realizar este análisis se tomó en cuenta los materiales que conforman el cuerpo de la Presa Sama, está

compuesta por capas estructurales de enrocados y zonas de transición, para lo cual se utilizaron los valores de los factores de reducción del módulo cortante y la razón de amortiguamiento en función de la deformación cortante efectiva correspondientes a estos materiales.

Las propiedades iniciales utilizadas fueron las siguientes:

✓ Altura de la Presa, h	:	100.80 m.
✓ Peso Unitario, γ	:	2.289 Ton/m ³
✓ Modulo Cortante, Gmax	:	134,773.33 Ton/m ²
✓ Velocidad de Corte Máxima, Vmax	:	760.00 m/s (*)
✓ Aceleración Máxima, a_{max} (efectiva)	:	0.46 g.

(*) Valor estimado de la prospección geofísica.

Como velocidad de corte inicial (V_s) se ha tomado un valor inferido de 500 m/s para el cálculo de la relación de G/G_{max} . Con esto determinaremos una deformación cortante inicial. Los resultados finales después de cinco (05) iteraciones se presenta en la tabla 27.

Tabla 27

Resultados del Procedimiento Simplificado de Makdisi y Seed (1977)

ITERACION	$\ddot{u}_{max}$ (g)	T_o (seg)	g_{ave} (%)	G (T/m ²)	Amortig. (%)
1	1.5720	0.5251	0.0487	58333.33	12.29
2	1.5735	0.5242	0.0486	58529.84	12.25
3	1.5740	0.5238	0.0485	58602.59	12.24
4	1.5742	0.5237	0.0485	58629.46	12.23
5	1.5743	0.5237	0.0485	58639.38	12.23

✓ Aceleración máxima en la cresta (g)	:	1.574
✓ Periodo natural (s)	:	0.524
✓ Deformación Cortante Promedio (%)	:	0.048
✓ Modulo cortante (T/m ²)	:	58,639.38
✓ Amortiguamiento (%)	:	12.23.

d. Análisis de Deformación Permanente

Para aplicar este método se tomó en cuenta los resultados obtenidos con el método simplificado de Makdisi y Seed, para el cálculo de la aceleración máxima en la cresta y el periodo natural, por ser esta la más conservadora en términos de la aceleración máxima calculada. Las aceleraciones de fluencia (K_y) fueron obtenidos con el programa de equilibrio limite SLIDE, para cada una de las profundidades de las superficies potenciales de deslizamiento.

Tabla 28

Deformaciones permanentes calculadas por el método Makdisi y Seed

$M_s = 8.5$

$\ddot{u}_{\max} = 1.5743 \text{ g}$

$T_o = 0.5237 \text{ seg}$

y/H	K_y	$K_{\max}/\ddot{u}_{\max}$	$K_{\max}$	$K_y/K_{\max}$	$\ddot{u}/g \cdot T_o K_{\max}$	$U \text{ (m.)}$
0.250	0.560	0.820	1.291	0.434	0.130	0.862
0.500	0.340	0.540	0.850	0.400	0.075	0.328
0.750	0.252	0.360	0.567	0.445	0.040	0.116
1.000	0.226	0.300	0.472	0.479	0.023	0.056

Donde: U = Deformación permanente

Según Seed (1969), la deformación permanente inducida por un sismo en una presa (o terraplén) no debe exceder de 3 pies (0.91 m). Se observa que la presa Sama, cumple con este requisito para las condiciones del diseño propuesto. Otros autores recomiendan como asentamiento máximo el 10% de la altura de la presa.

4.5 EVALUACIÓN DE COSTOS, SOSTENIBILIDAD Y VIABILIDAD A LARGO PLAZO

Costos de inversión

El costo de inversión de la construcción de la presa Sama es de S/. 428,434,258.91 a precios de mercado, los cuales están desagregados en la tabla N° 29:

Tabla**29**

Detalle general del presupuesto base para la construcción de la presa Sama(referencial):

ITEM	DESCRIPCIÓN	COSTO (\$/.)	% DEL TOTAL
1.0	TRABAJOS PROVISIONALES Y PRELIMINARES	16,626,784.94	3.88%
1.01	ACTIVIDADES PROVISIONALES	8,360,293.04	1.95%
1.02	SEGURIDAD Y SALUD EN OBRA	354,664.08	0.08%
1.03	MEDIO AMBIENTE	5,985,894.41	1.40%
1.04	HABILITACION DE ACCESOS TEMPORALES	861,920.47	0.20%
1.05	HABILITACION DE ACCESOS DEFINITIVOS	1,064,012.94	0.25%
2.0	SISTEMA DE DESVIO Y CONDUCCION	9,693,017.56	2.26%
2.01	ATAGUIA AGUAS ARRIBA	2,419,196.09	0.56%
2.02	ATAGUIA AGUAS ABAJO	297,592.12	0.07%
2.03	TOMA DE DESVIO	594,283.67	0.14%
2.04	TUNEL DE DESVIO - CONDUCCIÓN	6,381,945.68	1.49%
3.0	POZO AMORTIGUADOR DE SALIDA	4,249,396.89	0.99%
3.01	MOVIMIENTO DE TIERRAS	1,148,495.48	0.27%
3.02	SOSTENIMIENTO DE TALUD	124,558.44	0.03%
3.03	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE	42,620.95	0.01%
3.04	OBRAS DE CONCRETO ARMADO	2,933,722.02	0.68%
4.0	ESTRUCTURA DE ALMACENAMIENTO	192,888,646.51	45.02%
4.01	TRABAJOS PRELIMINARES	1,061,221.51	0.25%
4.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS	15,188,393.06	3.55%
4.03	PRESA - OBRAS CIVILES	175,917,654.58	41.06%
4.04	VIADUCTO	721,377.36	0.17%
5.0	SISTEMA DE CAPTACIÓN	17,324,495.01	4.04%
5.01	TORRE DE ALIMENTACION	7,994,271.54	1.87%
5.02	TOMA DE SALIDA DE FONDO	4,289,748.72	1.00%
5.03	TOMAS DE ALIMENTACION	2,544,648.77	0.59%
5.04	ESTRUCTURA DE DERIVACION	1,896,281.59	0.44%
5.05	LINEA DE EMPALME A LINEA DE CONDUCCION	599,544.39	0.14%
6.0	SISTEMA DE CONTROL DE AVENIDAS	27,847,489.11	6.50%
6.01	TORRE MORNING GLORY	4,044,883.33	0.94%
6.02	TUNEL DE ALIVIADERO Y RAPIDA	15,630,658.66	3.65%
6.03	POZO DE AMORTIGUACION	7,966,637.03	1.86%
6.04	CANAL DE SALIDA	205,310.09	0.05%
7.0	OBRAS COMPLEMENTARIAS	300,000.00	0.07%
8.0	SISTEMA DE INSTRUMENTACION	1,700,000.00	0.40%
9.0	CONTROL DE CALIDAD EN OBRA	2,106,230.40	0.49%

Resumen de Presupuestos en Infraestructura

Descripción		Presa CFRD	
Costo Directo de la Presa CFRD		272,736,060.42	63.66%
Gastos Generales	20.00%	54,547,212.08	12.73%
Utilidad	5.00%	13,636,803.02	3.18%
Parcial		340,920,075.52	79.57%
I.G.V.	18.00%	61,365,613.59	14.32%
Sub Total		402,285,689.11	93.90%
Supervisión de Obra	3.50%	14,079,999.12	3.29%
Supervisión Externa	0.50%	2,011,428.45	0.47%
Liquidación	0.20%	804,571.38	0.19%
Expediente Técnico	1.80%	7,241,142.40	1.69%
Gastos de gestión	0.50%	2,011,428.45	0.47%

Viabilidad

Como proyecto de la evaluación social presenta indicadores de rentabilidad con un valor actual neto (VAN) a precios sociales de S/. 145'534,660.65 con una tasa interna de retorno 12.06 % y un ratio B/C=1.36. Por lo tanto; el proyecto resulta ser viable técnica, social y económicamente.

Sostenibilidad

La sostenibilidad del proyecto para la fase de funcionamiento seria asumida por el Proyecto Especial Tacna – PET (operador de infraestructura mayor) para la operación de la presa Sama y por la Junta de Usuarios del Sector Hidráulico Sama (operador de infraestructura Menor) para los sistemas de riego, en el marco del Reglamento Operadores de Infraestructura Hidráulica aprobado con Resolución Jefatural N° 327 – 2018 – ANA.

Mantenimiento

Los costos de operación y mantenimiento anual de la infraestructura de riego a precios sociales ascienden a S/. 934,746.57.

Al igual que los costos de inversión, los costos de operación y mantenimiento también son corregidos por un factor que los convierte a costos sociales, tal como se muestra a continuación.

Tabla 30

Detalle general del presupuesto de operación y mantenimiento de la presa Sama:

Nº	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario S/.	Costos a Precios Privados	F.C.	Costos a Precios Sociales
1.00.00	MANTENIMIENTO				618,114.49		525,046.47
1.01.00	MANTENIMIENTO RUTINARIO				138,000.00		116,949.15
1.01.01	Limpieza de dique en la zona de rebose y demás estructuras	Mes	12.00	11,500.00	138,000.00	0.85	117,300.00
1.02.00	MANTENIMIENTO PERIODICO				409,104.09		347,738.48
1.02.01	Infraestructura de la Presa (% de su Pto)	Glb	0.15%	272,736,060.42	409,104.09	0.85	347,738.48
1.03.00	MANTENIMIENTO DE EMERGENCIA				71,010.40		60,358.84
1.03.01	Implementación del Plan de Contingencia	Glb	1.00	35,650.40	35,650.40	0.85	30,302.84
1.03.02	Otros	Glb	1.00	35,360.00	35,360.00	0.85	30,056.00
2.00.00	OPERACIÓN				441,650.00		409,700.10
2.01.00	Personal				428,720.00		398,709.60
2.01.01	Administrador y empleados (Comisión de Riego)	Mes	12.00	4,730.00	56,760.00	0.93	52,786.80
2.01.02	Responsable de distribución de agua	Mes	12.00	8,115.00	97,380.00	0.93	90,563.40
2.01.03	Monitoreo permanente de las estructuras de la presa	Mes	12.00	7,490.00	89,880.00	0.93	83,588.40
2.01.04	Acciones de monitoreo ambiental	Glb	1.00	184,700.00	184,700.00	0.93	171,771.00
2.02.00	Materiales e Insumos				12,930.00		10,990.50
2.02.01	Uniforme de identificación	Jgo.	12.00	160.00	1,920.00	0.85	1,632.00
2.02.02	Herramientas manuales	Glb	2.00	1,155.00	2,310.00	0.85	1,963.50
2.02.03	Instrumentos Básicos	Glb	3.00	710.00	2,130.00	0.85	1,810.50
2.02.04	Insumos varios	Glb	3.00	590.00	1,770.00	0.85	1,504.50
2.02.05	Útiles de Escritorio	Glb	12.00	400.00	4,800.00	0.85	4,080.00
TOTAL S/.					1,059,764.49		934,746.57

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Se evaluó la topografía del eje y del vaso para el diseño de la represa Sama, ubicada en el distrito de Inclán, Tacna, identificándose condiciones favorables para el almacenamiento de hasta 120 Hm³ de agua, conforme a la batimetría presentada. Asimismo, el volumen del vaso permite almacenar aproximadamente 45 Hm³ de sedimentos, considerados como volumen muerto.
- Se caracterizó la geología y geomorfología del área de emplazamiento. En términos geológicos, se identificaron las unidades: Formación Matalaque (Ki-ma) del Cretácico Inferior, Formación Moquegua Inferior (PE-mo_i) del Oligoceno Inferior, Formación Moquegua Superior (PN-mo_s) del Oligoceno–Mioceno Inferior y Formación Huaylillas (Nm-hu) del Mioceno Medio. Además, se reconocieron depósitos cuaternarios y afloramientos de rocas intrusivas, las cuales constituyen el basamento de cimentación del cuerpo de la presa, compuestas principalmente por monzodioritas, monzonitas, dioritas y granodioritas, cuyo grado de fracturamiento es tratable mediante inyecciones. Los flancos de la presa están conformados por andesitas de la Formación Matalaque en estado alterado y fracturado. Desde el punto de vista geomorfológico, se identificaron unidades como cadenas de cerros, el cañón del río Sama, quebradas poco profundas, colinas residuales, el valle del río Sama y desembocaduras de quebradas. Desde el punto de vista geológico se asegura la estanqueidad del vaso debido a que se ha encontrado como basamento impermeable parcialmente a la formación Moquegua inferior y en su totalidad a las rocas de la formación Matalaque. Por otro lado, los estribos de la presa presentan como basamento a las rocas de la formación Matalaque con intrusiones de diorita y monzonita.

- Se determinaron las propiedades geomecánicas del macizo rocoso mediante estaciones geomecánicas y su clasificación según el sistema RMR de Bieniawski (1989), identificándose predominantemente macizos tipo III y, a nivel de cimentación, macizos tipo IV.

Los estudios de mecánica de suelos, mecánica de rocas y prospección geofísica en el cauce del río Sama evidencian que el material de relleno corresponde a suelos de gravas mal graduadas con arenas (GP). La composición granulométrica incluye 19.60% de bolonería, 33.59% de cantos rodados, 15.75% de grava, 29.06% de arena y 2.0% de finos. Presenta límites líquidos entre 18.41% y 20.06%, siendo no plástico. El peso específico del agregado grueso varía entre 2.613 y 2.667 g/cm³, con absorciones entre 0.381% y 0.994%. La densidad natural oscila entre 1.860 y 1.908 g/cm³, mientras que la densidad máxima seca se encuentra entre 1.969 y 1.985 g/cm³, con contenidos óptimos de humedad de 5.1% a 5.7%. Los ensayos de corte directo muestran cohesiones máximas entre 0.063 y 0.068 kg/cm² (residual entre 0.026 y 0.049 kg/cm²) y ángulos de fricción interna entre 31.87° y 33.59° (residual entre 30.93° y 31.87°). La densidad mínima varía entre 1.727 y 1.864 g/cm³. El desgaste Los Ángeles presenta valores entre 16.90% y 19.67%. La durabilidad al sulfato de magnesio es de 1.23% a 1.84% para agregado fino y de 0.93% a 1.35% para agregado grueso. El análisis químico revela contenidos de cloruros entre 1130 y 1360 ppm, sulfatos entre 955 y 4210 ppm y sales solubles totales entre 3240 y 4210 ppm.

- El análisis hidrológico del proyecto, considerando un periodo de operación de 50 años, establece que la regulación del embalse se basará en la demanda hídrica proyectada. Se contempla una descarga de 0.150 m³/s proveniente de manantiales y aguas de recuperación, alcanzando una oferta total aproximada de 1.745 m³/s, suficiente para cubrir las demandas agrícolas y poblacionales del valle de Sama con 100% de confiabilidad en volumen y tiempo. No obstante, el balance hídrico presenta un déficit anual de 0.343 Hm³/año que reduce bastante la brecha si es que no hubiese proyecto. El volumen estimado de sedimentos en suspensión y arrastre es de 45 Hm³.

- El diseño óptimo de la presa Sama corresponde a una presa de enrocado con pantalla de concreto (CFRD), con una capacidad de almacenamiento de 120 Hm³, una altura neta de 100.80 m (incluida la cimentación) y una longitud de coronación de 295 m. La cota de coronación es 802.00 m s.n.m. (803.00 m con parapeto), con niveles de operación definidos en 796.00 m s.n.m. (NAMO), 798.55 m s.n.m. (NAME) y 750.00 m s.n.m. (NAMIN). El ancho del viaducto es de 14.00 m, con taludes aguas arriba y aguas abajo de 1.5H:1V. Esta tipología resulta la más adecuada bajo las condiciones del sitio, debido a su eficiencia técnica y económica, su comportamiento favorable frente a solicitaciones sísmicas y su adaptabilidad a terrenos complejos, además de permitir el uso de materiales locales. El cuerpo de la presa se cimentará sobre roca intrusiva competente cubierta por una cobertura aluvial tipo GP de bajo espesor (6 a 8 m).
- El análisis de estabilidad de la presa indica una filtración en el talud aguas abajo de $q = 2.53 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}/\text{ml}$, equivalente a un caudal total de aproximadamente 0.75 L/s (64.80 m³/día), considerado no significativo. Los factores de seguridad cumplen con los criterios establecidos por el USACE, ICOLD y la normativa peruana (ANA, 2017), evidenciando un diseño estable. Asimismo, el análisis de deformaciones permanentes mediante el método de Makdisi y Seed determina una deformación vertical de 0.862 m, valor menor al límite permisible de 0.91 m (3 pies) según Seed (1969), por lo que la presa cumple con los requisitos de desempeño sísmico.
- El análisis de estabilidad de taludes tanto aguas arriba como aguas abajo son satisfactorios y cumplen con los factores de seguridad mínimos recomendados por el U.S. Corps of Engineers, tanto en condiciones estáticas como pseudoestáticas, con un coeficiente sísmico horizontal de 0.23 g. De acuerdo a las condiciones sísmica la roca de sedimentación posee una aceleración máxima del terreno de 0.46 g.

- La metodología y las disposiciones para realizar estudios básicos de ingeniería para la caracterización geotécnica recomendadas por organismos internacionales como la Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLD), el Comité Nacional Español de Grandes Presas (SPANCOLD) o la Bureau of Reclamation de los Estados Unidos, se adaptan perfectamente a las condiciones existentes en el Perú y cualquier parte del mundo, y uniformiza criterios para la elección y diseño de una presa.
- De acuerdo con los resultados de caracterización geotécnica de la Presa Sama, la mejor opción por las condiciones de la cimentación, estanqueidad y materiales de préstamo existentes será un diseño de presa CFRD (Concrete fase rockfill Dam). Esto debido a que la geología al pie del talud aguas arriba presenta la presencia de rocas de origen intrusivo de mejor condición geomecánica y resistencia que la roca volcánica fracturada (andesitas) existente en ambos estribos de la corona, donde los estribos no reúnen condiciones favorables para una presa tipo arco. No se recomienda la construcción de una presa de tierra zonificada, debido a que no existe material arcilloso para conformar su núcleo y por la altura proyectada (100 m) es susceptible a erosión interna y mayores deformaciones en la corona.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda continuar con el desarrollo del proyecto de la presa Sama, priorizando el abastecimiento de agua para uso poblacional y el mejoramiento del riego existente, evitando la incorporación de nuevas áreas de expansión agrícola que podrían comprometer la sostenibilidad del recurso hídrico disponible.

Se recomienda mayor desarrollo de este tipo de presas de enrocado con pantalla de concreto (CFRD) en el país, en la actualidad solo existe un 3.9% (29 presas) de presas de este tipo del total existente en el país, evidenciando una continuidad de diseño de presas de tipo ya antiguo en el Perú y el mundo hasta la actualidad,

debiéndose promover más presas de tipo enrocado como el CFRD, por su idoneidad para zonas altamente sísmicas y su construcción es no compleja.

- En virtud de las condiciones topográficas, geológicas, geotécnicas e hidrológicas favorables identificadas, se recomienda a la Autoridad Nacional del Agua (ANA) y al Gobierno Regional de Tacna impulsar la ejecución del proyecto, considerando que el embalse proyectado alcanzará una capacidad total de 120 Hm³, con un volumen útil de 75 Hm³ y una capacidad de almacenamiento de sedimentos de 45 Hm³, lo cual permitirá mitigar el déficit hídrico existente en los distritos de Inclán y Sama.
- Se recomienda a la ANA y a la entidad formuladora del proyecto profundizar los estudios de detalle (ingeniería definitiva), especialmente en lo relacionado con tratamientos de cimentación (inyecciones), comportamiento sísmico y control de filtraciones, a fin de optimizar el desempeño estructural y la seguridad de la presa.
- Se recomienda a la Municipalidad Distrital de Inclán, la Municipalidad Distrital de Sama y a las Juntas de Usuarios de Riego implementar estrategias de gestión eficiente del recurso hídrico, incluyendo programas de tecnificación del riego, mantenimiento de infraestructura hidráulica y fortalecimiento de capacidades locales.
- Se recomienda al Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI) promover el uso sostenible del agua almacenada, priorizando la optimización de la productividad agrícola en áreas ya establecidas, en lugar de fomentar ampliaciones agrícolas que generen estrés hídrico.
- Se recomienda al Ministerio del Ambiente (MINAM) y a las autoridades competentes realizar un seguimiento continuo de la calidad del agua y de los sedimentos, considerando los contenidos de sales, cloruros y sulfatos identificados, a fin de prevenir impactos ambientales y asegurar la sostenibilidad del proyecto.

REFERENCIAS

- Abdulkadir, Y., Baye, T., & Jothimani, M. (2024). Assessing foundation characteristics at the war dam site, lake tana basin, Ethiopia: A geophysical and geotechnical perspective. *Quaternary Science Advances*, 15(June), 100216. <https://doi.org/10.1016/j.qsa.2024.100216>
- Espinosa, M., (2010). Ingeniería de Presas de Escollera. Universidad Nacional de Cuyo, Argentina.
- Acuña, M., & Deudor, A. (2025). *Perforación diamantina para la caracterización geotécnica de los geomateriales de Marcapunta Norte y Tajo Norte en Colquijirca*, 2024. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.
- Alarcón, J. (1991). El ensayo de Lugeon y su interpretación. *Revista de la Universidad de La Salle*, 18, 139-150. Disponible en: <https://ciencia.lasalle.edu.co/ruls/vol1991/iss18/16/>
- Balbis, A., & Pesci, H. (2013). Relevancia de la evaluación de los aspectos geológicos y geomorfológicos para los estudios geotécnicos de pequeñas presas – Estudio de casos. *Revista de Geología Aplicada a La Ingeniería y al Ambiente*, 31, 93–106. <https://doi.org/10.59069/0ckqx509>
- Beltrán, S. (2024). *Diseño Físico y Modelación Numérica en el Comportamiento de Taludes con Patrones de Lluvia y Desección Extrema*. [Tesis de Maestría]. Universidad de los Andes.
- Birhanu, D., & Tesfa, C. (2023). Geological and geotechnical characterization of Ziragn Dam sitting, northwestern Ethiopia. *Environmental and Sustainability Indicators*, 19(February), 100261. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2023.100261>
- Cabello, G. (2025). *Viabilidad técnica-económica ante la aplicación del tipo de estructura de defensa ribereña para la protección del malecón Walker Soberón*, año 2024. Universidad de Huanuco.
- Cabrera, K., Vera, B., Morante, F., Briones, J., Solórzano, J., & Carrión, P. (2022). Caracterización geotécnica mediante la correlación geológica-geofísica de un área piloto para la planificación territorial de la ZEDE en la ESPOL. Guayaquil-Ecuador. *Sustainability*, 14, 1–20. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/57442>
- Cajamarca, J. (2022). *La importancia de ordenar las subcuencas hídricas y regular los ríos de Cuenca* [Tesis de Pregrado, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca]. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/22525>

- Cambridge, M. (2022). Application of inspection and monitoring in the reduction of risk for mine tailings dams. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Geotechnical Engineering*, 175(2), 142–150. <https://doi.org/10.1680/jgeen.20.00248>
- Carlos, J. (2022). *Evaluación geotécnica para la construcción de la Presa Ucuscancha I, Huancayo-Junín* [Tesis Pregrado]. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.
- Clinton, C. (2024). Universidad Nacional De San Agustín De Arequipa Facultad De Medicina [Tesis de Pregrado, Universidad de San Agustín de Arequipa]. In *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/10895>
- Dávila, O., & Yalán, N. (2024). Criterios Básicos para la Evaluación Geotécnica de la Estabilidad de Presas de Enrocado. *GRUPO TYPESA*.
- Delgado, H. (2024). *Diseño de compuerta hidráulica para derivación del caudal en el río de la comunidad El Cerrito del cantón Rocafuerte* [Tesis de Pregrado, Universidad Estatal del Sur de Manabí]. <https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/7153>
- Domínguez, L., Munive, M., & González, A. (2022). *Curso Integral de Gestión de Riesgos por Inestabilidad de Laderas*. Sistema Nacional de Protección Civil.
- Galindo, Pedro. (2024). *Diseño de la Investigación del Análisis por Medio de Elementos Finitos del Comportamiento de las Cimentaciones Especiales de Edificaciones Construidas en Laderas*, [Tesis Pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. <http://emecanica.ingenieria.usac.edu.gt/sitio/wp-content/subidas/6ARTÍCULO-III-INDESA-SIE.pdf>
- Gao, Y., Chen, F., Yin, Y., Li, B., Zhang, H., & Qi, W. (2025). Numerical simulation of anisotropic landslide dam behavior in high-altitude environments of the Tibetan Plateau using a continuum model of multiphase-state fluid. *Engineering Geology*, 358(September), 108385. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2025.108385>
- Hermosilla, D. (2021). *Caracterización Geológica-Geotécnica De La Zona De Implantación Del Embalse* [Tesis de Pregrado]. Universidad de Concepción.
- Hernández, J., Moreno, J., & Valbuena, F. (2021). *Identificación de las características geotécnicas y evaluación de riesgo de las construcciones realizadas sobre la ribera de la margen derecha del río Magdalena ubicadas dentro de la zona urbana del municipio de Girardot, Cundinamarca*. Corporación Universitaria Minuto de Dios.

- Huaccachi, J. (2024). *Eficacia en la predicción de los parámetros de resistencia al corte a partir del comportamiento físico en suelos granulares empleando redes neuronales artificiales - experimental, Perú 2023* [Tesis de Pregrado]. Universidad nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- Kumar, P., & Viswanadham, B. (2024). Studies on the performance of water retention type tailings dams subjected to filling and inertial loading in a geotechnical centrifuge. *Engineering Geology*, 331(December 2023), 107412. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2024.107412>
- Mamani, J. (2025). *Estudio de la Estabilidad de Taludes al Sureste de la Comunidad Huascata en Distrito de Chaclacayo, 2024*. [Tesis de Maestría, Universidad Privada de Tacna]. <https://www.city.kawasaki.jp/500/page/0000174493.html>
- Mite, F., & Campozano, D. (2021). *Estudio y Diseño de una Presa Colinar en la Comunidad Naranjito - Tosagua Manabí*. Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Park, D., & Kishida, T. (2019). Shear modulus reduction and damping ratio curves for earth core materials of dams. *Canadian Geotechnical Journal*, 56(1), 14–22. <https://doi.org/10.1139/cgj-2017-0529>
- Sanchez, B. (2023). *Elaboración de un Estudio Geotécnico para resguardar la Estabilidad y Permanencia de Cimentación para la Construcción de la Presa Citan en el Distrito de Chulucanas - Morropón-Piura 2021*. [Trabajo de suficiencia profesional, Universidad Privada del Norte]. <http://repository.radenintan.ac.id/11375/1/PERPUS>
[PUSAT.pdf%0Ahttp://business-law.binus.ac.id/2015/10/08/pariwisata-syariah/%0Ahttps://www.ptonline.com/articles/how-to-get-better-mfi-results%0Ahttps://journal.uir.ac.id/index.php/kiat/article/view/8839](http://business-law.binus.ac.id/2015/10/08/pariwisata-syariah/)
- Solis, M. (2024). *Evaluación Geofísica y Geotécnica con Fines de Diseño de Cimentación para la Sede de la Fiscalía de la Nación del Ministerio Público de Tayabamba, Provincia de Pataz - Departamento de la Libertad - 2024*. Universidad Privada del Norte.
- Soria, W. (2025). *Análisis geotécnico para el diseño de un depósito de top soil en la unidad minera Animón, distrito de Huallay, región Pasco, 2024*. [Trabajo de Suficiencia]. Universidad de Huanuco.
- Villarreal, M. (2020). *Caracterización geotécnica de macizos rocosos, a nivel de prefactibilidad, en el área de implantación de presas de laminación de crecidas extraordinarias actuales y proyectadas sitas en la Hoja Tandil 3760-IV* [Universidad Nacional de La Plata].

http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/104830/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Viteri, S. (2023). *Análisis Geotécnico de las Filtraciones en la Presa Huacatina, Provincia de Julcán, Departamento de La Libertad, 2023*. [Tesis de Pregrado]. Universidad Privada del Norte.

Bongiorno, F., Índice de Calidad de la Roca RQD. Clasificaciones de los Macizos Rocosos según Barton, Bieniawski. Hoek y Brown. Universidad de los Andes. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ing. Geológica.

Acosta Pereira, Harmuth | Alván De la Cruz, Aldo Alfonso | Cutipa Cornejo, Moisés | Mamani Huisa, Mirian Irene | Rodríguez Manrique, Juan Pablo. Geología de los cuadrángulos de La Yarada, Tacna y Huaylillas, hojas 37-u, 37-v y 37-x, escala 1: 50,000 – [Boletín A 145] - 2012. Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico del Perú (INGEMMET).

Braja M. Das (1990) “Principles of Geotechnical Engineering” Second Edition.

Universidad Nacional de Ingeniería (1969) Boletín Nro. 1 “Laboratorio de Mecánica de Suelos”.

Ing. Carlos Crespo Villalaz (1995) “Mecánica de Suelos y Cimentaciones.

APÉNDICES

APÉNDICE A
MATRIZ DE CONSISTENCIA

MATRIZ DE CONSISTENCIA

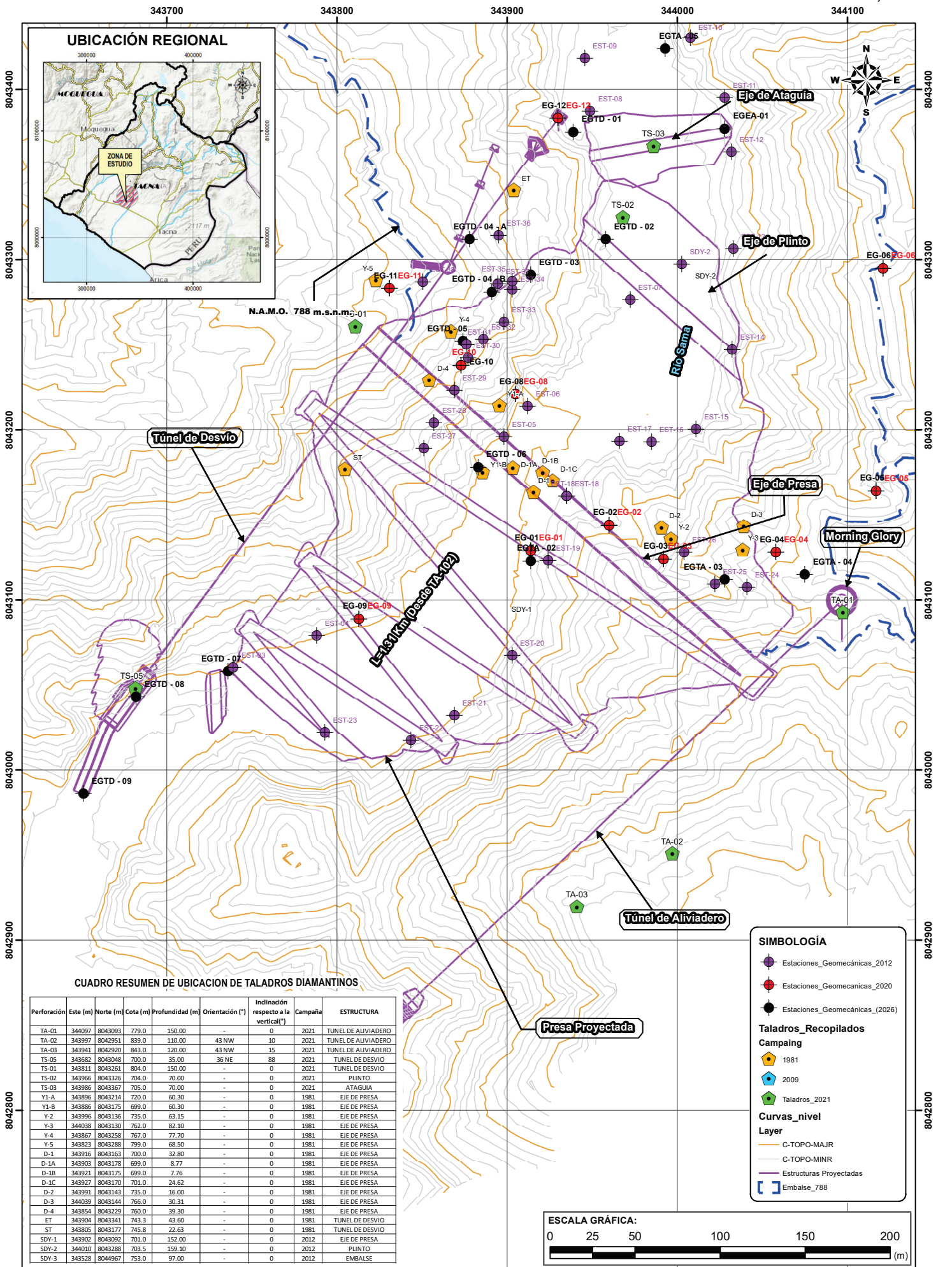
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES/DIMENSIONES E INDICADORES	METODOLOGÍA
a) INTERROGANTE PRINCIPAL ¿Cómo influyen las características geotécnicas del área de estudio en el diseño óptimo y la estabilidad estructural de la represa Sama en el distrito de Inclán, Tacna? b) INTERROGANTES ESPECÍFICAS a. ¿Cuáles son las características topográficas del vaso que permiten definir la geometría adecuada para la construcción de la represa Sama en el distrito de Inclán, Tacna? b. ¿Qué condiciones geológicas y geomorfológicas presenta la zona de emplazamiento de la represa Sama y cómo influyen en la selección del tipo de estructura y su fundación en la zona de cierre? c. ¿Cuáles son las propiedades geomecánicas del macizo rocoso de la zona de emplazamiento y cómo afectan la capacidad portante y estabilidad de la cimentación de la presa o zona de cierre? d. ¿Qué información aportan los estudios de mecánica de suelos, mecánica de rocas y prospección geofísica para definir los parámetros de diseño geotécnico de la represa Sama? e. ¿Qué características hidrológicas deben considerarse para garantizar la funcionalidad hidráulica y la seguridad de la represa Sama? f. ¿Cómo integrar las condiciones topográficas, geológicas, geomecánicas e hidrológicas para obtener un diseño óptimo de la represa Sama? g. ¿Cuál es el nivel de estabilidad estructural de la represa Sama frente a condiciones estáticas y sísmicas en el distrito de Inclán, Tacna?	1. OBJETIVO GENERAL Determinar las características geotécnicas para el diseño de la represa Sama en el distrito de Inclán, Tacna 2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS a. Evaluar la topografía de la presa y vaso para el diseño de la represa Sama. b. Evaluar el estudio hidrológico para la construcción de la represa Sama. c. Determinar los estudios geológicos y geomorfológicos de la represa Sama. d. Evaluar los resultados de los estudios de mecánica de suelos, mecánica de rocas y prospección geofísica de la represa Sama. e. Determinar las propiedades geomecánicas del macizo rocoso de la zona de emplazamiento de la represa Sama. f. Determinar el diseño de la represa Sama. g. Evaluar la estabilidad de la represa Sama.	1. HIPÓTESIS GENERAL Las características geotécnicas del área de emplazamiento determinan de manera significativa el diseño óptimo y la estabilidad estructural de la represa Sama en el distrito de Inclán, Tacna 2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS a) La evaluación topográfica de la presa y vaso permite identificar las condiciones geométricas adecuadas para el diseño de la represa Sama. b) La caracterización geológica y geomorfológica de la zona de emplazamiento influye directamente en la selección del tipo de estructura y su fundación en la zona de cierre de la represa Sama. c) Las propiedades geomecánicas del macizo rocoso condicionan la capacidad portante, la deformabilidad y la respuesta estructural de la cimentación de la represa Sama. d) Los resultados de los estudios de mecánica de suelos, mecánica de rocas y prospección geofísica proporcionan información importante para la definición de los parámetros de diseño geotécnico de la represa Sama. e) El estudio hidrológico define los parámetros hidráulicos de diseño que aseguran la funcionalidad y seguridad hidráulica de la represa Sama. f) Un diseño geotécnicamente óptimo de la represa Sama es resultado de la adecuada integración de las características topográficas, geológicas, geomecánicas e hidrológicas de la zona. g) La evaluación de la estabilidad global de la estructura permite verificar la seguridad de la represa frente a condiciones estáticas y sísmicas en el distrito de Inclán, Tacna.	Variable Independiente (X) X1: Caracterización Geotécnica. Dimensiones: - Topografía - Geología y geomorfología local - Geomecánica (in situ) - Mecánica de suelos, mecánica de rocas y prospección geofísica - Hidrología - Determinación del Peligro sísmico Indicadores de caracterización geotécnica: - Cotas (m.s.n.m.) - Unidades geológicas y geomorfológicas - perforación, logueo geotécnico y ensayos de permeabilidad. - Parámetros de clasificación de rocas R.M.R. - Granulometría - Límites de consistencia - Humedad natural - Peso específico de la grava - Clasificación de suelos S.U.C.S. - Angulo de fricción y cohesión en suelos - Densidad del suelo y/o roca - Peso específico y absorción de la roca - Compresión simple - Velocidad de ondas de corte “S” y “P” m/s) - Resistividad eléctrica (ohm.m) - Curva batimetría del embalse - Aceleración máxima del terreno Variable Dependiente (Y) Y1: Diseño de la represa Dimensiones - Diseño - Estabilidad Indicadores: - Disponibilidad de materiales de construcción para la presa. - Geometría, NAMO y NAME del embalse. - Análisis, diseño y estabilidad de la represa. - Factor de seguridad.	- Tipo de Investigación La investigación tendrá un enfoque cuantitativo de nivel aplicado. - Diseño de la Investigación -Transversal - Ámbito de Estudio -Represa Sama, distrito de Inclán, Tacna. - Población - Estudios geotécnicos realizados para el proyecto. - Muestra - Está conformada por las prospecciones, los ensayos y mediciones de campo ejecutados para el proyecto donde se fundará la represa Sama. - Técnicas de Recolección de datos - Trabajo de Gabinete -Trabajo de campo - Instrumentos - Fichas de observación de campo, mapeo, análisis de resultados de laboratorio y pruebas in situ.
Relevancia de la investigación Con la Caracterización geotécnica para el diseño de la represa Sama en el distrito de Inclán, Tacna, se contribuye al desarrollo de una gestión del recurso hídrico sostenible, dado que el estudio ayudará a que se diseñe una alternativa de solución adecuada y económica para el almacenamiento y regulación de agua de periodos de superávit hídrico del río Sama para el uso agrario y poblacional en beneficio de la población asentada en el valle del río Sama que conforman los distritos de Inclán y Sama.				

APÉNDICE B

PLANO DE UBICACIÓN

PLANO DE UBICACIÓN DE PRESA Y OBRAS CONEXAS

ESCALA 1:2,000



CUADRO RESUMEN DE UBICACION DE TALADROS DIAMANTINOS

Perforación	Est (m)	Norte (m)	Cota (m)	Profundidad (m)	Orientación (°)	Inclinación respecto a la vertical (°)	Campaña	ESTRUCTURA
TA-01	344097	8043093	779.0	150.00	-	0	2021	TUNEL DE ALIVIADERO
TA-02	343997	8042951	839.0	120.00	43 NW	10	2021	TUNEL DE ALIVIADERO
TA-03	343941	8042920	843.0	120.00	43 NW	15	2021	TUNEL DE ALIVIADERO
TS-05	343682	8043048	700.0	35.00	36 NE	88	2021	TUNEL DE DESVIO
TS-01	343811	8043261	804.0	150.00	-	0	2021	TUNEL DE DESVIO
TS-02	343966	8043326	704.0	70.00	-	0	2021	PLINTO
TS-03	343986	8043367	705.0	70.00	-	0	2021	ATAGÜA
Y1-A	343896	8043214	720.0	60.30	-	0	1981	EJE DE PRESA
Y1-B	343886	8043175	699.0	60.30	-	0	1981	EJE DE PRESA
Y-2	343896	8043126	735.0	62.15	-	0	1981	EJE DE PRESA
Y-3	344028	8043130	762.0	82.10	-	0	1981	EJE DE PRESA
Y-4	343867	8043258	767.0	77.70	-	0	1981	EJE DE PRESA
Y-5	343823	8043288	799.0	68.50	-	0	1981	EJE DE PRESA
D-1	343916	8043163	700.0	32.80	-	0	1981	EJE DE PRESA
D-1A	343903	8043178	699.0	8.77	-	0	1981	EJE DE PRESA
D-1B	343921	8043175	699.0	7.76	-	0	1981	EJE DE PRESA
D-1C	343927	8043170	701.0	24.62	-	0	1981	EJE DE PRESA
D-2	343991	8043143	735.0	16.00	-	0	1981	EJE DE PRESA
D-3	344039	8043144	766.0	30.31	-	0	1981	EJE DE PRESA
D-4	343854	8043229	760.0	39.30	-	0	1981	EJE DE PRESA
ET	343904	8043341	743.3	43.60	-	0	1981	TUNEL DE DESVIO
ST	343805	8043177	745.8	22.63	-	0	1981	TUNEL DE DESVIO
SDY-1	343902	8043292	701.0	152.00	-	0	2012	EJE DE PRESA
SDY-2	344010	8043288	703.5	159.10	-	0	2012	PLINTO
SDY-3	343528	8044967	753.0	97.00	-	0	2012	EMBALSE

SIMBOLOGÍA

- Estaciones_Geomecánicas_2012
- Estaciones_Geomecánicas_2020
- Estaciones_Geomecánicas_(2026)

Taladros_Recopilados

- Campaing
- 1981
- 2009
- Taladros_2021

Curvas_nivel

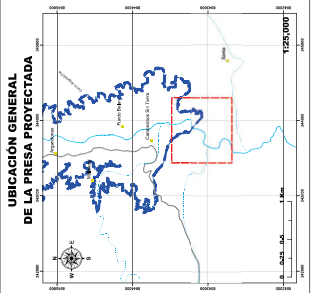
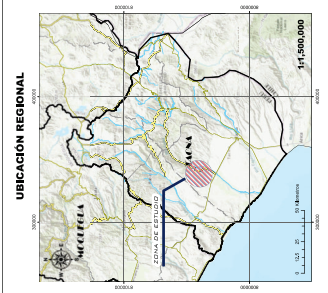
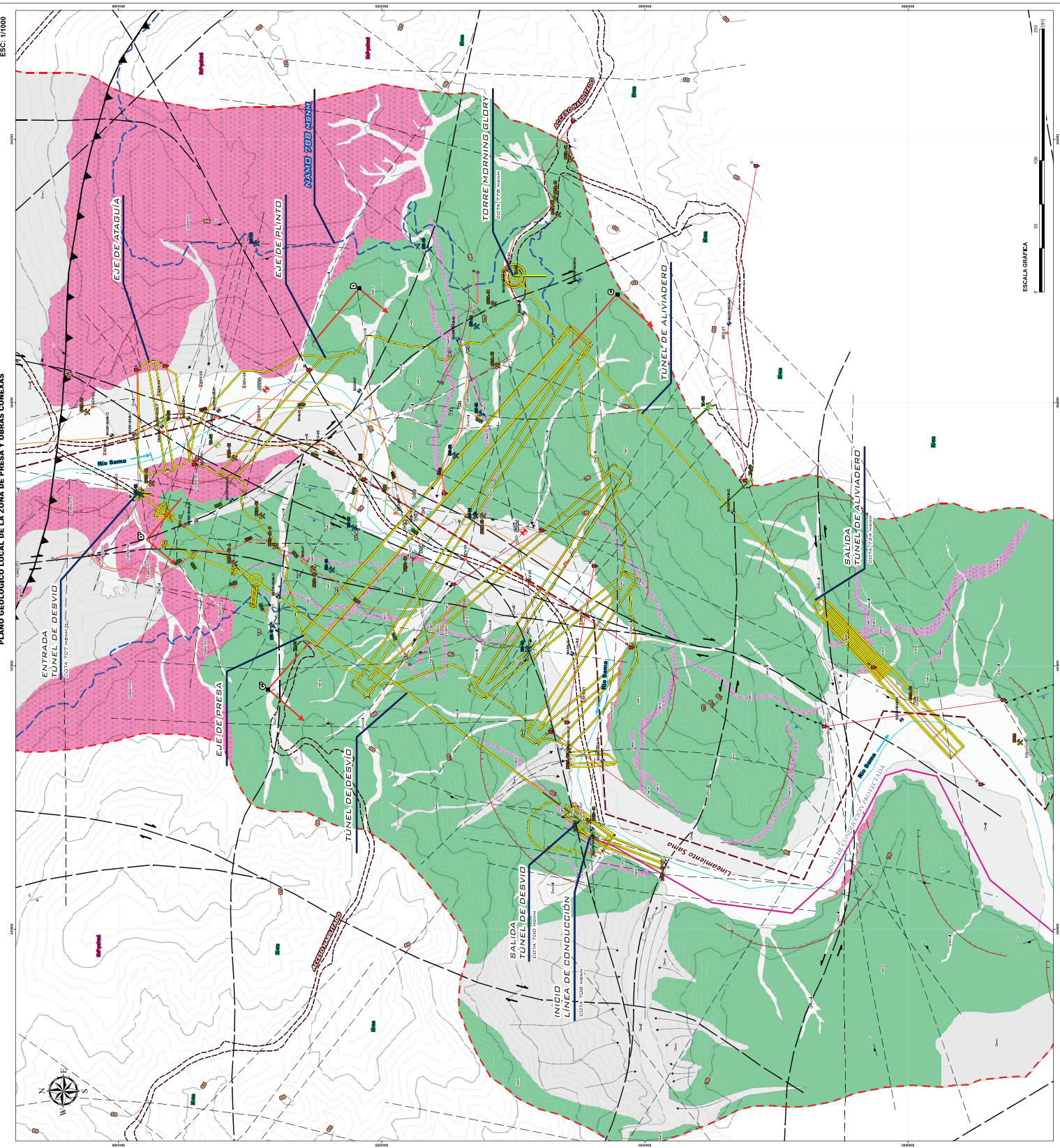
- C-TOPO-MAJR
- C-TOPO-MINR

Layer

- Estructuras_Proyectadas
- Embalse_788



APÉNDICE C
PLANO GEOLÓGICO - ESTRUCTURAL DE
LA ZONA DE PRESA

[illegible][illegible]

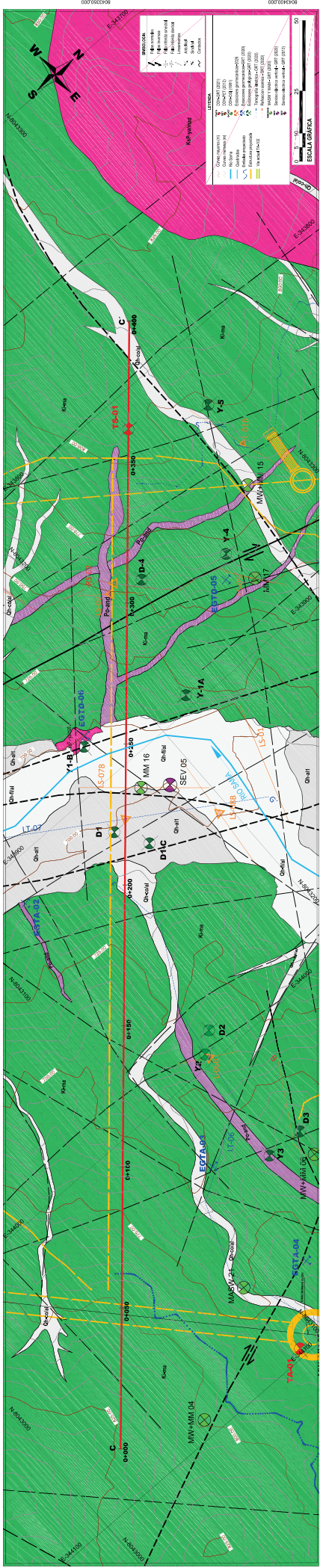
ESTRUCTURA		SECCIONES GEOLÓGICAS GEOTÉCNICAS			
		PUNTO	ESTE	NORTE	LONGITUD
C	—	C	34092.14	804302.63	400.0
D	—	D	34092.35	804326.55	250.0
E	—	E	34088.82	804317.20	250.0
F	—	F	34092.51	804325.73	250.0

APÉNDICE D

PLANOS DE PLANTA Y SECCIÓN GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO DE LA ZONA DEL EJE PRESA

- SECCIÓN DE CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA
- SECCIÓN DE CARACTERIZACIÓN DE LA PERMEABILIDAD Y R.Q.D.
- SECCIÓN DE CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

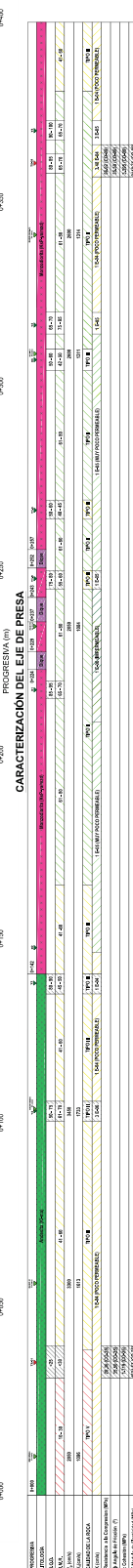
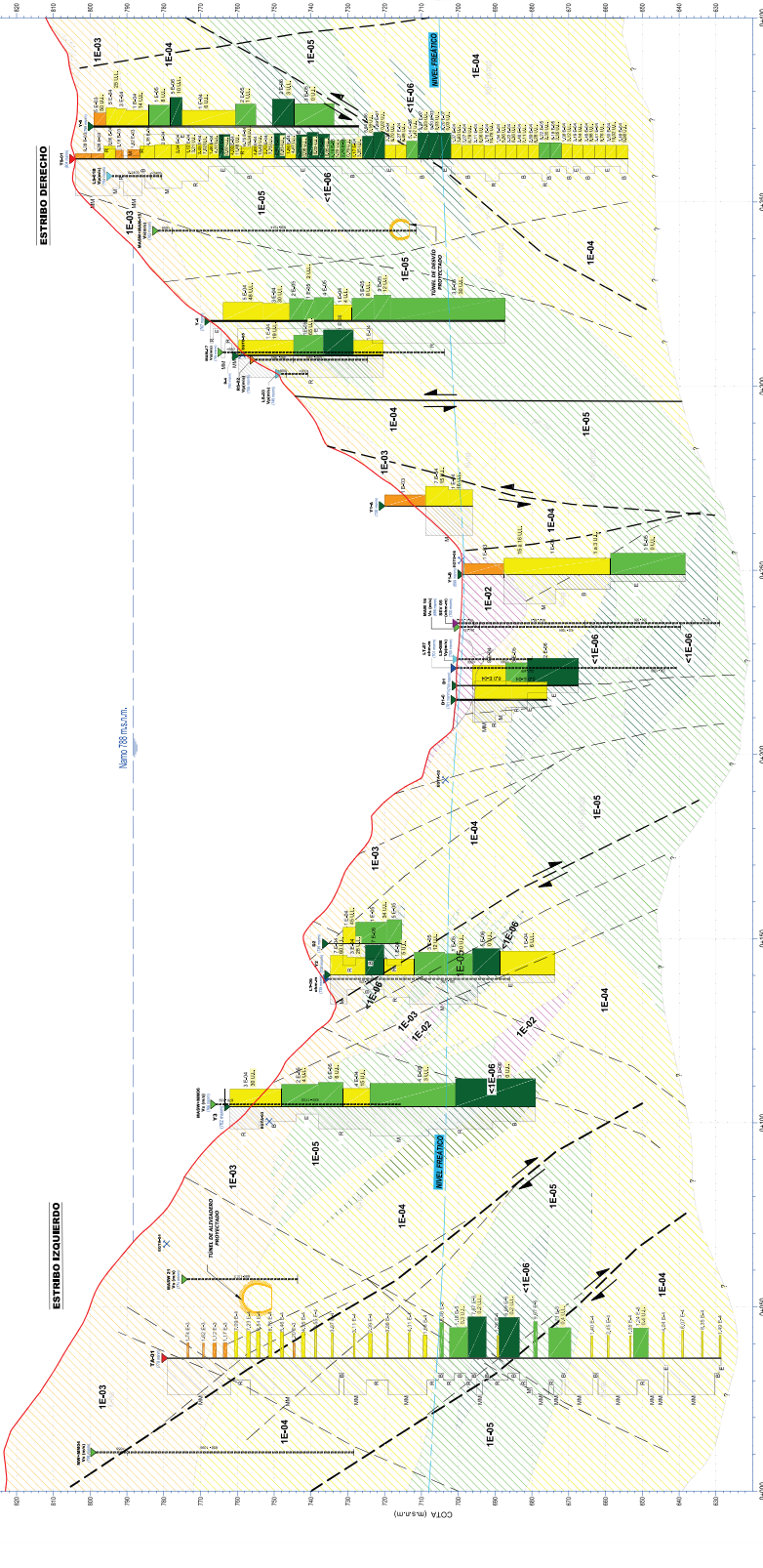
PLANTA DEL EJE DE PRESA
343900.000
ESC. H: 1/500



344001.000

PERFIL TRANSVERSAL DEL EJE DE PRESA

ESC. H: 1/500
ESC. V: 1/500



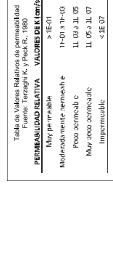
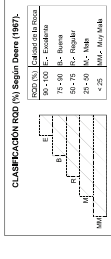
EJEMPLO		RESEÑA				PLAOS DOCUMENTOS DE REFERENCIAS	
ESPA	TÍTULO DESCRIPCION	ESCRITORES	APROBADO POR	REVISADO POR	TÍTULO	NÚMERO	
MARCO 2003	CARACTERIZACIÓN GEOCLIMÁTICA	PAULINA GORDIANO					

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
ESCUELA DE POSTGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN GEOTECNIA

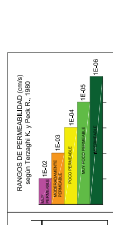
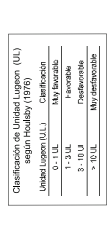
PROYECTO:	*APLICACIÓN DE LA CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA EN EL DISEÑO DE LA PRESA SAMÁ EN EL DISTRITO DE INCAHUASI, TACNA*
PLANO:	SECCIÓN DE CARACTERIZACIÓN DE PERMEABILIDAD Y ROD DEL EJE DE LA PRESA

ASSINATURA:	DR. SAMUEL HUGABOITE CACERES
MAQUISTANTE:	BACH. EDWIN CONDOMAHIAN
DEBIDO:	BACH. EDWIN CONDOMAHIAN
DEBIDO:	ECHOY INDICADA
FECHA:	MARZO, 2028 CONEJO DE PLANO

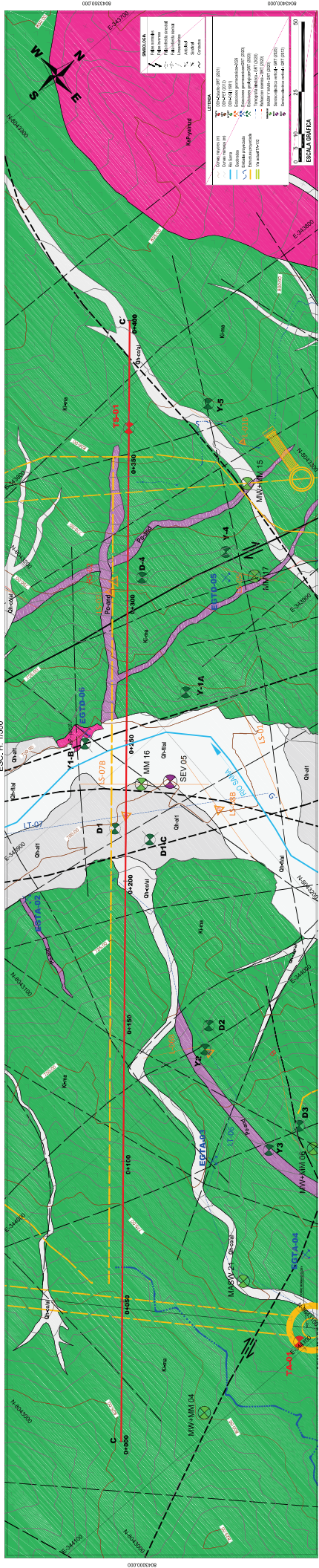
CONFERENCIAS		FEBRERO 2017		INICIACIÓN	
SOMOS	UNIVERSIDAD	COTA	INDICACIÓN	INICIACIÓN	INTERVENCIÓN
TRÁFICO	TRÁFICO	TRÁFICO	TRÁFICO	TRÁFICO	TRÁFICO
11.1	3.1/2016	60.1	62.1	63.1	64.1
11.2	3.2/2016	60.2	62.2	63.2	64.2
11.3	3.3/2016	60.3	62.3	63.3	64.3
11.4	3.4/2016	60.4	62.4	63.4	64.4
11.5	3.5/2016	60.5	62.5	63.5	64.5
11.6	3.6/2016	60.6	62.6	63.6	64.6
11.7	3.7/2016	60.7	62.7	63.7	64.7
11.8	3.8/2016	60.8	62.8	63.8	64.8
11.9	3.9/2016	60.9	62.9	63.9	64.9
11.10	3.10/2016	60.10	62.10	63.10	64.10
11.11	3.11/2016	60.11	62.11	63.11	64.11
11.12	3.12/2016	60.12	62.12	63.12	64.12
11.13	3.13/2016	60.13	62.13	63.13	64.13
11.14	3.14/2016	60.14	62.14	63.14	64.14
11.15	3.15/2016	60.15	62.15	63.15	64.15
11.16	3.16/2016	60.16	62.16	63.16	64.16
11.17	3.17/2016	60.17	62.17	63.17	64.17
11.18	3.18/2016	60.18	62.18	63.18	64.18
11.19	3.19/2016	60.19	62.19	63.19	64.19
11.20	3.20/2016	60.20	62.20	63.20	64.20
11.21	3.21/2016	60.21	62.21	63.21	64.21
11.22	3.22/2016	60.22	62.22	63.22	64.22
11.23	3.23/2016	60.23	62.23	63.23	64.23
11.24	3.24/2016	60.24	62.24	63.24	64.24
11.25	3.25/2016	60.25	62.25	63.25	64.25
11.26	3.26/2016	60.26	62.26	63.26	64.26
11.27	3.27/2016	60.27	62.27	63.27	64.27
11.28	3.28/2016	60.28	62.28	63.28	64.28
11.29	3.29/2016	60.29	62.29	63.29	64.29
11.30	3.30/2016	60.30	62.30	63.30	64.30
11.31	3.31/2016	60.31	62.31	63.31	64.31
11.32	3.32/2016	60.32	62.32	63.32	64.32
11.33	3.33/2016	60.33	62.33	63.33	64.33
11.34	3.34/2016	60.34	62.34	63.34	64.34
11.35	3.35/2016	60.35	62.35	63.35	64.35
11.36	3.36/2016	60.36	62.36	63.36	64.36
11.37	3.37/2016	60.37	62.37	63.37	64.37
11.38	3.38/2016	60.38	62.38	63.38	64.38
11.39	3.39/2016	60.39	62.39	63.39	64.39
11.40	3.40/2016	60.40	62.40	63.40	64.40
11.41	3.41/2016	60.41	62.41	63.41	64.41
11.42	3.42/2016	60.42	62.42	63.42	64.42
11.43	3.43/2016	60.43	62.43	63.43	64.43
11.44	3.44/2016	60.44	62.44	63.44	64.44
11.45	3.45/2016	60.45	62.45	63.45	64.45
11.46	3.46/2016	60.46	62.46	63.46	64.46
11.47	3.47/2016	60.47	62.47	63.47	64.47
11.48	3.48/2016	60.48	62.48	63.48	64.48
11.49	3.49/2016	60.49	62.49	63.49	64.49
11.50	3.50/2016	60.50	62.50	63.50	64.50
11.51	3.51/2016	60.51	62.51	63.51	64.51
11.52	3.52/2016	60			

[illegible]

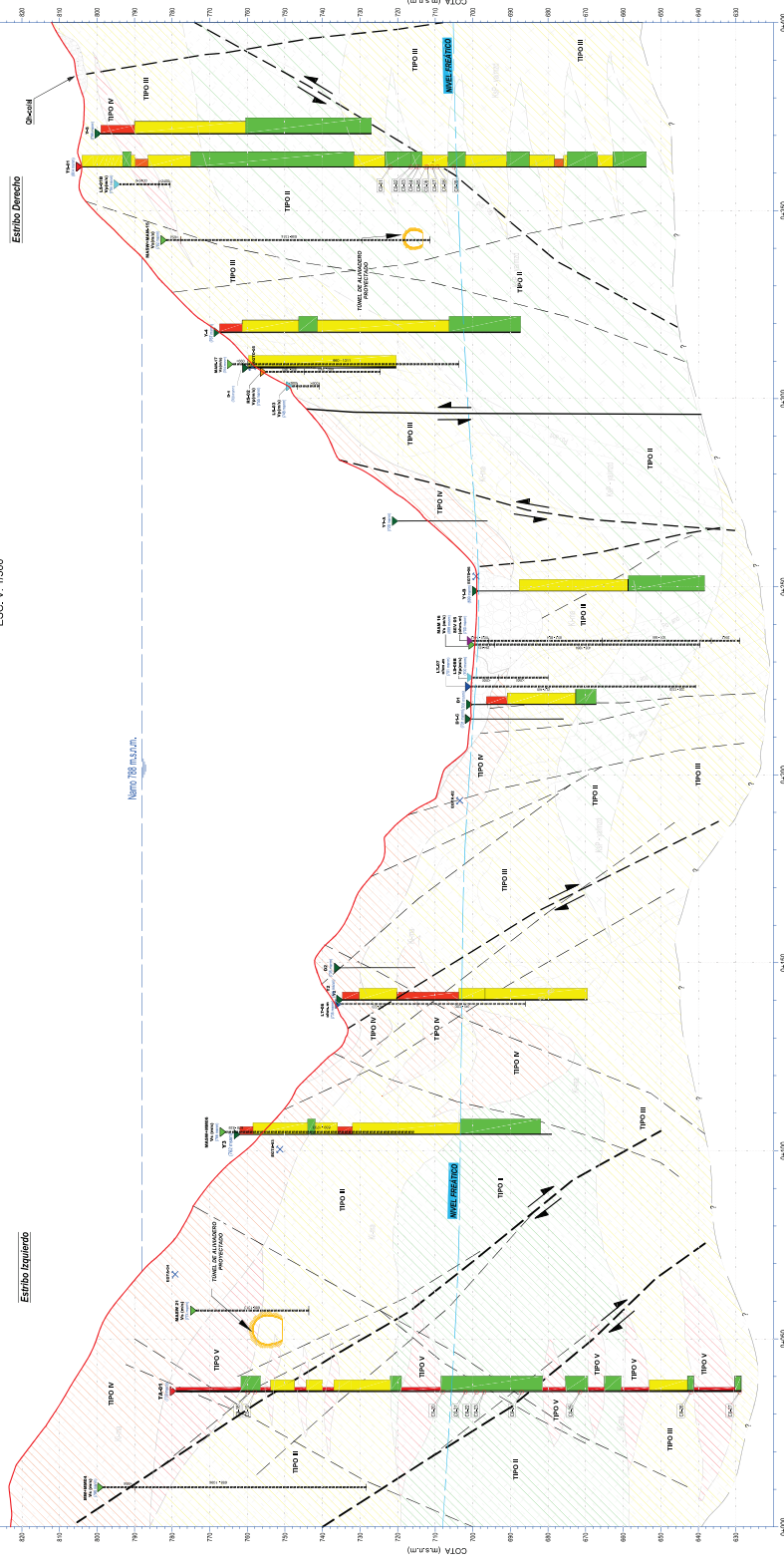
CUADRO DE ANALISIS DE PCA EN TESTIGOS DE REGENERACION									
MUESTRA	TIPO DE SUELO	TIPO DE VEGETACION	RACION		REACTIVO A		REACTIVO B		REACTIVO C
			NO. DE PLANTAS	NO. DE RAICES	NO. DE PLANTAS	NO. DE RAICES	NO. DE PLANTAS	NO. DE RAICES	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
29	29	29	29	29	29	29	29	29	29
30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
31	31	31	31	31	31	31	31	31	31
32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
37	37	37	37	37	37	37	37	37	37
38	38	38	38	38	38	38	38	38	38
39	39	39	39	39	39	39	39	39	39
40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
41	41	41	41	41	41	41	41	41	41
42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
43	43	43	43	43	43	43	43	43	43
44	44	44	44	44	44	44	44	44	44
45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
46	46	46	46	46	46	46	46	46	46



PLANTA DEL EJE DE PRESA
ESC. H: 1/500
343900,000



PERFIL TRANSVERSAL DEL EJE DE PRESA



CARACTERIZACIÓN DEL EJE DE PRESA



UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
ESCUELA DE POSTGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN GEOTECNIA

PI ANNO	ESIC
---------	------

"APLICACIÓN DE LA CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA EN EL DISEÑO DE LA PRESA SAMÁ EN EL DISTRITO DE INCLÁN, TACNA"

SECCIÓN DE CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL EJE DE LA PRESA

DISTRITO:	INCIAN	PROVINCIA:	TACNA	REGION:	TACNA
-----------	--------	------------	-------	---------	-------

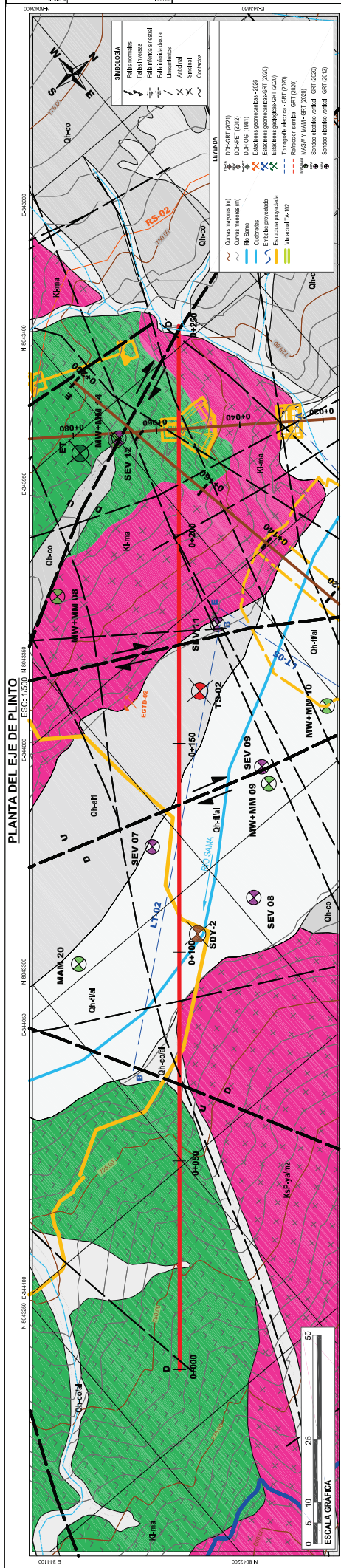
PS-EPR-SGT-001

PS-EPR-SGT-001

APÉNDICE E

PLANOS DE PLANTA Y SECCIÓN GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO DEL EJE DE PLINTO

- SECCIÓN DE CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA
- SECCIÓN DE CARACTERIZACIÓN DE LA PERMEABILIDAD Y R.Q.D.
- SECCIÓN DE CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA



CUADRO DE COORDENADAS: TALADROS 1981

SONDAJE	UTM NOR	UTM ESTE	COTA (m)	PROFUNDIDAD (m)	INCLINACIÓN RESPECTO A LA VERTICAL
V-2	438981	824318	730	83.15	0
D-2	438981	824318	18.02	18.02	0
ET	438984	824341	745	43.80	0

CUADRO DE COORDENADAS: TALADROS 2012

SONDAJE	UTM NOR	UTM ESTE	COTA (m)	PROFUNDIDAD (m)	INCLINACIÓN RESPECTO A LA VERTICAL
SND-2	440121	824338	703.3	159.1	0

CUADRO DE COORDENADAS: TALADROS 2021

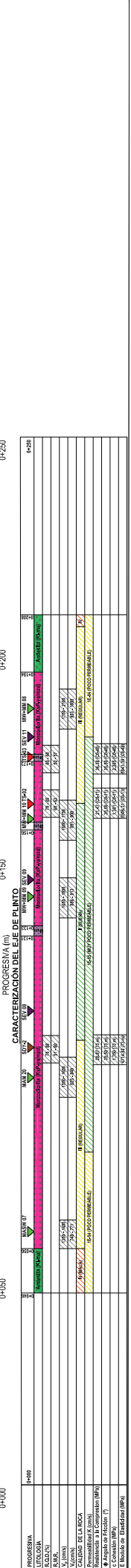
SONDAJE	UTM NOR	UTM ESTE	COTA (m)	PROFUNDIDAD (m)	INCLINACIÓN RESPECTO A LA VERTICAL
SND-2	440121	824338	703.3	159.1	0

CUADRO DE ENSAYOS DE ROCA EN ESTADOS DE PRESIÓN

SONDAJE	UTM NOR	UTM ESTE	COTA (m)	PROFUNDIDAD (m)	INCLINACIÓN RESPECTO A LA VERTICAL
SND-2	440121	824338	703.3	159.1	0

CUADRO DE ENSAYOS DE ROCA EN ESTADOS DE PRESIÓN

SONDAJE	UTM NOR	UTM ESTE	COTA (m)	PROFUNDIDAD (m)	INCLINACIÓN RESPECTO A LA VERTICAL
SND-2	440121	824338	703.3	159.1	0



	0+00	0+50	0+150
PROGRESIVA			
LITOCODIA			
Tipo de suelo			
N ₆₀ (cm)			
SMBR			
Penetración SPT (cm)			
CALIDAD DE LA ROCA			
Resistencia a la compresión (MPa)			
Resistencia a la tracción (MPa)			
c Coeficiente (MPa)			
E Módulo de Elasticidad (MPa)			

APÉNDICE F

PLANOS GEOLÓGICO Y GEOMORFOLÓGICO DE LA ZONA DE EMBALSE

- **PLANTA DE UNIDADES GEOLÓGICAS DE LA ZONA DE EMBALSE**
- **PLANTA DE UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS DE LA ZONA DE EMBALSE**

Geological Map of the Tarma Region

Scale: 1:2,000,000

Legend:

- SIMBOLOGÍA**
 - Dextral
 - Estratificación
 - Falla
 - Pseudo Estratificación
 - Sinistral
 - Falla Inversa
 - Falla Normal
 - Anticlinal
 - Sinclinal
 - Anticlinal Inverso
 - Sinclinal Inverso
 - Falla Inducida
 - Lineamiento
 - Escarpa
- LEYENDA**
 - Sectores y/o Anexos
 - Verificadas Secciones Geológicas
 - Trocha Afirmada (TA-102)
 - Trocha Habitada
 - Trocha por Habitar
 - Rio y Confluente
 - Quedados secos
 - Via Nueva Propuesta
 - Curvas de Nivel Mayores (mnm)
 - Curvas de Nivel Menores (mnm)
 - CDM-OGI (1981)
 - CDM-OGI (2012)
 - CDM-OGI (2021)
 - SEVs (2020)
 - Lineas de Conductividad Propuestas
 - Presa Propuesta
 - Estimada Propuesta N.A.M.D.
 - Secciones Geológicas (SEVs)
 - Contacto Geológico
 - Cono Deyativo
 - Pedregos

Geological Units:

- CUATERNARIO**
 - Deposito Fluvio-Aluvial
 - Deposito Aluvial 2
 - Deposito Aluvial 1
 - Deposito Coluvial
- PLEISTOCENO**
 - Deposito Aluvial
- PLIOCENO**
 - Formación Mila
- MIOCENO**
 - Formación Huayllay
- CUATERNARIO**
 - Formación Maguey Superior
 - Formación Maguey Inferior
- PALEOCENO**
 - Formación Maguey Superior
 - Formación Maguey Inferior
- TRIÁSICO**
 - Formación Maguey Superior
 - Formación Maguey Inferior
- PERMIANO**
 - Formación Maguey Superior
 - Formación Maguey Inferior
- DEVONIANO**
 - Formación Maguey Superior
 - Formación Maguey Inferior
- ORDOVICIANO**
 - Formación Maguey Superior
 - Formación Maguey Inferior
- PRIMARIO**
 - Formación Maguey Superior
 - Formación Maguey Inferior
- SECUNDARIO**
 - Formación Maguey Superior
 - Formación Maguey Inferior
- TERCIARIO**
 - Formación Maguey Superior
 - Formación Maguey Inferior
- CUATERNARIO**
 - Formación Maguey Superior
 - Formación Maguey Inferior

Geological Features:

- ROCAS INTRUSIVAS Y SUBVOLCANICAS**
 - Dique Subvolcanico
 - Trasparentes, volcánicos, silíceos
 - Super Unidad Tardío
 - Volcánicos, silíceos, volcánicos

Geological Units:

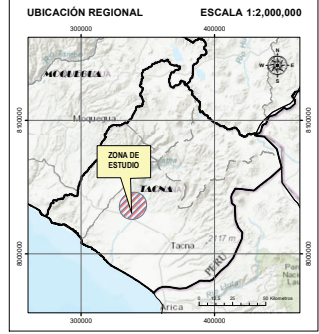
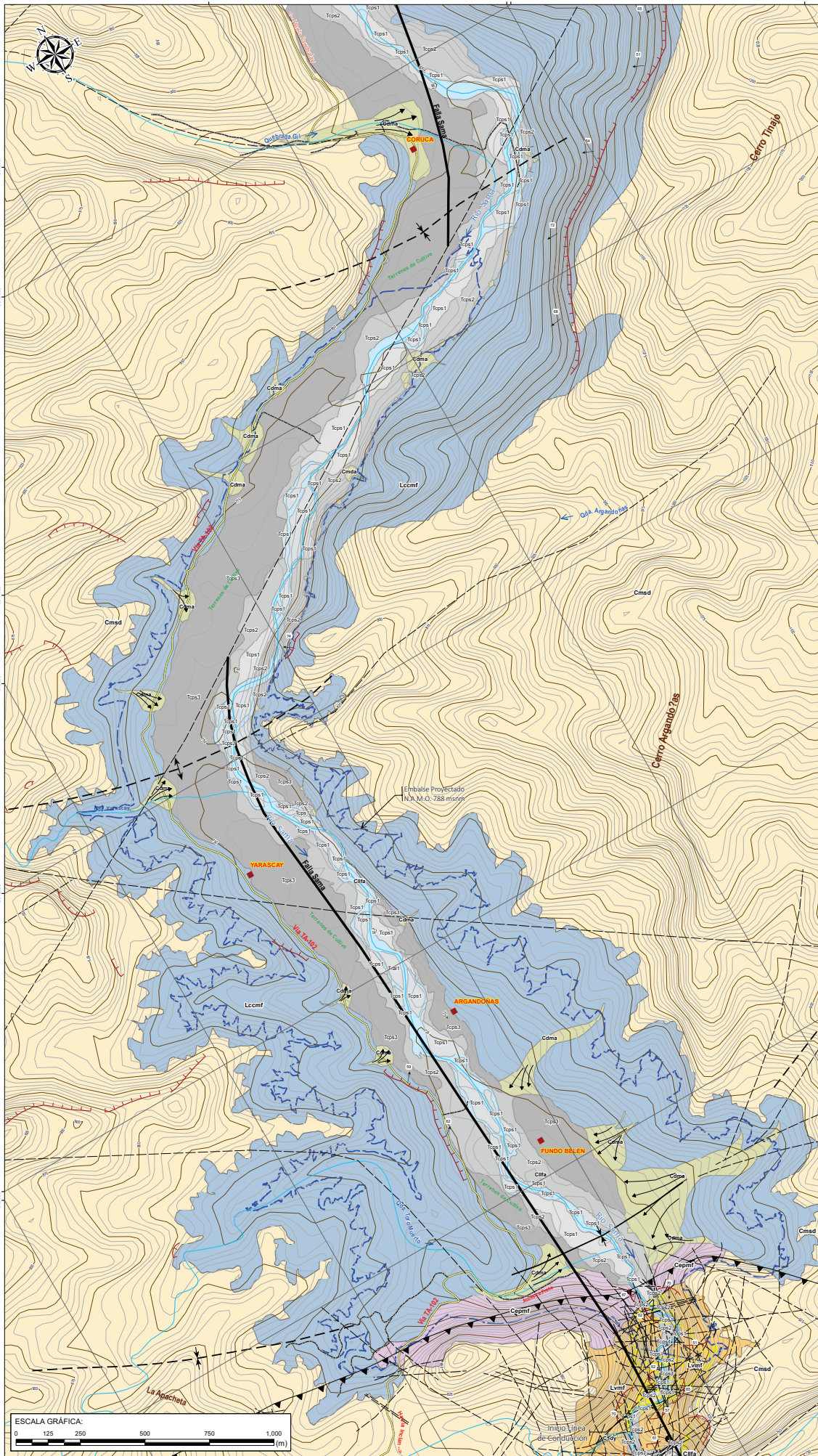
- CUATERNARIO**
 - Deposito Fluvio-Aluvial
 - Deposito Aluvial 2
 - Deposito Aluvial 1
 - Deposito Coluvial
- PLEISTOCENO**
 - Deposito Aluvial
- PLIOCENO**
 - Formación Mila
- MIOCENO**
 - Formación Huayllay
- CUATERNARIO**
 - Formación Maguey Superior
 - Formación Maguey Inferior
- PALEOCENO**
 - Formación Maguey Superior
 - Formación Maguey Inferior
- TRIÁSICO**
 - Formación Maguey Superior
 - Formación Maguey Inferior
- PERMIANO**
 - Formación Maguey Superior
 - Formación Maguey Inferior
- DEVONIANO**
 - Formación Maguey Superior
 - Formación Maguey Inferior
- ORDOVICIANO**
 - Formación Maguey Superior
 - Formación Maguey Inferior
- PRIMARIO**
 - Formación Maguey Superior
 - Formación Maguey Inferior
- SECUNDARIO**
 - Formación Maguey Superior
 - Formación Maguey Inferior
- TERCIARIO**
 - Formación Maguey Superior
 - Formación Maguey Inferior
- CUATERNARIO**
 - Formación Maguey Superior
 - Formación Maguey Inferior

Geological Features:

- ROCAS INTRUSIVAS Y SUBVOLCANICAS**
 - Dique Subvolcanico
 - Trasparentes, volcánicos, silíceos
 - Super Unidad Tardío
 - Volcánicos, silíceos, volcánicos


UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
ESCUELA DE POSTGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN GEOTECNIA

ASESOR:	DR. SAMUEL HUAQUISTO CÁCERES		PLANO N°: GLE-01
TESISTA:	BACH. EDWIN HILARIO CONDORI MAMANI		
DISEÑO:	ING. EDWIN HILARIO CONDORI MAMANI		
DIBUJO:	E.H.C.M.	ESCALA: INDICADA	
FECHA:	FEBRERO, 2026	CÓDIGO DE PLANO: PS-GGP-GLE-001	



LEYENDA

↑	Angulo de escarpe
■	Sectores y/o Anexos
—	Ríos y Quebradas
—	Escarpes
—	Estructuras Proyectadas
—	Quebradas Secas (tributarias)
—	Embalse Proyectado (NAMO)
—	Curvas de Nivel Mayores (mnm)
—	Curvas de Nivel Menores (mnm)
—	Línea de Conducción Proyectada

SIMBOLOGÍA

↗	Dextral	↖	Anticinal
↘	Esstratificación	↙	Sinclinal
—	Falla	—	Anticinal Inferio
—	Pseudo Estratificación	—	Sinclinal Inferio
↔	Sinistral	—	Falla Indicada
↔	Falla Inversa	—	Lineamiento
↔	Falla Normal	—	Escarpa

ZONIFICACIÓN GEOMORFOLÓGICA		
AMBIENTE	SUB AMBIENTE	UNIDAD
DENUDACIONAL	Laderas de Colinas Sedimentarias degradacionales	Lccmf Laderas de colinas conglomeradas disectada con pendiente muy fuerte (>45°)
	Colinas Volcánicas Sedimentarias medias disectadas por quebradas o drenaje dendrítico	Cdma Colina media de depósitos fluvio aluvial, edólicos y/o sedimentos volcánicos. (tomadas)
FLUVIAL	Albanico Aluvial	Cdma Cono de deyección de material aluvial en desembocadura de quebrada.
	Terraza Aluvial	Topo1 Terrazas de cauce principal río Sama, presenta vegetación, de actividad fluvial excepcional. (1 er. Orden)
		Topo2 Terrazas de cauce principal río Sama, presenta vegetación, de actividad fluvial excepcional. (2 do. Orden)
		Topo3 Terrazas de cauce principal río Sama, presenta vegetación, de actividad fluvial excepcional. (3 er. Orden)
	Cauce y llanura de inundación del río Sama	Cdma Cauce y llanura de inundación fluvio aluvial.
VOLCÁNICO	Colinas Volcánicas erosionales.	Lccmf Laderas muy fracturadas con pendiente muy fuerte (>45°)
ESTRUCTURAL	Colina Estructural de roca intrusiva.	Cdma Colina de pendiente muy fuerte de roca dura y/o monoclina mayor a 50° en la parte superior de las colinas.

APÉNDICE G

PLANO GEOTÉCNICO DE LA CANTERA “RÍO SAMA”

APÉNDICE H

CUADRO RESUMEN DE RESULTADOS DE ANÁLISIS DE MECÁNICA DE SUELOS



UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA

Escuela de Postgrado

MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN GEOTECNIA

TESIS : APLICACIÓN DE LA CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA EN EL DISEÑO DE LA PRESA SAMA EN EL DISTRITO DE INCLÁN, TACNA

MAESTRANTE : EDWIN HILARIO CONDORI MAMANI

ASESOR : DR. SAMUEL HUAQUISTO CÁCERES

CUADRO RESUMEN DE ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELOS EN LA CANTERA RÍO SAMA (CAUCE)

ENSAYOS DE LABORATORIO		CALICATAS													
		CRS-01	CRS-02	CRS-03	CRS-04	CRS-05	CRS-06	CRS-07	CRS-08	CRS-09	CRS-10	CRS-11	CRS-12	CRS-13	CRS-14
Clasificación Unificada de los Suelos (SUCS)		SC	SC	GP-GC	SC	SP	GP-GM	GP	GP	GP	GP	GP	GP	GP	GP
Contenido de humedad		19.92%	15.94%	10.01%	31.60%	24.96%	10.88%	21.97%	22.79%	20.68%	20.57%	19.68%	22.24%	22.51%	21.47%
Limite Líquido		35.55%	28.47%	30.57%	33.85%	21.10%	22.84%	18.41%	18.85%	19.25%	19.09%	19.32%	18.95%	18.38%	18.43%
Limite Plástico		26.20%	20.66%	21.89%	23.47%	N.P.	20.24%	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
Índice de Plasticidad		9.35%	7.81%	8.68%	10.38%	N.P.	2.60%	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
Proctor Modificado	Máxima Densidad Seca (M.D.S.)	1.686 gr/cm ³	-	1.955 gr/cm ³	-	1.877 gr/cm ³	-	1.971 gr/cm ³	-	-	1.981 gr/cm ³	-	1.931 gr/cm ³	-	-
	Contenido Óptimo de Humedad	12.43%	-	10.29%	-	5.31%	-	4.94%	-	-	5.41%	-	5.20%	-	-
Proctor Estándar	Máxima Densidad Seca (M.D.S.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Contenido Óptimo de Humedad	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Densidad In Situ	Suelo Húmedo	1.573 gr/cm ³	1.596 gr/cm ³	1.949 gr/cm ³	1.632 gr/cm ³	2.101 gr/cm ³	2.008 gr/cm ³	2.310 gr/cm ³	2.335 gr/cm ³	2.281 gr/cm ³	2.294 gr/cm ³	2.266 gr/cm ³	2.318 gr/cm ³	2.337 gr/cm ³	2.323 gr/cm ³
	Seca en Campo	1.311 gr/cm ³	1.376 gr/cm ³	1.771 gr/cm ³	1.240 gr/cm ³	1.681 gr/cm ³	1.811 gr/cm ³	1.894 gr/cm ³	1.902 gr/cm ³	1.890 gr/cm ³	1.902 gr/cm ³	1.893 gr/cm ³	1.896 gr/cm ³	1.907 gr/cm ³	1.913 gr/cm ³
Corte Directo	Cohesión (c)	Maximo	-	0.118 gr/cm ²	-	-	-	-	-	-	0.040 gr/cm ²	-	-	-	-
		Residual	-	0.079 gr/cm ²	-	-	-	-	-	-	0.009 gr/cm ²	-	-	-	-
	Ángulo de fricción (φ)	Maximo	-	30.37 °	-	-	-	-	-	-	33.12 °	-	-	-	-
Peso Específico Retenido Malla N°4	Residual	-	-	27.54 °	-	-	-	-	-	-	31.67 °	-	-	-	-
	Peso Específico Retenido Malla N°4	2.588 gr/cm ³	-	2.592 gr/cm ³	-	2.530 gr/cm ³	-	-	-	-	2.566 gr/cm ³	-	-	-	-
Peso Específico Pasante Malla N°4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Densidad Mínima	1.246 gr/cm ³	-	1.527 gr/cm ³	-	1.480 gr/cm ³	-	1.775 gr/cm ³	-	-	1.767 gr/cm ³	-	1.836 gr/cm ³	-	-
Contenido de Materia Orgánica	-	-	-	0.62	-	-	-	-	-	-	0.52	-	-	-	-
	Abrasión Los Angeles	-	-	15.57%	-	-	15.51%	15.49%	-	-	14.92%	-	-	-	-



UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA

Escuela de Postgrado

MAESTRIA EN INGENIERIA CIVIL CON MENCION EN GEOTECNIA

TESIS : APLICACIÓN DE LA CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA EN EL DISEÑO DE LA PRESA SAMA EN EL DISTRITO DE INCLÁN, TACNA

MAESTRANTE : EDWIN HILARIO CONDORI MAMANI

ASESOR : DR. SAMUEL HUAQUISTO CÁCERES

CUADRO RESUMEN DE ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELOS EN LA CANTERA RÍO SAMA (CAUCE)

ENSAYOS DE LABORATORIO		CALICATAS													
		CRS-15	CRS-16	CRS-17	CRS-18	CRS-19	CRS-20	CRS-21	CRS-22	CRS-23	CRS-24	CRS-25	CRS-26	CRS-27	CRS-28
Clasificación Unificada de los Suelos (SUCS)		GP	GP	GP	GP	GP	GP	GP	GP	GP	GP	GP	GP	GP	GP
Contenido de humedad		21.16%	22.08%	22.94%	22.87%	22.11%	20.12%	20.71%	20.04%	20.81%	18.90%	18.54%	17.74%	18.75%	18.38%
Limite Líquido		18.79%	18.30%	18.35%	17.90%	18.91%	18.47%	18.83%	18.95%	18.90%	19.23%	18.93%	19.07%	18.26%	19.07%
Limite Plástico		N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
Índice de Plasticidad		N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
Proctor Modificado	Máxima Densidad Seca (M.D.S.)	1.964 gr/cm ³	-	1.974 gr/cm ³	-	-	1.963 gr/cm ³	-	-	1.959 gr/cm ³	-	1.965 gr/cm ³	-	-	1.984 gr/cm ³
	Contenido Óptimo de Humedad	4.94%	-	5.48%	-	-	5.25%	-	-	5.54%	-	4.78%	-	-	5.46%
	Máxima Densidad Seca (M.D.S.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Proctor Estándar		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Contenido Óptimo de Humedad		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Densidad In Situ	Suelo Húmedo	2.288 gr/cm ³	2.338 gr/cm ³	2.314 gr/cm ³	2.292 gr/cm ³	2.341 gr/cm ³	2.308 gr/cm ³	2.308 gr/cm ³	2.257 gr/cm ³	2.291 gr/cm ³	2.291 gr/cm ³	2.272 gr/cm ³	2.222 gr/cm ³	2.260 gr/cm ³	2.223 gr/cm ³
	Seca en Campo	1.889 gr/cm ³	1.915 gr/cm ³	1.882 gr/cm ³	1.866 gr/cm ³	1.918 gr/cm ³	1.921 gr/cm ³	1.912 gr/cm ³	1.880 gr/cm ³	1.887 gr/cm ³	1.927 gr/cm ³	1.916 gr/cm ³	1.887 gr/cm ³	1.903 gr/cm ³	1.878 gr/cm ³
	Cohesión (c)	0.050 gr/cm ²	-	-	-	0.044 gr/cm ²	-	-	-	0.068 gr/cm ²	-	-	-	-	-
Corte Directo	Residual	0.008 gr/cm ²	-	-	-	0.014 gr/cm ²	-	-	-	0.049 gr/cm ²	-	-	-	-	-
	Ángulo de fricción (φ)	32.57 °	-	-	-	33.59 °	-	-	-	32.91 °	-	-	-	-	-
	Residual	29.34 °	-	-	-	31.08 °	-	-	-	31.87 °	-	-	-	-	-
Peso Específico Retenido Malla N°4		2.603 gr/cm ³	-	-	-	-	2.627 gr/cm ³	-	-	-	-	2.608 gr/cm ³	-	-	-
Peso Específico Pasante Malla N°4		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Densidad Mínima		1.781 gr/cm ³	-	1.743 gr/cm ³	-	-	1.849 gr/cm ³	-	-	1.799 gr/cm ³	-	1.829 gr/cm ³	-	-	1.731 gr/cm ³
Contenido de Materia Orgánica		-	-	-	-	-	0.55	-	-	-	-	-	-	-	-
Abrasión Los Angeles		15.19%	-	-	-	-	14.88%	-	-	15.31%	-	-	-	-	-



UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA

Escuela de Postgrado

MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN GEOTECNIA

TESIS : APLICACIÓN DE LA CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA EN EL DISEÑO DE LA PRESA SAMA EN EL DISTRITO DE INCLÁN, TACNA

MAESTRANTE : EDWIN HILARIO CONDORI MAMANI

ASESOR : DR. SAMUEL HUAQUISTO CÁCERES

CUADRO RESUMEN DE ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELOS EN LA CANTERA RÍO SAMA (CAUCE)

ENSAYOS DE LABORATORIO		CALICATAS													
		CRS-29	CRS-30	CRS-31	CRS-32	CRS-33	CRS-34	CRS-35	CRS-36	CRS-37	CRS-38	CRS-39	CRS-40	CAC-01	CAC-02
		GP	GP	GP	GP	GP	GP	GP	GP	GP	GP	GP	GP	GW	GW
Clasificación Unificada de los Suelos (SUCS)	Contenido de humedad	18.45%	19.01%	19.80%	21.73%	19.64%	19.55%	21.30%	20.21%	19.60%	19.70%	20.85%	19.34%	1.78%	1.85%
	Límite Líquido	18.69%	18.90%	18.05%	18.99%	19.21%	17.90%	18.19%	18.41%	18.02%	18.31%	18.18%	18.15%	13.31%	13.78%
	Límite Plástico	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
	Índice de Plasticidad	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
Proctor Modificado	Máxima Densidad Seca (M.D.S.)	-	1.954 gr/cm3	-	-	1.965 gr/cm3	-	1.966 gr/cm3	-	-	1.973 gr/cm3	-	1.957 gr/cm3	1.995 gr/cm3	-
	Contenido Óptimo de Humedad	-	5.25%	-	-	5.34%	-	5.14%	-	-	5.12%	-	5.09%	7.34%	-
Proctor Estándar	Máxima Densidad Seca (M.D.S.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Contenido Óptimo de Humedad	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Densidad In Situ	Suelo Húmedo	2.273 gr/cm3	2.213 gr/cm3	2.303 gr/cm3	2.348 gr/cm3	2.272 gr/cm3	2.294 gr/cm3	2.274 gr/cm3	2.269 gr/cm3	2.284 gr/cm3	2.244 gr/cm3	2.291 gr/cm3	2.233 gr/cm3	1.961 gr/cm3	1.966 gr/cm3
	Seca en Campo	1.919 gr/cm3	1.860 gr/cm3	1.922 gr/cm3	1.929 gr/cm3	1.899 gr/cm3	1.919 gr/cm3	1.875 gr/cm3	1.887 gr/cm3	1.910 gr/cm3	1.874 gr/cm3	1.895 gr/cm3	1.872 gr/cm3	1.926 gr/cm3	1.931 gr/cm3
Corte Directo	Cohesión (c)	-	0.063 gr/cm2	-	-	-	-	0.054 gr/cm2	-	-	-	-	0.065 gr/cm2	0.049 gr/cm2	-
		-	0.026 gr/cm2	-	-	-	-	0.020 gr/cm2	-	-	-	-	0.045 gr/cm2	0.020 gr/cm2	-
	Ángulo de fricción (φ)	-	31.87 °	-	-	-	-	32.33 °	-	-	-	-	32.19 °	33.73 °	-
		-	30.93 °	-	-	-	-	-	31.14 °	-	-	-	-	30.79 °	27.54 °
Peso Especifico Retenido Malla N°4			2.613 gr/cm3			-	-	2.642 gr/cm3	-	-	-	-	2.649 gr/cm3	2.625 gr/cm3	-
Peso Especifico Pasante Malla N°4			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Densidad Mínima		-	1.727 gr/cm3	-	-	1.802 gr/cm3	-	1.737 gr/cm3	-	-	1.711 gr/cm3	-	1.751 gr/cm3	1.879 gr/cm3	-
Contenido de Materia Orgánica		-	-	-	-	-	-	0.55	-	-	-	-	0.53	-	-
Abrasión Los Angeles		-	14..74%	-	-	-	-	14.14%	-	-	-	-	14.50%	15.49%	-



UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA

Escuela de Postgrado

MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN GEOTECNIA

TESIS : APLICACIÓN DE LA CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA EN EL DISEÑO DE LA PRESA SAMA EN EL DISTRITO DE INCLÁN, TACNA

MAESTRANTE : EDWIN HILARIO CONDORI MAMANI

ASESOR : DR. SAMUEL HUAQUISTO CÁCERES

CUADRO RESUMEN DE RESULTADOS DE PARAMETROS DE RESISTENCIA DE BLOQUES DE ROCA DEL CAUCE DEL RIO SAMA

MUESTRA	COORDENADAS UTM WGS-84		PROPIEDADES FISICAS		NOMBRE DE LA ROCA	PARAMETROS DE RESISTENCIA	
	ESTE (m)	NORTE (m)	σci (MPa)	Em (MPa)		c (MPa)	ø (°)
M-01	343849	8043729	93.69	22945.15	Andesita Basaltica	8.392	43.88
M-02	343865	8043698	122.96	30113.52	Andesita	10.442	41.34
M-03	343879	8043688	119.43	29249.01	Basalto	10.697	43.88
M-04	343893	8043677	111.55	27319.15	Traquiandesita	9.791	42.96
M-05	343900	8043664	104.72	34195.27	Granodiorita	9.815	45.81
M-06	343890	8043666	136.73	33485.86	Cuarcita	12.25	43.88

APÉNDICE I

CUADRO RESUMEN DE RESULTADOS DE ANÁLISIS DE MECÁNICA DE ROCAS Y CAPACIDADES ADMISIBLES EN MACIZOS



UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA

Escuela de Postgrado

MAESTRIA EN INGENIERIA CIVIL CON MENCIÓN EN GEOTECNIA

TESIS : APLICACIÓN DE LA CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA EN EL DISEÑO DE LA PRESA SAMA EN EL DISTRITO DE INCLÁN, TACNA

MAESTRANTE : EDWIN HILARIO CONDORI MAMANI

ASESOR : DR. SAMUEL HUAQUISTO CÁCERES

CUADRO DE RESUMEN DE VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R)

ITEM	CÓDIGO DE ESTACIÓN GEOMECÁNICA	COORDENADAS UTM WGS - 84		ESTRUCTURA PROYECTADA			DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA	R.M.R.	DESCRIPCIÓN GEOMECÁNICA
		ESTE	NORTE	ESTRUCTURA	ESTRIBO	ESTRUCTURA			
1	EGTD - 01	343939	8043375	TUNEL DE DESVIO/ESTRIBO	DERECHO	PRESA	Adamellita / Andesita Samanape		III - REGULAR
2	EGTD - 02	343958	8043312	TUNEL DE DESVIO	DERECHO	PRESA	Andesita Samanape		III - REGULAR
3	EGTD - 03	343914	8043291	TUNEL DE DESVIO	DERECHO	PRESA	Andesita - Latita	39	IV - MALA
4	EGTD - 04 - A	343878	8043312	TUNEL DE DESVIO	DERECHO	PRESA	Andesita - Latita	38	IV - MALA
5	EGTD - 04 - B	343891	8043281	TUNEL DE DESVIO	DERECHO	PRESA	Traquiandesita	45	III - REGULAR
6	EGTD - 05	343874	8043252	TUNEL DE DESVIO	DERECHO	PRESA	Andesita	42	III - REGULAR
7	EGTD - 06	343883	8043178	TUNEL DE DESVIO	DERECHO	PRESA	Monzodiorita	48	III - REGULAR
8	EGTD - 07	343736	8043058	TUNEL DE DESVIO	DERECHO	PRESA	Andesita		III - REGULAR
9	EGTD - 08	343682	8043043	TUNEL DE DESVIO	DERECHO	PRESA	Monzodiorita	41	III - REGULAR
10	EGTD - 09	343651	8042986	TUNEL DE DESVIO	DERECHO	PRESA	Traquiandesita	55	III - REGULAR
11	EGTA - 01	343774	8042794	TUNEL DE ALIVIADERO	IZQUIERDO	PRESA	Monzodiorita	41	III - REGULAR
12	EGTA - 02	343914	8043123	TUNEL DE ALIVIADERO	IZQUIERDO	PRESA	Traquiandesita	38	IV - MALA
13	EGTA - 03	344028	8043112	TUNEL DE ALIVIADERO	IZQUIERDO	PRESA	Andesita	37	IV - MALA
14	EGTA - 04	344075	8043115	TUNEL DE ALIVIADERO	IZQUIERDO	PRESA	Andesita	41	IV - MALA
15	EGTA - 05	343993	8043424	ESTRIBO DE PRESA	IZQUIERDO	PRESA	Monzodiorita	45	III - REGULAR
16	EGTA - 06	344143	8043066	TUNEL DE ALIVIADERO	IZQUIERDO	PRESA	Andesita		IV - MALA
17	EGTA - 07	344155	8043068	TUNEL DE ALIVIADERO	IZQUIERDO	PRESA	Traquiandesita	45	III - REGULAR
18	EGTA - 08	344185	8043056	TUNEL DE ALIVIADERO	IZQUIERDO	PRESA	Andesita	39	IV - MALA
19	EGCS	343742	8042715	CANTERA DE ROCA SAMA/ENROCADO DE PROTECCIÓN Y ESPALDON CFRD	IZQUIERDO	CANTERA	Andesita	46	III - REGULAR



CUADRO RESUMEN DE PROPIEDADES GEOTÉCNICAS DE LAS ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACIÓN	COORDENADAS UTM WGS-84		PROPIEDADES FÍSICAS					CRITERIO DE HOEK & BROWN			PARAMETROS DE RESISTENCIA		
	ESTE (m)	NORTE (m)	PESO ESPECÍFICO g/cm3	RQD		RMR	σci (MPa)	Em (MPa)	mb	s	a	c (MPa)	Ø (°)
					%								
EGTD - 01	343939	8043375	2.65	25-50	42	51.41	8395.88	3.007	0.0067	0.504	3.116	35.5	
EGTD - 02	343958	8043312	2.61	25-50	36	14.33	2340.26	3.007	0.0067	0.504	0.868	35.5	
EGTD - 03	343914	8043291	2.55	<25	29	55.64	9086.69	3.007	0.0067	0.504	3.372	35.5	
EGTD - 04 - A	343878	8043312	2.68	<25	29	63.54	10376.86	3.007	0.0067	0.504	3.851	35.5	
EGTD - 04 - B	343891	8043281	-	25-50	37	-	-	-	-	-	-	-	
EGTD - 05	343874	8043252	2.63	25-50	31	48.13	7860.22	3.007	0.0067	0.504	2.917	35.5	
EGTD - 06	343883	8043178	2.6	50-75	39	49.67	8111.72	3.007	0.0067	0.504	3.01	35.5	
EGTD - 07	343736	8043058	2.3	50-75	47	46.58	7607.08	3.007	0.0067	0.504	2.823	35.5	
EGTD - 08	343682	8043043	2.68	25-50	36	47.25	7716.5	3.007	0.0067	0.504	2.863	35.5	
EGTD - 09	343651	8042986	2.53	50-75	49	58.23	9509.67	3.007	0.0067	0.504	3.529	35.5	
EGTA - 01	343774	8042794	2.67	45	38	38.47	6282.62	3.007	0.0067	0.504	2.331	35.5	
EGTA - 02	343914	8043123	2.59	25-50	36	33.63	5492.19	3.007	0.0067	0.504	2.038	35.5	
EGTA - 03	344028	8043112	2.71	<25	26	22.35	3650.03	3.007	0.0067	0.504	1.354	35.5	
EGTA - 04	344075	8043115	2.63	<25	34	31.1	5079.01	3.007	0.0067	0.504	1.865	35.5	
EGTA - 05	343993	8043424	2.61	25-50		58.32	9524.37	3.007	0.0067	0.504	3.354	35.5	
EGTA - 06	344143	8043066	2.7	<25	32	31.6	5160.67	3.007	0.0067	0.504	1.915	35.5	
EGTA - 07	344155	8043068	2.6	25-50	41	51.6	8426.91	3.007	0.0067	0.504	3.127	35.5	
EGTA - 08	344185	8043056	2.52	<25	31	40.71	6648.44	3.007	0.0067	0.504	2.467	35.5	
EGCS	343742	8042715	2.5	25-50	-	39.58	6643.9	3.007	0.0067	0.504	2.399	35.5	
EGEA-01	344028	8043377	2.48	-	-	46.31	7562.99	3.007	0.0067	0.504	2.806	35.5	
EG - 01	343914	8043129	2.58	55	40	133.38	21782.59	3.007	0.0067	0.504	8.083	35.5	
EG - 02	343960	8043144	2.72	60	46	73.6	12019.78	3.007	0.0067	0.504	4.46	35.5	
EG - 03	343992	8043124	2.74	58	44	82.38	13453.66	3.007	0.0067	0.504	4.992	35.5	
EG - 04	344058	8043128	-	45	45	-	-	-	-	-	-	-	
EG - 05	344117	8043164	-	56	44	-	-	-	-	-	-	-	
EG - 06	344121	8043295	-	62	41	-	-	-	-	-	-	-	
EG - 07	343877	8043507	-	55	45	-	-	-	-	-	-	-	
EG - 08	343905	8043221	2.62	54	42	108.87	17779.8	3.007	0.0067	0.504	6.598	35.5	
EG - 09	343813	8043089	-	-	47	-	-	-	-	-	-	-	
EG - 10	343873	8043238	-	56	44	-	-	-	-	-	-	-	
EG - 11	343831	8043283	-	47	45	-	-	-	-	-	-	-	
EG - 12	343930	8043383	-	64	45	-	-	-	-	-	-	-	



UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA

Escuela de Postgrado

MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN GEOTECNIA

TESIS : APLICACIÓN DE LA CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA EN EL DISEÑO DE LA PRESA SAMA EN EL DISTRITO DE INCLÁN, TACNA

MAESTRANTE : EDWIN HILARIO CONDORI MAMANI

ASESOR : DR. SAMUEL HUAQUISTO CÁCERES

CUADRO RESUMEN DE CAPACIDAD ADMISIBLE EN MACIZO ROCOSO EN ESTACIONES GEOMECÁNICAS Y TALADROS

(Basado en el método de Serrano y Olalla, 2001)

Estación	Nombre de Roca	RMR Corregido (Bieniawsky, 1989)	Clase de roca	MPa σ_{ci}	qadm (kg/cm ²)	Factor de Seguridad F.S.
EGTD-01	Monzodiorita	42	III	51.41	15.47	75.00
EGTD-02	Monzodiorita	36	IV	14.33	12.49	30.00
EGTD-03	Andesita	29	IV	63.54	13.58	70.00
EGTD-04A	Andesita	29	IV	48.13	12.77	60.00
EGTD-05	Andesita	31	IV	48.13	12.85	62.50
EGTD-06	Monzodiorita	41	III	49.67	17.19	60.00
EGTD-07	Andesita	47	III	46.58	18.48	62.50
EGTD-08	Andesita	36	IV	47.25	14.54	60.00
EGTD-09	Andesita	49	III	58.23	19.46	75.00
EGTA-01	Andesita	38	IV	38.47	13.40	60.00
EGTA-02	Andesita	36	IV	33.63	13.75	50.00
EGTA-03	Andesita	26	IV	22.35	13.86	30.00
EGTA-04	Andesita	34	IV	31.10	10.34	60.00
EGTA-05	Monzodiorita	43	III	58.32	16.72	75.00
EGTA-06	Andesita	32	IV	31.60	10.23	60.00
EGTA-07	Andesita	41	III	51.60	14.78	75.00
EGTA-08	Andesita	31	IV	40.71	11.60	60.00
EG-01	Andesita	40	IV	133.38	13.42	175.00
EG-02	Andesita	46	III	73.60	18.13	90.00
EG-03	Andesita	44	III	82.38	18.59	90.00
EG-04	Andesita	45	III	50.60	18.42	62.50
EG-05	Andesita	44	III	49.41	14.46	75.00
EG-06	Andesita	41	III	48.67	14.80	60.00
EG-07	Andesita	45	III	51.10	18.60	62.50
EG-08	Andesita	42	III	108.87	13.10	175.00
EG-09	Andesita	47	III	57.23	18.09	75.00
EG-10	Andesita	44	III	49.60	15.38	75.00
EG-11	Andesita	45	III	52.60	15.96	75.00
EG-12	Andesita	45	III	50.10	15.88	75.00
EGST-01 (**)	Andesita	10	V	22.27	7.80	20.00
TA-01 -A (*)	Andesita	64	II	49.21	24.87	90.00
TA-01 -B (*)	Andesita	5	V	22.27	5.98	20.00
PLINTO (***)	Andesita	52	III	38.3	19.37	75.00

Note:

(*) tramo inicial de ingreso al aliviadero en tramo no favorable

(**) tramo inicial de ingreso al aliviadero en tramo favorable

(***) Profundidad del plinto recomendado.



UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA

Escuela de Postgrado

MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN GEOTECNIA

TESIS : APLICACIÓN DE LA CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA EN EL DISEÑO DE LA PRESA SAMÁ EN EL DISTRITO DE INCLÁN, TACNA

MAESTRANTE : EDWIN HILARIO CONDORI MAMANI

ASESOR : DR. SAMUEL HUAQUISTO CÁCERES

CUADRO DE RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS DE RESISTENCIA Y DEFORMACIÓN DEL MACIZO ROCOSO (Software RocData v4.0) DE MUESTRAS DE TALADROS DIAMANTINOS

TALADRO	ESTRUCTURA	MUESTRA	COTA	TIPO DE ROCA	ÍNDICE DE CALIDAD DE LA ROCA		CLASIFICACIÓN DEL MACIZO ROCOSO		RESISTENCIA A LA TRACCIÓN		COMPRESIÓN UNIAxIAL INTACTA		CLASIFICACIÓN DE HOEK-BROWN				COHESIÓN	ÁNGULO DE FRICCIÓN	MÓDULO DE YOUNG DEL MACIZO ROCOSO	
					ROD (Deere, 1948)	(%)	RMR (1989)	CAIDAD DE LA ROCA	σ_t	Mpa	σ_{ci}	Mpa	MR	D	GSI	mi	c	ϕ	Erm	Mpa
TS-02	EJE DE PUNTO	CO-10	687.7	ANDESITA	40		52	REGULAR	29.39		38.3		400	0	55	15	2.321	35.5	6254.86	
		CO-11	648	MONZODIORITA	78		61	BUENA	18.75		21.47		400	0	55	15	1.301	35.5	3506.31	
		CO-12	663.58	MONZODIORITA	83		63	BUENA	18.72		14.06		400	0	55	15	0.852	35.5	2298.17	
		CO-13	661.37	MONZODIORITA	79		63	BUENA	26.73		10.11		400	0	55	15	0.613	35.5	1651.09	
		CO-14	654.46	MONZODIORITA	24		43	REGULAR	33.33		16.84		400	0	55	15	1.021	35.5	2750.18	
		CO-15	685.5	ANDESITA	64		53	REGULAR	28.96		38.38		400	0	55	15	2.326	35.5	6267.92	
		CO-16	684.8	ANDESITA	64		53	REGULAR	32.67		29.66		400	0	55	15	1.797	35.5	4843.84	
SDY-01	EJE DE PRESA	CO-17	682.52	ANDESITA	55		49	REGULAR	25.1		16.13		400	0	55	15	0.978	35.5	2634.23	
		SDY-01 - 18.5	681.5	ANDESITA	27.67		-	-	-		88.85		400	0	55	15	5.384	35.5	14510.29	
		SDY-02 - 43.3	656.7	DIQUE DACITA	35		-	-	-		33.19		400	0	55	15	2.011	35.5	5420.33	
		SDY-01 - 78.2	621.8	SIENITA (MONZODIORITA)	56		-	-	-		55.94		400	0	55	15	3.390	35.5	9135.69	
		SDY-01 - 89.2	610.8	ANDESITA	91.67		-	-	-		68.36		400	0	55	15	4.143	35.5	11164.02	
		SDY-01 - 113.3	586.7	SIENITA (MONZODIORITA)	90		-	-	-		100.94		400	0	55	15	6.117	35.5	14484.74	
		SDY-02 - 6.82	696.18	SIENITA (MONZODIORITA)	53.3		-	-	-		63.92		400	0	60	15	3.874	35.5	10438.92	
SDY-02	EJE DE PUNTO	SDY-02 - 24	679	SIENITA (MONZODIORITA)	60		-	-	-		112.98		400	0	55	15	6.847	35.5	18451.02	
		SDY-02 - 73	630	SIENITA (MONZODIORITA)	93.33		-	-	-		28.87		400	0	55	15	1.750	35.5	4714.82	
		SDY-02 - 102.7	600.3	SIENITA (MONZODIORITA)	53.33		-	-	-		30.25		400	0	55	15	1.833	35.5	4940.20	
		SDY-02 - 154.4	548.6	DIQUE TRAQUIANDESITA	55		-	-	-		26.36		400	0	55	15	1.597	35.5	4304.91	

APÉNDICE J

REPORTES DE ANÁLISIS DE

ESTABILIDAD DE TALUDES

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: TALUD AGUAS ARRIBA AL FINAL DE LA CONSTRUCCION - ESTATICO
 Slide Modeler Version: 6.005
 Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
 Date Created: 1/03/2026, 22:28:00

General Settings

Units of Measurement: Metric Units
 Time Units: days
 Permeability Units: meters/second
 Failure Direction: Right to Left
 Data Output: Standard
 Maximum Material Properties: 20
 Maximum Support Properties: 20

Analysis Options

Analysis Methods Used

Bishop simplified
 GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine
 Janbu corrected
 Spencer

Number of slices: 25
 Tolerance: 0.005
 Maximum number of iterations: 50
 Check malpha < 0.2: Yes
 Initial trial value of FS: 1
 Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method: Water Surfaces
 Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
 Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

Pseudo-random Seed: 10116
 Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options

Surface Type: Circular
 Search Method: Grid Search
 Radius Increment: 10
 Composite Surfaces: Disabled
 Reverse Curvature: Create Tension Crack
 Minimum Elevation: Not Defined
 Minimum Depth: Not Defined

Material Properties

	Pantalla de	Zona de filtro	Zona de	Zona	Zona de	Relleno		Zona de
--	-------------	----------------	---------	------	---------	---------	--	---------

	concreto	2A	transición 2B	Intermedia 3A	enrocado 3B	fluvio-aluvial		Confinamiento 1B
Color								
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	24	17.66	18.63	21.65	22.46	20	26	17.09
Cohesion [kPa]	2800	2	1	2	0	0	4500	20
Friction Angle [deg]	20	28	35	38	42	34	35.5	30
Water Surface	None	None	None	None	None	None	None	None
Ru Value	0	0	0	0	0	0	0	0

Property	Zona de Impermeabilización
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	15.08
Cohesion [kPa]	36.48
Friction Angle [deg]	27.42
Water Surface	None
Ru Value	0

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 1.610770
Center: 346433.270, 8041580.397
Radius: 155.091
Left Slip Surface Endpoint: 346444.233, 8041425.694
Right Slip Surface Endpoint: 346567.503, 8041502.715
Resisting Moment=5.3603e+006 kN-m
Driving Moment=3.32779e+006 kN-m

Method: janbu corrected

FS: 1.587570
Center: 346433.270, 8041580.397
Radius: 155.091
Left Slip Surface Endpoint: 346444.233, 8041425.694
Right Slip Surface Endpoint: 346567.503, 8041502.715
Resisting Horizontal Force=30101.8 kN
Driving Horizontal Force=18961 kN

Method: spencer

FS: 1.579000
Center: 346433.270, 8041580.397
Radius: 155.091
Left Slip Surface Endpoint: 346444.233, 8041425.694
Right Slip Surface Endpoint: 346567.503, 8041502.715
Resisting Moment=5.25457e+006 kN-m
Driving Moment=3.32779e+006 kN-m
Resisting Horizontal Force=28819.6 kN
Driving Horizontal Force=18251.9 kN

Method: gle/morgenstern-price

FS: 1.603350
Center: 346408.355, 8041637.885
Radius: 215.537
Left Slip Surface Endpoint: 346443.553, 8041425.241
Right Slip Surface Endpoint: 346575.372, 8041501.644
Resisting Moment=7.49178e+006 kN-m
Driving Moment=4.67257e+006 kN-m
Resisting Horizontal Force=30147.9 kN

Driving Horizontal Force=18803 kN

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 4662
 Number of Invalid Surfaces: 189

Error Codes:

Error Code -100 reported for 3 surfaces
 Error Code -102 reported for 69 surfaces
 Error Code -103 reported for 9 surfaces
 Error Code -105 reported for 108 surfaces

Method: janbu corrected

Number of Valid Surfaces: 4545
 Number of Invalid Surfaces: 306

Error Codes:

Error Code -100 reported for 3 surfaces
 Error Code -102 reported for 69 surfaces
 Error Code -103 reported for 9 surfaces
 Error Code -105 reported for 108 surfaces
 Error Code -108 reported for 117 surfaces

Method: spencer

Number of Valid Surfaces: 3626
 Number of Invalid Surfaces: 1225

Error Codes:

Error Code -100 reported for 3 surfaces
 Error Code -102 reported for 69 surfaces
 Error Code -103 reported for 9 surfaces
 Error Code -105 reported for 108 surfaces
 Error Code -108 reported for 701 surfaces
 Error Code -111 reported for 335 surfaces

Method: gle/morgenstern-price

Number of Valid Surfaces: 3798
 Number of Invalid Surfaces: 1053

Error Codes:

Error Code -100 reported for 3 surfaces
 Error Code -102 reported for 69 surfaces
 Error Code -103 reported for 9 surfaces
 Error Code -105 reported for 108 surfaces
 Error Code -108 reported for 541 surfaces
 Error Code -111 reported for 323 surfaces

Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

- 100 = Both surface / slope intersections are on the same horizontal surface. In general, this will give a very high or infinite factor of safety (zero driving force), if calculated.
- 102 = Two surface / slope intersections, but resulting arc is actually outside soil region.
- 103 = Two surface / slope intersections, but one or more surface / nonslope external polygon intersections lie between them. This usually occurs when the slip surface extends past the bottom of the soil region, but may also occur on a benched slope model with two sets of Slope Limits.
- 105 = More than two surface / slope intersections with no valid slip surface.
- 108 = Total driving moment or total driving force < 0.1. This is to limit the calculation of extremely high safety factors if the driving force is very small (0.1 is an arbitrary number).

-111 = safety factor equation did not converge

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.61077

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	1.13495	9.1582	Pantalla de concreto	2800	20	1711.36	2756.61	-119.208	0	-119.208
2	5.85307	266.477	Zona de filtro 2A	2	28	15.7649	25.3936	43.9969	0	43.9969
3	6.2942	666.797	Zona de transición 2B	1	35	44.0492	70.9531	99.9034	0	99.9034
4	5.39881	894.001	Zona Intermedia 3A	2	38	75.1448	121.041	152.366	0	152.366
5	5.39881	1191.64	Zona Intermedia 3A	2	38	98.1704	158.13	199.838	0	199.838
6	5.39881	1465.76	Zona Intermedia 3A	2	38	118.536	190.935	241.825	0	241.825
7	5.39881	1715.8	Zona Intermedia 3A	2	38	136.292	219.535	278.432	0	278.432
8	5.39881	1941.01	Zona Intermedia 3A	2	38	151.47	243.984	309.726	0	309.726
9	5.39881	2140.55	Zona Intermedia 3A	2	38	164.095	264.32	335.755	0	335.755
10	5.39881	2313.4	Zona Intermedia 3A	2	38	174.176	280.558	356.539	0	356.539
11	5.39881	2458.36	Zona Intermedia 3A	2	38	181.711	292.695	372.072	0	372.072
12	5.39881	2573.97	Zona Intermedia 3A	2	38	186.684	300.705	382.326	0	382.326
13	5.39881	2658.57	Zona Intermedia 3A	2	38	189.067	304.544	387.238	0	387.238
14	5.39881	2710.11	Zona Intermedia 3A	2	38	188.819	304.144	386.727	0	386.727
15	5.39881	2726.14	Zona Intermedia 3A	2	38	185.881	299.411	380.669	0	380.669
16	5.39881	2703.75	Zona Intermedia 3A	2	38	180.182	290.231	368.918	0	368.918
17	5.39881	2639.24	Zona Intermedia 3A	2	38	171.622	276.444	351.272	0	351.272
18	5.39881	2528.13	Zona Intermedia 3A	2	38	160.094	257.874	327.503	0	327.503
19	5.39881	2364.69	Zona Intermedia 3A	2	38	145.455	234.294	297.323	0	297.323
20	5.39881	2141.41	Zona Intermedia 3A	2	38	127.537	205.433	260.383	0	260.383
21	5.39881	1848.34	Zona Intermedia 3A	2	38	106.144	170.973	216.275	0	216.275
22	5.39881	1470.85	Zona Intermedia 3A	2	38	81.006	130.482	164.45	0	164.45
23	5.39881	796.541	Zona Intermedia 3A	2	38	41.9417	67.5585	83.9111	0	83.9111
24	1.83751	65.8898	Zona de transición 2B	1	35	9.39073	15.1263	20.1744	0	20.1744
25	0.174059	0.632813	Pantalla de concreto	2800	20	1252.53	2017.54	-2149.79	0	-2149.79

Global Minimum Query (janbu corrected) - Safety Factor: 1.58757

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	1.13495	9.1582	Pantalla de concreto	2800	20	1734.46	2753.57	-127.561	0	-127.561
2	5.85307	266.477	Zona de filtro 2A	2	28	15.9621	25.341	43.8981	0	43.8981
3	6.2942	666.797	Zona de transición 2B	1	35	44.5257	70.6877	99.5244	0	99.5244
4	5.39881	894.001	Zona Intermedia 3A	2	38	75.8448	120.409	151.556	0	151.556
5	5.39881	1191.64	Zona Intermedia 3A	2	38	98.9865	157.148	198.58	0	198.58
6	5.39881	1465.76	Zona Intermedia 3A	2	38	119.405	189.564	240.07	0	240.07
7	5.39881	1715.8	Zona Intermedia 3A	2	38	137.157	217.747	276.144	0	276.144
8	5.39881	1941.01	Zona Intermedia 3A	2	38	152.285	241.763	306.883	0	306.883
9	5.39881	2140.55	Zona Intermedia 3A	2	38	164.818	261.66	332.349	0	332.349
10	5.39881	2313.4	Zona Intermedia 3A	2	38	174.773	277.464	352.579	0	352.579
11	5.39881	2458.36	Zona Intermedia 3A	2	38	182.154	289.182	367.577	0	367.577
12	5.39881	2573.97	Zona Intermedia 3A	2	38	186.952	296.799	377.325	0	377.325
13	5.39881	2658.57	Zona Intermedia 3A	2	38	189.145	300.281	381.783	0	381.783
14	5.39881	2710.11	Zona Intermedia 3A	2	38	188.699	299.573	380.876	0	380.876
15	5.39881	2726.14	Zona Intermedia 3A	2	38	185.562	294.592	374.501	0	374.501
16	5.39881	2703.75	Zona Intermedia 3A	2	38	179.67	285.238	362.528	0	362.528
17	5.39881	2639.24	Zona Intermedia 3A	2	38	170.934	271.369	344.777	0	344.777
18	5.39881	2528.13	Zona Intermedia 3A	2	38	159.252	252.824	321.041	0	321.041
19	5.39881	2364.69	Zona Intermedia 3A	2	38	144.498	229.401	291.06	0	291.06
20	5.39881	2141.41	Zona Intermedia 3A	2	38	126.516	200.853	254.52	0	254.52
21	5.39881	1848.34	Zona Intermedia 3A	2	38	105.127	166.897	211.059	0	211.059
22	5.39881	1470.85	Zona Intermedia 3A	2	38	80.0891	127.147	160.181	0	160.181

23	5.39881	796.541	Zona Intermedia 3A	2	38	41.3829	65.6982	81.53	0	81.53
24	1.83751	65.8898	Zona de transición 2B	1	35	9.26756	14.7129	19.584	0	19.584
25	0.174059	0.632813	Pantalla de concreto	2800	20	1247.52	1980.53	-2251.49	0	-2251.49

Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 1.579

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	1.13495	9.1582	Pantalla de concreto	2800	20	1959.38	3093.86	807.369	0	807.369
2	5.85307	266.477	Zona de filtro 2A	2	28	18.2327	28.7894	50.3836	0	50.3836
3	6.2942	666.797	Zona de transición 2B	1	35	52.4507	82.8197	116.851	0	116.851
4	5.39881	894.001	Zona Intermedia 3A	2	38	89.6947	141.628	178.716	0	178.716
5	5.39881	1191.64	Zona Intermedia 3A	2	38	114.578	180.918	229.005	0	229.005
6	5.39881	1465.76	Zona Intermedia 3A	2	38	135.381	213.766	271.048	0	271.048
7	5.39881	1715.8	Zona Intermedia 3A	2	38	152.415	240.664	305.475	0	305.475
8	5.39881	1941.01	Zona Intermedia 3A	2	38	165.94	262.02	332.81	0	332.81
9	5.39881	2140.55	Zona Intermedia 3A	2	38	176.179	278.187	353.503	0	353.503
10	5.39881	2313.4	Zona Intermedia 3A	2	38	183.318	289.459	367.931	0	367.931
11	5.39881	2458.36	Zona Intermedia 3A	2	38	187.514	296.084	376.41	0	376.41
12	5.39881	2573.97	Zona Intermedia 3A	2	38	188.899	298.272	379.212	0	379.212
13	5.39881	2658.57	Zona Intermedia 3A	2	38	187.588	296.202	376.562	0	376.562
14	5.39881	2710.11	Zona Intermedia 3A	2	38	183.674	290.022	368.652	0	368.652
15	5.39881	2726.14	Zona Intermedia 3A	2	38	177.234	279.853	355.636	0	355.636
16	5.39881	2703.75	Zona Intermedia 3A	2	38	168.334	265.8	337.649	0	337.649
17	5.39881	2639.24	Zona Intermedia 3A	2	38	157.023	247.94	314.789	0	314.789
18	5.39881	2528.13	Zona Intermedia 3A	2	38	143.348	226.347	287.15	0	287.15
19	5.39881	2364.69	Zona Intermedia 3A	2	38	127.346	201.079	254.809	0	254.809
20	5.39881	2141.41	Zona Intermedia 3A	2	38	109.052	172.193	217.838	0	217.838
21	5.39881	1848.34	Zona Intermedia 3A	2	38	88.5136	139.763	176.329	0	176.329
22	5.39881	1470.85	Zona Intermedia 3A	2	38	65.772	103.854	130.366	0	130.366
23	5.39881	796.541	Zona Intermedia 3A	2	38	33.2035	52.4283	64.5453	0	64.5453
24	1.83751	65.8898	Zona de transición 2B	1	35	7.22831	11.4135	14.872	0	14.872
25	0.174059	0.632813	Pantalla de concreto	2800	20	1563.97	2469.51	-908	0	-908

Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 1.60335

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	1.35099	10.9043	Pantalla de concreto	2800	20	1692.02	2712.9	-239.303	0	-239.303
2	6.9739	317.477	Zona de filtro 2A	2	28	27.6992	44.4115	79.7644	0	79.7644
3	7.53849	798.32	Zona de transición 2B	1	35	60.6817	97.294	137.522	0	137.522
4	5.5907	903.505	Zona Intermedia 3A	2	38	94.3294	151.243	191.022	0	191.022
5	5.5907	1170.13	Zona Intermedia 3A	2	38	115.811	185.686	235.108	0	235.108
6	5.5907	1416.97	Zona Intermedia 3A	2	38	134.084	214.984	272.606	0	272.606
7	5.5907	1643.54	Zona Intermedia 3A	2	38	148.77	238.531	302.746	0	302.746
8	5.5907	1849.28	Zona Intermedia 3A	2	38	159.73	256.103	325.237	0	325.237
9	5.5907	2033.56	Zona Intermedia 3A	2	38	167.06	267.856	340.28	0	340.28
10	5.5907	2195.65	Zona Intermedia 3A	2	38	171.061	274.27	348.489	0	348.489
11	5.5907	2334.74	Zona Intermedia 3A	2	38	172.184	276.071	350.795	0	350.795
12	5.5907	2449.9	Zona Intermedia 3A	2	38	170.96	274.109	348.283	0	348.283
13	5.5907	2540.06	Zona Intermedia 3A	2	38	167.927	269.246	342.06	0	342.06
14	5.5907	2604.03	Zona Intermedia 3A	2	38	163.575	262.268	333.128	0	333.128
15	5.5907	2640.42	Zona Intermedia 3A	2	38	158.296	253.804	322.294	0	322.294
16	5.5907	2647.63	Zona Intermedia 3A	2	38	152.362	244.289	310.116	0	310.116
17	5.5907	2623.84	Zona Intermedia 3A	2	38	145.931	233.978	296.918	0	296.918
18	5.5907	2566.88	Zona Intermedia 3A	2	38	139.046	222.94	282.79	0	282.79
19	5.5907	2474.23	Zona Intermedia 3A	2	38	131.664	211.104	267.64	0	267.64
20	5.52497	2320.82	Zona de enrocado 3B	0	42	137.919	221.132	245.592	0	245.592
21	5.52497	2159.71	Zona de enrocado 3B	0	42	127.373	204.224	226.813	0	226.813
22	5.52497	1761.12	Zona de enrocado 3B	0	42	103.695	166.259	184.649	0	184.649

23	5.52497	1086.03	Zona de enrocado 3B	0	42	64.1975	102.931	114.316	0	114.316
24	2.56208	250.656	Zona Intermedia 3A	2	38	30.3829	48.7145	59.7918	0	59.7918
25	1.84282	59.7444	Zona de transición 2B	1	35	9.77578	15.674	20.9566	0	20.9566

List Of Coordinates

External Boundary

X	Y
346769	8.04138e+006
346769	8.04139e+006
346769	8.0414e+006
346760	8.0414e+006
346758	8.0414e+006
346752	8.0414e+006
346735	8.04142e+006
346729	8.04142e+006
346706	8.04143e+006
346700	8.04143e+006
346683	8.04144e+006
346677	8.04144e+006
346643	8.04146e+006
346637	8.04146e+006
346605	8.04149e+006
346599	8.04149e+006
346583	8.0415e+006
346579	8.0415e+006
346574	8.0415e+006
346574	8.0415e+006
346573	8.0415e+006
346573	8.0415e+006
346573	8.0415e+006
346573	8.0415e+006
346572	8.0415e+006
346561	8.0415e+006
346560	8.0415e+006
346560	8.0415e+006
346560	8.0415e+006
346560	8.0415e+006
346560	8.0415e+006
346551	8.0415e+006
346443	8.04143e+006
346437	8.04143e+006
346433	8.04143e+006
346394	8.04141e+006
346394	8.04141e+006
346394	8.0414e+006
346394	8.04138e+006

Material Boundary

X	Y
346408	8.0414e+006
346408	8.0414e+006

Material Boundary

X	Y
346405	8.0414e+006
346405	8.0414e+006

346409	8.0414e+006
346411	8.0414e+006

Material Boundary

X	Y
346394	8.04141e+006
346409	8.04141e+006
346437	8.04143e+006

Material Boundary

X	Y
346412	8.0414e+006
346411	8.0414e+006
346411	8.0414e+006
346409	8.0414e+006
346408	8.0414e+006
346408	8.0414e+006
346560	8.0415e+006
346561	8.0415e+006
346561	8.0415e+006
346561	8.0415e+006
346561	8.0415e+006
346565	8.0415e+006

Material Boundary

X	Y
346561	8.0415e+006
346561	8.0415e+006

Material Boundary

X	Y
346417	8.0414e+006
346412	8.0414e+006
346565	8.0415e+006
346572	8.0415e+006
346572	8.0415e+006
346573	8.0415e+006
346573	8.0415e+006
346573	8.0415e+006
346574	8.0415e+006

Material Boundary

X	Y
346422	8.0414e+006
346417	8.0414e+006
346420	8.0414e+006
346422	8.0414e+006
346424	8.0414e+006
346454	8.04139e+006

Material Boundary

X	Y
346491	8.0414e+006
346493	8.0414e+006
346505	8.04142e+006

346566	8.0415e+006
346583	8.0415e+006

Material Boundary

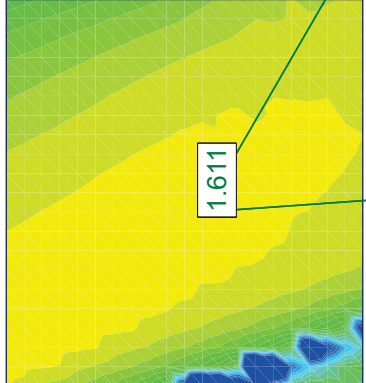
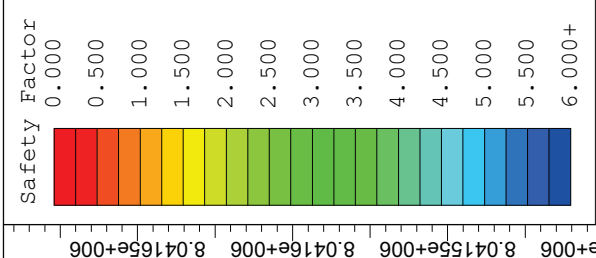
X	Y
346422	8.0414e+006
346566	8.0415e+006
346579	8.0415e+006

Material Boundary

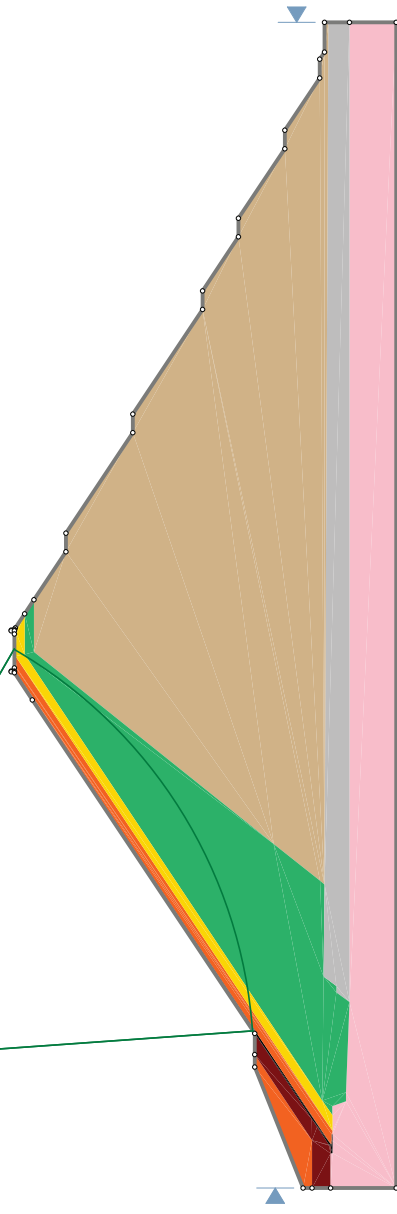
X	Y
346769	8.04139e+006
346454	8.04139e+006
346457	8.0414e+006
346459	8.0414e+006
346462	8.0414e+006
346491	8.0414e+006
346769	8.0414e+006
346769	8.0414e+006

Material Boundary

X	Y
346394	8.0414e+006
346405	8.0414e+006
346407	8.0414e+006
346407	8.0414e+006
346407	8.0414e+006
346408	8.0414e+006
346413	8.04141e+006
346416	8.04141e+006
346443	8.04143e+006



1.611



SLIDEINTERPRET 6.005

Project

Analysis Description

Drawn By

Date

Scale

Company

File Name

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

1/03/2026, 22:28:00

TALUD AGUAS ARRIBA AL FINAL DE LA CONSTRUCCION -

ESTATICO.slim

Slide Analysis Information

TESIS: APLICACIÓN DE LA CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA EN EL DISEÑO DE LA PRESA SAMA EN EL DISTRITO DE INCLÁN, TACNA

Project Summary

File Name: TALUD AL FINAL DE LA CONSTRUCCION CON SISMO
Slide Modeler Version: 6.005
Project Title: TESIS: APLICACIÓN DE LA CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA EN EL DISEÑO DE LA PRESA SAMA EN EL DISTRITO DE INCLÁN, TACNA
Analysis: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE LA PRESA
Author: ING. EDWIN HILARIO CONDORI MAMANI
Date Created: 20/02/2026, 22:28:00

General Settings

Units of Measurement: Metric Units
Time Units: days
Permeability Units: meters/second
Failure Direction: Right to Left
Data Output: Standard
Maximum Material Properties: 20
Maximum Support Properties: 20

Analysis Options

Analysis Methods Used

Bishop simplified
GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine
Janbu corrected
Spencer

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Check malpha < 0.2: Yes
Initial trial value of FS: 1
Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method: Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

Pseudo-random Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius Increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.23

Material Properties

Property	Pantalla de concreto	Zona de filtro 2A	Zona de transición 2B	Zona Intermedia 3A	Zona de enrocado 3B	Relleno fluvio-aluvial	Roca Intrusiva	Zona de Confinamiento 1B
Color								
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	24	17.66	18.63	21.65	22.46	20	26	17.09
Cohesion [kPa]	2800	2	1	2	0	0	4500	20
Friction Angle [deg]	20	28	35	38	42	34	35.5	30
Water Surface	None	None	None	None	None	None	None	None
Ru Value	0	0	0	0	0	0	0	0

Property	Zona de Impermeabilización
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	15.08
Cohesion [kPa]	36.48
Friction Angle [deg]	27.42
Water Surface	None
Ru Value	0

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 1.065090
Center: 346408.355, 8041637.885
Radius: 215.537
Left Slip Surface Endpoint: 346443.553, 8041425.241
Right Slip Surface Endpoint: 346575.372, 8041501.644
Resisting Moment=6.80558e+006 kN-m
Driving Moment=6.38969e+006 kN-m

Method: janbu corrected

FS: 1.034330
Center: 346433.270, 8041597.643
Radius: 170.685
Left Slip Surface Endpoint: 346446.953, 8041427.508
Right Slip Surface Endpoint: 346574.702, 8041502.091
Resisting Horizontal Force=30012 kN
Driving Horizontal Force=29016 kN

Method: spencer

FS: 1.029350
Center: 346408.355, 8041637.885
Radius: 215.537
Left Slip Surface Endpoint: 346443.553, 8041425.241
Right Slip Surface Endpoint: 346575.372, 8041501.644
Resisting Moment=6.57726e+006 kN-m
Driving Moment=6.38969e+006 kN-m
Resisting Horizontal Force=26670.4 kN
Driving Horizontal Force=25909.8 kN

Method: gle/morgenstern-price

FS: 1.054340
 Center: 346395.898, 8041637.885
 Radius: 224.838
 Left Slip Surface Endpoint: 346402.558, 8041413.146
 Right Slip Surface Endpoint: 346574.964, 8041501.916
 Resisting Moment=9.06543e+006 kN-m
 Driving Moment=8.59821e+006 kN-m
 Resisting Horizontal Force=35494.1 kN
 Driving Horizontal Force=33664.8 kN

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 4662
 Number of Invalid Surfaces: 189

Error Codes:

Error Code -100 reported for 3 surfaces
 Error Code -102 reported for 69 surfaces
 Error Code -103 reported for 9 surfaces
 Error Code -105 reported for 108 surfaces

Method: janbu corrected

Number of Valid Surfaces: 4562
 Number of Invalid Surfaces: 289

Error Codes:

Error Code -100 reported for 3 surfaces
 Error Code -102 reported for 69 surfaces
 Error Code -103 reported for 9 surfaces
 Error Code -105 reported for 108 surfaces
 Error Code -108 reported for 100 surfaces

Method: spencer

Number of Valid Surfaces: 3641
 Number of Invalid Surfaces: 1210

Error Codes:

Error Code -100 reported for 3 surfaces
 Error Code -102 reported for 69 surfaces
 Error Code -103 reported for 9 surfaces
 Error Code -105 reported for 108 surfaces
 Error Code -108 reported for 506 surfaces
 Error Code -111 reported for 515 surfaces

Method: gle/morgenstern-price

Number of Valid Surfaces: 3738
 Number of Invalid Surfaces: 1113

Error Codes:

Error Code -100 reported for 3 surfaces
 Error Code -102 reported for 69 surfaces
 Error Code -103 reported for 9 surfaces
 Error Code -105 reported for 108 surfaces
 Error Code -108 reported for 477 surfaces
 Error Code -111 reported for 447 surfaces

Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

- 100 = Both surface / slope intersections are on the same horizontal surface. In general, this will give a very high or infinite factor of safety (zero driving force), if calculated.
- 102 = Two surface / slope intersections, but resulting arc is actually outside soil region.
- 103 = Two surface / slope intersections, but one or more surface / nonslope external polygon intersections lie between them. This usually occurs when the slip surface extends past the bottom of the soil region, but may also occur on a benched slope model with two sets of Slope Limits.
- 105 = More than two surface / slope intersections with no valid slip surface.
- 108 = Total driving moment or total driving force < 0.1. This is to limit the calculation of extremely high safety factors if the driving force is very small (0.1 is an arbitrary number).
- 111 = safety factor equation did not converge

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.06509

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	1.35099	10.9043	Pantalla de concreto	2800	20	2488.16	2650.11	-411.818	0	-411.818
2	6.9739	317.477	Zona de filtro 2A	2	28	22.4823	23.9457	41.2738	0	41.2738
3	7.53849	798.32	Zona de transición 2B	1	35	61.4708	65.4719	92.0754	0	92.0754
4	5.5907	903.505	Zona Intermedia 3A	2	38	101.259	107.85	135.481	0	135.481
5	5.5907	1170.13	Zona Intermedia 3A	2	38	128.387	136.744	172.464	0	172.464
6	5.5907	1416.97	Zona Intermedia 3A	2	38	152.413	162.334	205.218	0	205.218
7	5.5907	1643.54	Zona Intermedia 3A	2	38	173.409	184.696	233.839	0	233.839
8	5.5907	1849.28	Zona Intermedia 3A	2	38	191.434	203.894	258.414	0	258.414
9	5.5907	2033.56	Zona Intermedia 3A	2	38	206.543	219.987	279.011	0	279.011
10	5.5907	2195.65	Zona Intermedia 3A	2	38	218.778	233.018	295.69	0	295.69
11	5.5907	2334.74	Zona Intermedia 3A	2	38	228.174	243.026	308.499	0	308.499
12	5.5907	2449.9	Zona Intermedia 3A	2	38	234.76	250.04	317.477	0	317.477
13	5.5907	2540.06	Zona Intermedia 3A	2	38	238.552	254.079	322.646	0	322.646
14	5.5907	2604.03	Zona Intermedia 3A	2	38	239.566	255.159	324.029	0	324.029
15	5.5907	2640.42	Zona Intermedia 3A	2	38	237.806	253.285	321.63	0	321.63
16	5.5907	2647.63	Zona Intermedia 3A	2	38	233.269	248.453	315.445	0	315.445
17	5.5907	2623.84	Zona Intermedia 3A	2	38	225.951	240.658	305.467	0	305.467
18	5.5907	2566.88	Zona Intermedia 3A	2	38	215.832	229.88	291.673	0	291.673
19	5.5907	2474.23	Zona Intermedia 3A	2	38	202.892	216.098	274.034	0	274.034
20	5.52497	2320.82	Zona de enrocado 3B	0	42	202.661	215.852	239.729	0	239.729
21	5.52497	2159.71	Zona de enrocado 3B	0	42	182.9	194.805	216.353	0	216.353
22	5.52497	1761.12	Zona de enrocado 3B	0	42	144.32	153.714	170.716	0	170.716
23	5.52497	1086.03	Zona de enrocado 3B	0	42	85.8859	91.4762	101.595	0	101.595
24	2.56208	250.656	Zona Intermedia 3A	2	38	39.6197	42.1985	51.4517	0	51.4517
25	1.84282	59.7444	Zona de transición 2B	1	35	12.3982	13.2052	17.4309	0	17.4309

Global Minimum Query (janbu corrected) - Safety Factor: 1.03433

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	1.14685	9.19922	Pantalla de concreto	2800	20	2628.69	2718.93	-222.727	0	-222.727
2	5.93096	269.505	Zona de filtro 2A	2	28	23.9414	24.7633	42.8116	0	42.8116
3	6.34564	671.683	Zona de transición 2B	1	35	65.996	68.2616	96.0596	0	96.0596
4	5.47506	907.965	Zona Intermedia 3A	2	38	111.529	115.358	145.092	0	145.092
5	5.47506	1214.26	Zona Intermedia 3A	2	38	145.165	150.149	189.621	0	189.621
6	5.47506	1498.3	Zona Intermedia 3A	2	38	174.636	180.631	228.638	0	228.638
7	5.47506	1759.58	Zona Intermedia 3A	2	38	200.105	206.975	262.356	0	262.356
8	5.47506	1997.5	Zona Intermedia 3A	2	38	221.712	229.323	290.96	0	290.96
9	5.47506	2211.34	Zona Intermedia 3A	2	38	239.572	247.797	314.606	0	314.606
10	5.47506	2400.25	Zona Intermedia 3A	2	38	253.785	262.497	333.422	0	333.422
11	5.47506	2563.25	Zona Intermedia 3A	2	38	264.427	273.505	347.51	0	347.51
12	5.47506	2699.19	Zona Intermedia 3A	2	38	271.561	280.884	356.955	0	356.955
13	5.47506	2806.76	Zona Intermedia 3A	2	38	275.238	284.687	361.823	0	361.823
14	5.47506	2884.31	Zona Intermedia 3A	2	38	275.483	284.94	362.146	0	362.146

15	5.47506	2930.02	Zona Intermedia 3A	2	38	272.314	281.663	357.953	0	357.953
16	5.47506	2941.69	Zona Intermedia 3A	2	38	265.737	274.86	349.245	0	349.245
17	5.47506	2916.66	Zona Intermedia 3A	2	38	255.738	264.518	336.008	0	336.008
18	5.47506	2851.71	Zona Intermedia 3A	2	38	242.291	250.609	318.205	0	318.205
19	5.63887	2827.48	Zona de enrocado 3B	0	42	243.352	251.706	279.547	0	279.547
20	5.63887	2667.52	Zona de enrocado 3B	0	42	220.414	227.981	253.198	0	253.198
21	5.63887	2444.98	Zona de enrocado 3B	0	42	193.227	199.86	221.967	0	221.967
22	5.63887	1984.31	Zona de enrocado 3B	0	42	149.259	154.383	171.46	0	171.46
23	5.63887	1179.16	Zona de enrocado 3B	0	42	83.8727	86.7521	96.348	0	96.348
24	2.16005	207.433	Zona Intermedia 3A	2	38	35.4859	36.7041	44.4192	0	44.4192
25	1.84484	68.6203	Zona de transición 2B	1	35	12.8925	13.3351	17.6163	0	17.6163

Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 1.02935

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	1.35099	10.9043	Pantalla de concreto	2800	20	3206.53	3300.64	1375.49	0	1375.49
2	6.9739	317.477	Zona de filtro 2A	2	28	25.0467	25.7818	44.727	0	44.727
3	7.53849	798.32	Zona de transición 2B	1	35	72.3332	74.4562	104.906	0	104.906
4	5.5907	903.505	Zona Intermedia 3A	2	38	121.419	124.983	157.411	0	157.411
5	5.5907	1170.13	Zona Intermedia 3A	2	38	150.004	154.407	195.073	0	195.073
6	5.5907	1416.97	Zona Intermedia 3A	2	38	173.663	178.76	226.243	0	226.243
7	5.5907	1643.54	Zona Intermedia 3A	2	38	192.809	198.468	251.468	0	251.468
8	5.5907	1849.28	Zona Intermedia 3A	2	38	207.81	213.909	271.231	0	271.231
9	5.5907	2033.56	Zona Intermedia 3A	2	38	218.993	225.42	285.965	0	285.965
10	5.5907	2195.65	Zona Intermedia 3A	2	38	226.647	233.299	296.05	0	296.05
11	5.5907	2334.74	Zona Intermedia 3A	2	38	231.035	237.816	301.83	0	301.83
12	5.5907	2449.9	Zona Intermedia 3A	2	38	232.39	239.211	303.617	0	303.617
13	5.5907	2540.06	Zona Intermedia 3A	2	38	230.92	237.698	301.68	0	301.68
14	5.5907	2604.03	Zona Intermedia 3A	2	38	226.82	233.477	296.278	0	296.278
15	5.5907	2640.42	Zona Intermedia 3A	2	38	220.259	226.724	287.634	0	287.634
16	5.5907	2647.63	Zona Intermedia 3A	2	38	211.394	217.598	275.953	0	275.953
17	5.5907	2623.84	Zona Intermedia 3A	2	38	200.369	206.25	261.428	0	261.428
18	5.5907	2566.88	Zona Intermedia 3A	2	38	187.315	192.813	244.23	0	244.23
19	5.5907	2474.23	Zona Intermedia 3A	2	38	172.354	177.413	224.518	0	224.518
20	5.52497	2320.82	Zona de enrocado 3B	0	42	174.958	180.093	200.014	0	200.014
21	5.52497	2159.71	Zona de enrocado 3B	0	42	154.322	158.851	176.422	0	176.422
22	5.52497	1761.12	Zona de enrocado 3B	0	42	119.003	122.496	136.046	0	136.046
23	5.52497	1086.03	Zona de enrocado 3B	0	42	69.2037	71.2348	79.1142	0	79.1142
24	2.56208	250.656	Zona Intermedia 3A	2	38	31.0607	31.9723	38.3628	0	38.3628
25	1.84282	59.7444	Zona de transición 2B	1	35	3.0388	3.12799	3.03909	0	3.03909

Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 1.05434

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	8.95362	211.801	Zona de Impermeabilización	36.48	27.42	47.4588	50.0377	26.1333	0	26.1333
2	8.95362	611.149	Zona de Impermeabilización	36.48	27.42	73.0812	77.0524	78.2053	0	78.2053
3	8.45455	938.771	Zona de Confinamiento 1B	20	30	87.5174	92.2731	125.181	0	125.181
4	1.34305	185.98	Pantalla de concreto	2800	20	2893.23	3050.44	688.09	0	688.09
5	6.70952	1016.82	Zona de filtro 2A	2	28	104.698	110.387	203.847	0	203.847
6	7.17849	1003.71	Zona de transición 2B	1	35	130.498	137.589	195.07	0	195.07
7	7.20101	1230.28	Zona Intermedia 3A	2	38	167.175	176.259	223.043	0	223.043
8	7.20101	1692.67	Zona Intermedia 3A	2	38	203.759	214.831	272.411	0	272.411
9	7.20101	2115.01	Zona Intermedia 3A	2	38	230.225	242.735	308.127	0	308.127
10	7.20101	2496.09	Zona Intermedia 3A	2	38	246.916	260.333	330.652	0	330.652
11	7.20101	2834.54	Zona Intermedia 3A	2	38	254.999	268.856	341.56	0	341.56
12	7.20101	3128.71	Zona Intermedia 3A	2	38	256.172	270.092	343.142	0	343.142
13	7.20101	3376.73	Zona Intermedia 3A	2	38	252.316	266.027	337.939	0	337.939
14	7.20101	3576.34	Zona Intermedia 3A	2	38	245.192	258.516	328.325	0	328.325

15	7.20101	3724.96	Zona Intermedia 3A	2	38	236.219	249.055	316.216	0	316.216
16	7.20101	3819.53	Zona Intermedia 3A	2	38	226.374	238.675	302.93	0	302.93
17	7.20101	3856.38	Zona Intermedia 3A	2	38	216.172	227.919	289.163	0	289.163
18	7.20101	3831.21	Zona Intermedia 3A	2	38	205.733	216.913	275.076	0	275.076
19	7.20101	3738.75	Zona Intermedia 3A	2	38	194.84	205.428	260.375	0	260.375
20	7.20101	3572.67	Zona Intermedia 3A	2	38	183.004	192.948	244.402	0	244.402
21	8.56202	3924.02	Zona de enrocado 3B	0	42	184.522	194.549	216.069	0	216.069
22	8.56202	3403.95	Zona de enrocado 3B	0	42	158.877	167.51	186.039	0	186.039
23	8.56202	2029.53	Zona de enrocado 3B	0	42	94.2015	99.3204	110.306	0	110.306
24	2.38657	229.089	Zona Intermedia 3A	2	38	36.5919	38.5803	46.8207	0	46.8207
25	1.92673	70.9855	Zona de transición 2B	1	35	13.4267	14.1563	18.7892	0	18.7892

List Of Coordinates

External Boundary

X	Y
346769	8.04138e+006
346769	8.04139e+006
346769	8.0414e+006
346760	8.0414e+006
346758	8.0414e+006
346752	8.0414e+006
346735	8.04142e+006
346729	8.04142e+006
346706	8.04143e+006
346700	8.04143e+006
346683	8.04144e+006
346677	8.04144e+006
346643	8.04146e+006
346637	8.04146e+006
346605	8.04149e+006
346599	8.04149e+006
346583	8.0415e+006
346579	8.0415e+006
346574	8.0415e+006
346574	8.0415e+006
346573	8.0415e+006
346573	8.0415e+006
346573	8.0415e+006
346573	8.0415e+006
346572	8.0415e+006
346561	8.0415e+006
346560	8.0415e+006
346560	8.0415e+006
346560	8.0415e+006
346560	8.0415e+006
346560	8.0415e+006
346551	8.0415e+006
346443	8.04143e+006
346437	8.04143e+006
346433	8.04143e+006
346394	8.04141e+006
346394	8.04141e+006
346394	8.0414e+006
346394	8.04138e+006

Material Boundary

X	Y
---	---

346408	8.0414e+006
346408	8.0414e+006

Material Boundary

X	Y
346405	8.0414e+006
346405	8.0414e+006
346409	8.0414e+006
346411	8.0414e+006

Material Boundary

X	Y
346394	8.04141e+006
346409	8.04141e+006
346437	8.04143e+006

Material Boundary

X	Y
346412	8.0414e+006
346411	8.0414e+006
346411	8.0414e+006
346409	8.0414e+006
346408	8.0414e+006
346408	8.0414e+006
346560	8.0415e+006
346561	8.0415e+006
346561	8.0415e+006
346561	8.0415e+006
346561	8.0415e+006
346565	8.0415e+006

Material Boundary

X	Y
346561	8.0415e+006
346561	8.0415e+006

Material Boundary

X	Y
346417	8.0414e+006
346412	8.0414e+006
346565	8.0415e+006
346572	8.0415e+006
346572	8.0415e+006
346573	8.0415e+006
346573	8.0415e+006
346573	8.0415e+006
346574	8.0415e+006

Material Boundary

X	Y
346422	8.0414e+006
346417	8.0414e+006
346420	8.0414e+006
346422	8.0414e+006
346424	8.0414e+006

346454	8.04139e+006
--------	--------------

Material Boundary

X	Y
346491	8.0414e+006
346493	8.0414e+006
346505	8.04142e+006
346566	8.0415e+006
346583	8.0415e+006

Material Boundary

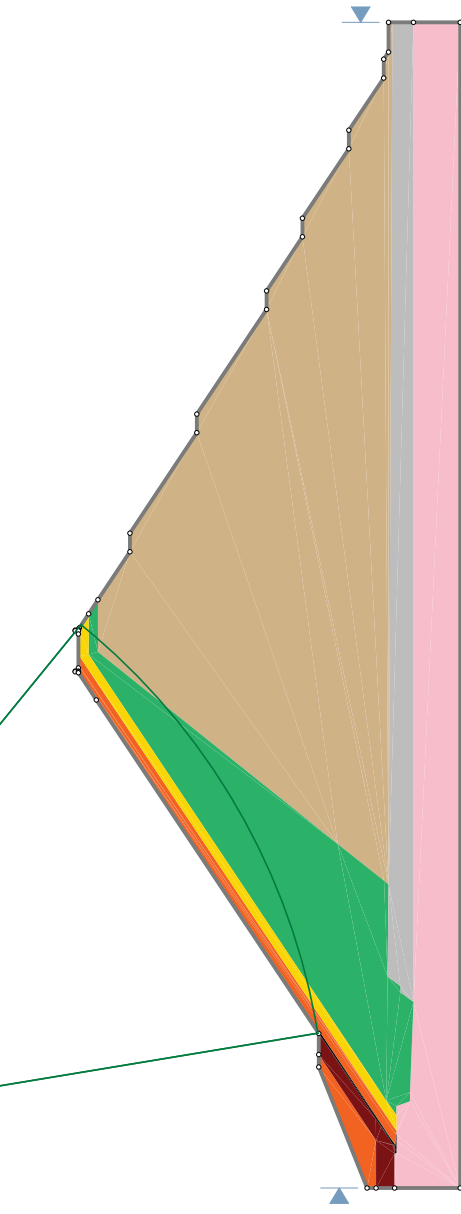
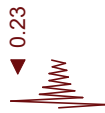
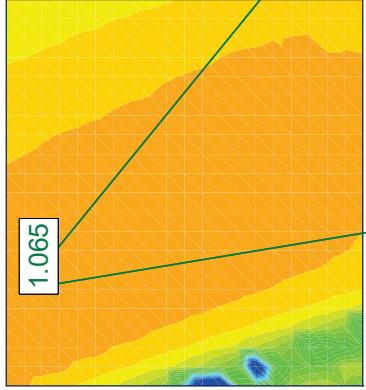
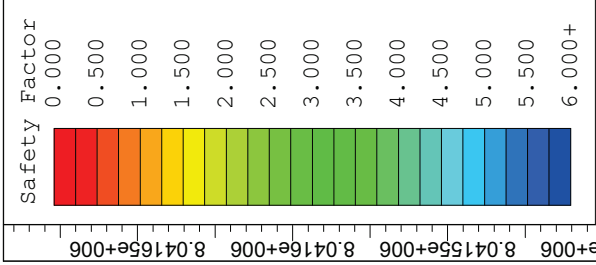
X	Y
346422	8.0414e+006
346566	8.0415e+006
346579	8.0415e+006

Material Boundary

X	Y
346769	8.04139e+006
346454	8.04139e+006
346457	8.0414e+006
346459	8.0414e+006
346462	8.0414e+006
346491	8.0414e+006
346769	8.0414e+006
346769	8.0414e+006

Material Boundary

X	Y
346394	8.0414e+006
346405	8.0414e+006
346407	8.0414e+006
346407	8.0414e+006
346407	8.0414e+006
346408	8.0414e+006
346413	8.04141e+006
346416	8.04141e+006
346443	8.04143e+006



SLIDEINTERPRET 6.005

Project		ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE LA PRESA	
Tesis: APLICACIÓN DE LA CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA EN EL DISEÑO DE LA PRESA SAMA EN EL DISTRITO DE INCLÉN, TACNA		Scale	1:2437.4
Drawn By		Company	
ING. EDWIN HILARIO CONDORI MAMANI		TALUD AL FINAL DE LA CONSTRUCCIÓN CON SISMO.slim	
Date		File Name	
20/02/2026, 22:28:00			

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: TALUD AGUAS ARRIBA EMBALSE LLENO - ESTATICO
Slide Modeler Version: 6.005
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 1/03/2026, 22:28:00

General Settings

Units of Measurement: Metric Units
Time Units: days
Permeability Units: meters/second
Failure Direction: Right to Left
Data Output: Standard
Maximum Material Properties: 20
Maximum Support Properties: 20

Analysis Options

Analysis Methods Used

Bishop simplified
GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine
Janbu corrected
Spencer

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Check $m\alpha < 0.2$: Yes
Initial trial value of FS: 1
Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method: Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

Pseudo-random Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius Increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined

Material Properties

Property	Pantalla de	Zona de filtro	Zona de	Zona	Zona de	Relleno	Roca Intrusiva	Zona de Confinamiento
----------	-------------	----------------	---------	------	---------	---------	----------------	-----------------------

									1B
Color									
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	
Unsaturated Unit Weight [kN/m3]	24	17.66	18.63	21.65	22.46	20	26	17.09	
Saturated Unit Weight [kN/m3]	24	18.16	19.13	22.15	22.79	20.5	26	17.59	
Cohesion [kPa]	2800	2	1	2	0	0	4500	20	
Friction Angle [deg]	20	28	35	38	42	34	35.5	30	
Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	
Hu Value	1	1	1	1	1	1	1	1	

Property	Zona de Impermeabilización
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight [kN/m3]	15.08
Saturated Unit Weight [kN/m3]	15.58
Cohesion [kPa]	36.48
Friction Angle [deg]	27.42
Water Surface	Water Table
Hu Value	1

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 1.961700
Center: 346436.454, 8041534.614
Radius: 120.270
Left Slip Surface Endpoint: 346411.890, 8041416.879
Right Slip Surface Endpoint: 346550.549, 8041496.572
Left Slope Intercept: 346411.890 8041496.865
Right Slope Intercept: 346550.549 8041496.865
Resisting Moment=3.28883e+006 kN-m
Driving Moment=1.67652e+006 kN-m

Method: janbu corrected

FS: 1.975430
Center: 346427.868, 8041534.614
Radius: 128.163
Left Slip Surface Endpoint: 346395.929, 8041410.494
Right Slip Surface Endpoint: 346550.178, 8041496.324
Left Slope Intercept: 346395.929 8041496.865
Right Slope Intercept: 346550.178 8041496.865
Resisting Horizontal Force=29380.6 kN
Driving Horizontal Force=14873 kN

Method: spencer

FS: 1.945410
Center: 346423.575, 8041542.791
Radius: 135.175
Left Slip Surface Endpoint: 346395.895, 8041410.480
Right Slip Surface Endpoint: 346550.620, 8041496.619
Left Slope Intercept: 346395.895 8041496.865
Right Slope Intercept: 346550.620 8041496.865
Resisting Moment=4.1807e+006 kN-m
Driving Moment=2.14901e+006 kN-m
Resisting Horizontal Force=25790 kN
Driving Horizontal Force=13256.9 kN

Method: gle/morgenstern-price

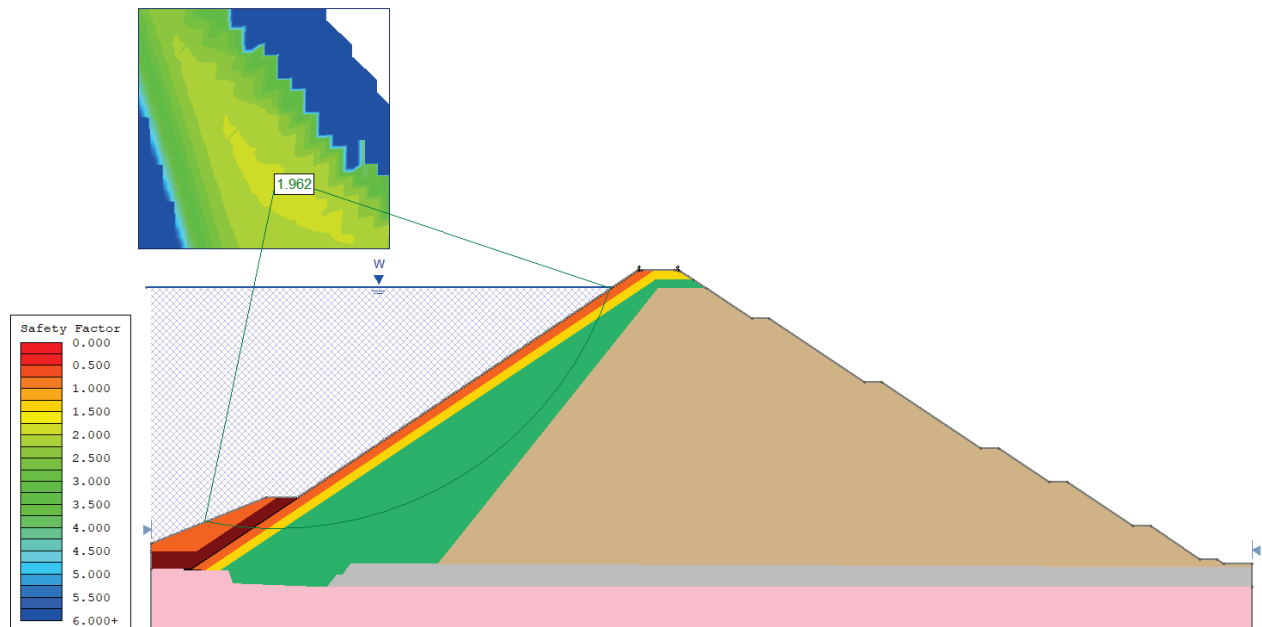
FS: 1.952300
Center: 346423.575, 8041542.791

Radius: 135.175
 Left Slip Surface Endpoint: 346395.895, 8041410.480
 Right Slip Surface Endpoint: 346550.620, 8041496.619
 Left Slope Intercept: 346395.895 8041496.865
 Right Slope Intercept: 346550.620 8041496.865
 Resisting Moment=4.1955e+006 kN-m
 Driving Moment=2.14901e+006 kN-m
 Resisting Horizontal Force=25881.3 kN
 Driving Horizontal Force=13256.9 kN

Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

-100 = Both surface / slope intersections are on the same horizontal surface. In general, this will give a very high or infinite factor of safety (zero driving force), if calculated.



- 102 = Two surface / slope intersections, but resulting arc is actually outside soil region.
- 105 = More than two surface / slope intersections with no valid slip surface.
- 108 = Total driving moment or total driving force < 0.1. This is to limit the calculation of extremely high safety factors if the driving force is very small (0.1 is an arbitrary number).
- 110 = The water table or a piezoline does not span the slip region for a given slip surface, when Water Surfaces is specified as the method of pore pressure calculation. If this error occurs, check that the water table or piezoline(s) span the appropriate soil cells.
- 111 = safety factor equation did not converge

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.9617

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	9.85449	7969.91	Zona de Impermeabilización	36.48	27.42	23.8956	46.876	812.716	792.678	20.0382
2	5.94227	5043.87	Zona de Confinamiento 1B	20	30	24.2178	47.508	851.189	803.543	47.6456
3	0.943107	819.832	Pantalla de concreto	2800	20	1457.64	2859.45	970.07	806.722	163.348
4	4.68013	4142.17	Zona de filtro 2A	2	28	22.1542	43.4598	886.065	808.09	77.9746
5	4.95898	4466.74	Zona de transición 2B	1	35	33.223	65.1736	900.922	809.273	91.6488
6	6.38704	5827.31	Zona Intermedia 3A	2	38	41.8492	82.0955	910.618	808.101	102.517
7	6.38704	6030.96	Zona Intermedia 3A	2	38	54.8708	107.64	939.025	803.812	135.213
8	6.38704	6255.88	Zona Intermedia 3A	2	38	69.8685	137.061	969.014	796.144	172.87
9	6.38704	6431.11	Zona Intermedia 3A	2	38	82.6299	162.095	989.942	785.029	204.913
10	6.38704	6555.15	Zona Intermedia 3A	2	38	93.2033	182.837	1001.83	770.367	231.46
11	6.38704	6626.03	Zona Intermedia 3A	2	38	101.617	199.342	1004.6	752.017	252.586
12	6.38704	6641.07	Zona Intermedia 3A	2	38	107.873	211.615	998.09	729.796	268.294
13	6.38704	6596.78	Zona Intermedia 3A	2	38	111.949	219.61	981.988	703.46	278.528
14	6.38704	6488.66	Zona Intermedia 3A	2	38	113.795	223.231	955.861	672.698	283.163
15	6.38704	6310.82	Zona Intermedia 3A	2	38	113.331	222.321	919.1	637.102	281.998
16	6.38704	6055.5	Zona Intermedia 3A	2	38	110.441	216.652	870.877	596.134	274.743
17	6.38704	5712.29	Zona Intermedia 3A	2	38	104.964	205.907	810.059	549.07	260.989
18	6.38704	5266.67	Zona Intermedia 3A	2	38	96.6758	189.649	735.086	494.906	240.18
19	6.38704	4697.67	Zona Intermedia 3A	2	38	85.2709	167.276	643.73	432.186	211.544
20	6.38704	3972.81	Zona Intermedia 3A	2	38	70.3176	137.942	532.656	358.659	173.997
21	6.38704	3036.91	Zona Intermedia 3A	2	38	51.192	100.423	396.474	270.498	125.976
22	6.38704	1779.24	Zona Intermedia 3A	2	38	26.9493	52.8665	225.13	160.024	65.1061
23	1.87368	236.952	Zona de transición 2B	1	35	9.99842	19.6139	101.962	75.3788	26.5834
24	1.59484	84.1941	Zona de filtro 2A	2	28	3.92199	7.69376	41.9585	31.2501	10.7084
25	0.232134	2.33133	Pantalla de concreto	2800	20	920.776	1806.29	-2723.95	6.26181	-2730.21

Global Minimum Query (janbu corrected) - Safety Factor: 1.97543

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	7.21277	6263.35	Zona de Impermeabilización	36.48	27.42	23.3851	46.1957	874.054	855.326	18.7275
2	7.21277	6543.05	Zona de Impermeabilización	36.48	27.42	29.8197	58.9067	912.491	869.263	43.2283
3	5.81571	5474.57	Zona de Confinamiento 1B	20	30	29.5683	58.4102	944.978	878.449	66.529
4	0.939605	904.399	Pantalla de concreto	2800	20	1457.54	2879.27	1099.93	882.127	217.805
5	4.5482	4453.26	Zona de filtro 2A	2	28	27.1328	53.5989	981.056	884.013	97.043
6	4.78647	4803.45	Zona de transición 2B	1	35	42.586	84.1256	1004.91	886.193	118.716
7	7.5222	7818.87	Zona Intermedia 3A	2	38	61.1381	120.774	1038.24	886.219	152.025
8	7.5222	8035.46	Zona Intermedia 3A	2	38	72.0344	142.299	1062.27	882.698	179.575
9	7.5222	8157.76	Zona Intermedia 3A	2	38	79.3412	156.733	1072.85	874.797	198.048
10	7.5222	8402.99	Zona Intermedia 3A	2	38	93.8464	185.387	1097.16	862.431	234.725
11	7.5222	8580.17	Zona Intermedia 3A	2	38	106	209.395	1110.92	845.465	265.455
12	7.5222	8675.89	Zona Intermedia 3A	2	38	115.348	227.862	1112.79	823.702	289.09
13	7.5222	8685.54	Zona Intermedia 3A	2	38	121.899	240.802	1102.52	796.871	305.652
14	7.5222	8602.98	Zona Intermedia 3A	2	38	125.62	248.154	1079.67	764.611	315.064
15	7.5222	8420.05	Zona Intermedia 3A	2	38	126.44	249.774	1043.58	726.441	317.136
16	7.5222	8125.73	Zona Intermedia 3A	2	38	124.233	245.413	993.268	681.713	311.555
17	7.5222	7704.95	Zona Intermedia 3A	2	38	118.811	234.702	927.385	629.539	297.846
18	7.5222	7136.39	Zona Intermedia 3A	2	38	109.906	217.111	843.995	568.665	275.33

19	7.5222	6388.5	Zona Intermedia 3A	2	38	97.1323	191.878	740.265	497.232	243.033
20	7.5222	5411.14	Zona Intermedia 3A	2	38	79.9299	157.896	611.826	412.288	199.538
21	7.5222	4115.2	Zona Intermedia 3A	2	38	57.4503	113.489	451.287	308.587	142.7
22	7.5222	2306.71	Zona Intermedia 3A	2	38	28.3143	55.9329	243.74	174.709	69.0306
23	1.70117	216.65	Zona de transición 2B	1	35	9.3085	18.3883	101.1	76.2668	24.833
24	1.4629	79.9923	Zona de filtro 2A	2	28	3.67912	7.26785	43.0431	33.1356	9.90749
25	0.214257	2.66654	Pantalla de concreto	2800	20	872.813	1724.18	-2947.16	8.63575	-2955.79

Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 1.94541

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	7.63093	6615.33	Zona de Impermeabilización	36.48	27.42	30.5268	59.3872	898.308	854.153	44.1553
2	7.63093	6886.02	Zona de Impermeabilización	36.48	27.42	35.9611	69.959	929.932	865.399	64.5332
3	6.17555	5764.29	Zona de Confinamiento 1B	20	30	35.2561	68.5876	956.181	872.026	84.1553
4	0.99752	950.529	Pantalla de concreto	2800	20	1482.77	2884.59	1106.75	874.33	232.417
5	4.84846	4693.39	Zona de filtro 2A	2	28	31.3723	61.0319	986.059	875.035	111.024
6	5.12285	5070.86	Zona de transición 2B	1	35	47.2829	91.9847	1005.07	875.129	129.939
7	7.3912	7532.9	Zona Intermedia 3A	2	38	61.678	119.989	1023.48	872.462	151.02
8	7.3912	7657.03	Zona Intermedia 3A	2	38	65.1282	126.701	1025.54	865.926	159.611
9	7.3912	7774.27	Zona Intermedia 3A	2	38	80.7758	157.142	1053.91	855.335	198.573
10	7.3912	7977.08	Zona Intermedia 3A	2	38	93.4446	181.788	1070.71	840.588	230.117
11	7.3912	8108.49	Zona Intermedia 3A	2	38	103.067	200.508	1075.62	821.54	254.079
12	7.3912	8164.81	Zona Intermedia 3A	2	38	110.123	214.234	1069.64	797.993	271.648
13	7.3912	8141.72	Zona Intermedia 3A	2	38	114.628	222.998	1052.55	769.687	282.864
14	7.3912	8033.47	Zona Intermedia 3A	2	38	116.565	226.767	1023.97	736.279	287.689
15	7.3912	7832.6	Zona Intermedia 3A	2	38	115.889	225.451	983.325	697.321	286.004
16	7.3912	7529.24	Zona Intermedia 3A	2	38	112.516	218.89	929.827	652.221	277.606
17	7.3912	7110.09	Zona Intermedia 3A	2	38	106.323	206.842	862.369	600.183	262.186
18	7.3912	6556.71	Zona Intermedia 3A	2	38	97.1358	188.969	779.411	540.102	239.309
19	7.3912	5842.51	Zona Intermedia 3A	2	38	84.7158	164.807	678.767	470.384	208.383
20	7.3912	4926.69	Zona Intermedia 3A	2	38	68.7433	133.734	557.197	388.585	168.612
21	7.3912	3740.63	Zona Intermedia 3A	2	38	48.7994	94.9349	409.544	290.593	118.951
22	7.3912	2149.75	Zona Intermedia 3A	2	38	24.3882	47.4451	226.51	168.343	58.1674
23	2.03755	260.437	Zona de transición 2B	1	35	8.34513	16.2347	98.4906	76.7332	21.7574
24	1.76317	93.5522	Zona de filtro 2A	2	28	3.33489	6.48773	39.9563	31.5161	8.44023
25	0.259294	2.5095	Pantalla de concreto	2800	20	998.048	1941.61	-2352.51	5.88776	-2358.39

Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 1.9523

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	7.63093	6615.33	Zona de Impermeabilización	36.48	27.42	24.5352	47.9001	876.167	854.153	22.0136
2	7.63093	6886.02	Zona de Impermeabilización	36.48	27.42	33.1423	64.7037	919.802	865.399	54.4026
3	6.17555	5764.29	Zona de Confinamiento 1B	20	30	34.7932	67.9268	955.038	872.026	83.0116
4	0.99752	950.529	Pantalla de concreto	2800	20	1471.75	2873.29	1075.7	874.33	201.368
5	4.84846	4693.39	Zona de filtro 2A	2	28	33.131	64.6817	992.921	875.035	117.886
6	5.12285	5070.86	Zona de transición 2B	1	35	50.6949	98.9717	1015.05	875.129	139.918
7	7.3912	7532.9	Zona Intermedia 3A	2	38	66.6721	130.164	1036.51	872.462	164.044
8	7.3912	7657.03	Zona Intermedia 3A	2	38	69.9129	136.491	1038.07	865.926	172.141
9	7.3912	7774.27	Zona Intermedia 3A	2	38	85.0213	165.987	1065.23	855.335	209.893
10	7.3912	7977.08	Zona Intermedia 3A	2	38	97.2048	189.773	1080.93	840.588	240.338
11	7.3912	8108.49	Zona Intermedia 3A	2	38	105.592	206.148	1082.84	821.54	261.297
12	7.3912	8164.81	Zona Intermedia 3A	2	38	110.967	216.641	1072.72	797.993	274.729
13	7.3912	8141.72	Zona Intermedia 3A	2	38	113.665	221.909	1051.16	769.687	281.47
14	7.3912	8033.47	Zona Intermedia 3A	2	38	113.977	222.518	1018.53	736.279	282.249
15	7.3912	7832.6	Zona Intermedia 3A	2	38	112.126	218.904	974.945	697.321	277.624
16	7.3912	7529.24	Zona Intermedia 3A	2	38	108.236	211.31	920.125	652.221	267.904
17	7.3912	7110.09	Zona Intermedia 3A	2	38	102.307	199.733	853.269	600.183	253.086
18	7.3912	6556.71	Zona Intermedia 3A	2	38	94.1751	183.858	772.87	540.102	232.768
19	7.3912	5842.51	Zona Intermedia 3A	2	38	83.481	162.98	676.43	470.384	206.046
20	7.3912	4926.69	Zona Intermedia 3A	2	38	69.5984	135.877	559.94	388.585	171.355

21	7.3912	3740.63	Zona Intermedia 3A	2	38	51.5268	100.596	416.79	290.593	126.197
22	7.3912	2149.75	Zona Intermedia 3A	2	38	27.6726	54.0253	234.933	168.343	66.5899
23	2.03755	260.437	Zona de transición 2B	1	35	10.5527	20.602	104.728	76.7332	27.9945
24	1.76317	93.5522	Zona de filtro 2A	2	28	4.43083	8.65031	44.0235	31.5161	12.5074
25	0.259294	2.5095	Pantalla de concreto	2800	20	951.445	1857.51	-2583.6	5.88776	-2589.48

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
346392	8.0415e+006
346551	8.0415e+006

External Boundary

X	Y
346769	8.04138e+006
346769	8.04139e+006
346769	8.0414e+006
346760	8.0414e+006
346758	8.0414e+006
346752	8.0414e+006
346735	8.04142e+006
346729	8.04142e+006
346706	8.04143e+006
346700	8.04143e+006
346683	8.04144e+006
346677	8.04144e+006
346643	8.04146e+006
346637	8.04146e+006
346605	8.04149e+006
346599	8.04149e+006
346583	8.0415e+006
346579	8.0415e+006
346574	8.0415e+006
346574	8.0415e+006
346573	8.0415e+006
346573	8.0415e+006
346573	8.0415e+006
346573	8.0415e+006
346572	8.0415e+006
346561	8.0415e+006
346560	8.0415e+006
346560	8.0415e+006
346560	8.0415e+006
346560	8.0415e+006
346560	8.0415e+006
346551	8.0415e+006
346443	8.04143e+006
346437	8.04143e+006
346433	8.04143e+006
346394	8.04141e+006
346394	8.04141e+006
346394	8.0414e+006
346394	8.04138e+006

Material Boundary

X	Y
346408	8.0414e+006

346408	8.0414e+006
--------	-------------

Material Boundary

X	Y
346405	8.0414e+006
346405	8.0414e+006
346409	8.0414e+006
346411	8.0414e+006

Material Boundary

X	Y
346394	8.04141e+006
346409	8.04141e+006
346437	8.04143e+006

Material Boundary

X	Y
346412	8.0414e+006
346411	8.0414e+006
346411	8.0414e+006
346409	8.0414e+006
346408	8.0414e+006
346408	8.0414e+006
346560	8.0415e+006
346561	8.0415e+006
346561	8.0415e+006
346561	8.0415e+006
346561	8.0415e+006
346565	8.0415e+006

Material Boundary

X	Y
346561	8.0415e+006
346561	8.0415e+006

Material Boundary

X	Y
346417	8.0414e+006
346412	8.0414e+006
346565	8.0415e+006
346572	8.0415e+006
346572	8.0415e+006
346573	8.0415e+006
346573	8.0415e+006
346573	8.0415e+006
346574	8.0415e+006

Material Boundary

X	Y
346422	8.0414e+006
346417	8.0414e+006
346420	8.0414e+006
346422	8.0414e+006
346424	8.0414e+006
346454	8.04139e+006

Material Boundary

X	Y
346491	8.0414e+006
346493	8.0414e+006
346505	8.04142e+006
346566	8.0415e+006
346583	8.0415e+006

Material Boundary

X	Y
346422	8.0414e+006
346566	8.0415e+006
346579	8.0415e+006

Material Boundary

X	Y
346769	8.04139e+006
346454	8.04139e+006
346457	8.0414e+006
346459	8.0414e+006
346462	8.0414e+006
346491	8.0414e+006
346769	8.0414e+006
346769	8.0414e+006

Material Boundary

X	Y
346394	8.0414e+006
346405	8.0414e+006
346407	8.0414e+006
346407	8.0414e+006
346407	8.0414e+006
346408	8.0414e+006
346413	8.04141e+006
346416	8.04141e+006
346443	8.04143e+006

Slide Analysis Information

TESIS: APLICACIÓN DE LA CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA EN EL DISEÑO DE LA PRESA SAMA EN EL DISTRITO DE INCLÁN, TACNA

Project Summary

File Name: TALUD AGUAS ABAJO AL FINAL DE LA CONSTRUCCION - ESTÁTICO

Slide Modeler Version: 6.005

Project Title: TESIS: APLICACIÓN DE LA CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA EN EL DISEÑO DE LA PRESA SAMA EN EL DISTRITO DE INCLÁN, TACNA

Analysis: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE LA PRESA

Author: ING. EDWIN HILARIO CONDORI MAMANI

Date Created: 20/02/2026, 22:28:00

General Settings

Units of Measurement: Metric Units

Time Units: days

Permeability Units: meters/second

Failure Direction: Left to Right

Data Output: Standard

Maximum Material Properties: 20

Maximum Support Properties: 20

Analysis Options

Analysis Methods Used

Bishop simplified

GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine

Janbu corrected

Spencer

Number of slices: 25

Tolerance: 0.005

Maximum number of iterations: 50

Check malpha < 0.2: Yes

Initial trial value of FS: 1

Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method: Water Surfaces

Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³

Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

Pseudo-random Seed: 10116

Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options

Surface Type: Circular
 Search Method: Grid Search
 Radius Increment: 10
 Composite Surfaces: Disabled
 Reverse Curvature: Create Tension Crack
 Minimum Elevation: Not Defined
 Minimum Depth: Not Defined

Material Properties

Property	Pantalla de concreto	Zona de filtro 2A	Zona de transición 2B	Zona Intermedia 3A	Zona de enrocado 3B	Relleno fluvio-aluvial	Roca Intrusiva
Color							
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	24	19	19.3	21.65	22.46	20	26
Cohesion [kPa]	2800	0	0	2	0	0	4500
Friction Angle [deg]	20	34	34	38	42	34	35.5
Water Surface	None	None	None	None	None	None	None
Ru Value	0	0	0	0	0	0	0

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 1.804660
 Center: 346734.565, 8041588.522
 Radius: 169.530
 Left Slip Surface Endpoint: 346599.473, 8041486.098
 Right Slip Surface Endpoint: 346722.730, 8041419.405
 Resisting Moment=4.60896e+006 kN-m
 Driving Moment=2.55393e+006 kN-m

Method: janbu corrected

FS: 1.764900
 Center: 346734.565, 8041583.924
 Radius: 165.344
 Left Slip Surface Endpoint: 346601.265, 8041486.098
 Right Slip Surface Endpoint: 346723.403, 8041418.957
 Resisting Horizontal Force=23385.8 kN
 Driving Horizontal Force=13250.5 kN

Method: spencer

FS: 1.803970
 Center: 346734.565, 8041588.522
 Radius: 169.530
 Left Slip Surface Endpoint: 346599.473, 8041486.098
 Right Slip Surface Endpoint: 346722.730, 8041419.405
 Resisting Moment=4.60722e+006 kN-m
 Driving Moment=2.55393e+006 kN-m
 Resisting Horizontal Force=23845.9 kN
 Driving Horizontal Force=13218.5 kN

Method: gle/morgenstern-price

FS: 1.801820
 Center: 346734.565, 8041583.924
 Radius: 165.344
 Left Slip Surface Endpoint: 346601.265, 8041486.098
 Right Slip Surface Endpoint: 346723.403, 8041418.957
 Resisting Moment=4.36708e+006 kN-m
 Driving Moment=2.42371e+006 kN-m
 Resisting Horizontal Force=23194.6 kN
 Driving Horizontal Force=12872.9 kN

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 4808
 Number of Invalid Surfaces: 43

Error Codes:

Error Code -105 reported for 36 surfaces
 Error Code -112 reported for 7 surfaces

Method: janbu corrected

Number of Valid Surfaces: 4809
 Number of Invalid Surfaces: 42

Error Codes:

Error Code -105 reported for 36 surfaces
 Error Code -112 reported for 6 surfaces

Method: spencer

Number of Valid Surfaces: 4555
 Number of Invalid Surfaces: 296

Error Codes:

Error Code -105 reported for 36 surfaces
 Error Code -108 reported for 168 surfaces
 Error Code -111 reported for 85 surfaces
 Error Code -112 reported for 7 surfaces

Method: gle/morgenstern-price

Number of Valid Surfaces: 4806
 Number of Invalid Surfaces: 45

Error Codes:

Error Code -105 reported for 36 surfaces
 Error Code -111 reported for 2 surfaces
 Error Code -112 reported for 7 surfaces

Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

- 105 = More than two surface / slope intersections with no valid slip surface.
- 108 = Total driving moment or total driving force < 0.1. This is to limit the calculation of extremely high safety factors if the

driving force is very small (0.1 is an arbitrary number).

-111 = safety factor equation did not converge

-112 = The coefficient $M\text{-}\alpha = \cos(\alpha)(1 + \tan(\alpha)\tan(\phi))/F < 0.2$ for the final iteration of the safety factor calculation. This screens out some slip surfaces which may not be valid in the context of the analysis, in particular, deep seated slip surfaces with many high negative base angle slices in the passive zone.

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.80466

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	4.93029	343.096	Zona de enrocado 3B	0	42	21.3391	38.5099	42.7696	0	42.7696
2	4.93029	837.606	Zona de enrocado 3B	0	42	53.9318	97.3285	108.094	0	108.094
3	4.93029	1073.82	Zona de enrocado 3B	0	42	71.2976	128.668	142.9	0	142.9
4	4.93029	1260.64	Zona de enrocado 3B	0	42	86.05	155.291	172.468	0	172.468
5	4.93029	1404.5	Zona de enrocado 3B	0	42	98.3205	177.435	197.061	0	197.061
6	4.93029	1509.91	Zona de enrocado 3B	0	42	108.191	195.248	216.845	0	216.845
7	4.93029	1580.54	Zona de enrocado 3B	0	42	115.735	208.862	231.965	0	231.965
8	4.93029	1643.37	Zona de enrocado 3B	0	42	122.811	221.632	246.147	0	246.147
9	4.93029	1939.17	Zona de enrocado 3B	0	42	147.731	266.605	296.095	0	296.095
10	4.93029	2053.89	Zona de enrocado 3B	0	42	159.361	287.593	319.404	0	319.404
11	4.93029	2010.48	Zona de enrocado 3B	0	42	158.747	286.485	318.175	0	318.175
12	4.93029	1942.99	Zona de enrocado 3B	0	42	156.021	281.565	312.71	0	312.71
13	4.93029	1852.69	Zona de enrocado 3B	0	42	151.208	272.879	303.063	0	303.063
14	4.93029	1740.66	Zona de enrocado 3B	0	42	144.32	260.449	289.258	0	289.258
15	4.93029	1607.85	Zona de enrocado 3B	0	42	135.371	244.298	271.321	0	271.321
16	4.93029	1472.73	Zona de enrocado 3B	0	42	125.867	227.148	252.273	0	252.273
17	4.93029	1576.72	Zona de enrocado 3B	0	42	136.752	246.79	274.088	0	274.088
18	4.93029	1535.4	Zona de enrocado 3B	0	42	135.109	243.825	270.795	0	270.795
19	4.93029	1326.66	Zona de enrocado 3B	0	42	118.421	213.709	237.347	0	237.347
20	4.93029	1100.32	Zona de enrocado 3B	0	42	99.6149	179.771	199.655	0	199.655
21	4.93029	914.006	Zona de enrocado 3B	0	42	83.9177	151.443	168.194	0	168.194
22	4.93029	960.878	Zona de enrocado 3B	0	42	89.4628	161.45	179.309	0	179.309

23	4.93029	762.055	Zona de enrocado 3B	0	42	71.9487	129.843	144.206	0	144.206
24	4.93029	468.567	Zona de enrocado 3B	0	42	44.8621	80.9609	89.9161	0	89.9161
25	4.93029	158.871	Zona de enrocado 3B	0	42	15.4257	27.8382	30.9174	0	30.9174

Global Minimum Query (janbu corrected) - Safety Factor: 1.7649

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	4.88553	331.367	Zona de enrocado 3B	0	42	20.5993	36.3557	40.377	0	40.377
2	4.88553	724.637	Zona de enrocado 3B	0	42	46.7821	82.5657	91.6985	0	91.6985
3	4.88553	971.137	Zona de enrocado 3B	0	42	64.819	114.399	127.053	0	127.053
4	4.88553	1167.06	Zona de enrocado 3B	0	42	80.2561	141.644	157.311	0	157.311
5	4.88553	1318.71	Zona de enrocado 3B	0	42	93.1798	164.453	182.643	0	182.643
6	4.88553	1430.99	Zona de enrocado 3B	0	42	103.669	182.965	203.202	0	203.202
7	4.88553	1507.76	Zona de enrocado 3B	0	42	111.793	197.303	219.127	0	219.127
8	4.88553	1630.08	Zona de enrocado 3B	0	42	123.516	217.993	242.106	0	242.106
9	4.88553	1948.19	Zona de enrocado 3B	0	42	150.678	265.931	295.347	0	295.347
10	4.88553	1992.89	Zona de enrocado 3B	0	42	157.166	277.383	308.065	0	308.065
11	4.88553	1954.2	Zona de enrocado 3B	0	42	157.011	277.108	307.76	0	307.76
12	4.88553	1891.28	Zona de enrocado 3B	0	42	154.697	273.024	303.224	0	303.224
13	4.88553	1805.44	Zona de enrocado 3B	0	42	150.245	265.168	294.499	0	294.499
14	4.88553	1697.81	Zona de enrocado 3B	0	42	143.672	253.566	281.613	0	281.613
15	4.88553	1569.34	Zona de enrocado 3B	0	42	134.982	238.229	264.579	0	264.579
16	4.88553	1471.91	Zona de enrocado 3B	0	42	128.633	227.024	252.134	0	252.134
17	4.88553	1606.1	Zona de enrocado 3B	0	42	142.568	251.618	279.45	0	279.45
18	4.88553	1505.83	Zona de enrocado 3B	0	42	135.736	239.561	266.059	0	266.059
19	4.88553	1301.46	Zona de enrocado 3B	0	42	119.107	210.212	233.465	0	233.465
20	4.88553	1079.48	Zona de enrocado 3B	0	42	100.287	176.997	196.576	0	196.576
21	4.88553	938.319	Zona de enrocado 3B	0	42	88.4838	156.165	173.439	0	173.439
22	4.88553	980.728	Zona de enrocado 3B	0	42	93.8682	165.668	183.993	0	183.993
			Zona de							

			enrocado 3B							
24	4.88553	461.664	Zona de enrocado 3B	0	42	45.5214	80.3407	89.2273	0	89.2273
25	4.88553	156.567	Zona de enrocado 3B	0	42	15.6707	27.6573	30.7165	0	30.7165

Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 1.80397

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	4.93029	343.096	Zona de enrocado 3B	0	42	17.3396	31.2802	34.7402	0	34.7402
2	4.93029	837.606	Zona de enrocado 3B	0	42	44.6767	80.5954	89.5102	0	89.5102
3	4.93029	1073.82	Zona de enrocado 3B	0	42	60.1934	108.587	120.598	0	120.598
4	4.93029	1260.64	Zona de enrocado 3B	0	42	74.0162	133.523	148.293	0	148.293
5	4.93029	1404.5	Zona de enrocado 3B	0	42	86.1367	155.388	172.575	0	172.575
6	4.93029	1509.91	Zona de enrocado 3B	0	42	96.5121	174.105	193.363	0	193.363
7	4.93029	1580.54	Zona de enrocado 3B	0	42	105.099	189.596	210.567	0	210.567
8	4.93029	1643.37	Zona de enrocado 3B	0	42	113.508	204.765	227.416	0	227.416
9	4.93029	1939.17	Zona de enrocado 3B	0	42	138.946	250.655	278.381	0	278.381
10	4.93029	2053.89	Zona de enrocado 3B	0	42	152.505	275.115	305.547	0	305.547
11	4.93029	2010.48	Zona de enrocado 3B	0	42	154.56	278.822	309.663	0	309.663
12	4.93029	1942.99	Zona de enrocado 3B	0	42	154.54	278.786	309.624	0	309.624
13	4.93029	1852.69	Zona de enrocado 3B	0	42	152.367	274.866	305.269	0	305.269
14	4.93029	1740.66	Zona de enrocado 3B	0	42	147.949	266.896	296.417	0	296.417
15	4.93029	1607.85	Zona de enrocado 3B	0	42	141.189	254.7	282.874	0	282.874
16	4.93029	1472.73	Zona de enrocado 3B	0	42	133.574	240.963	267.617	0	267.617
17	4.93029	1576.72	Zona de enrocado 3B	0	42	147.682	266.413	295.881	0	295.881
18	4.93029	1535.4	Zona de enrocado 3B	0	42	148.502	267.893	297.526	0	297.526
19	4.93029	1326.66	Zona de enrocado 3B	0	42	132.501	239.028	265.467	0	265.467
20	4.93029	1100.32	Zona de enrocado 3B	0	42	113.491	204.735	227.381	0	227.381
21	4.93029	914.006	Zona de enrocado 3B	0	42	97.378	175.667	195.098	0	195.098
22	4.93029	960.878	Zona de enrocado 3B	0	42	105.769	190.805	211.912	0	211.912
23	4.93029	762.055	Zona de enrocado 3B	0	42	86.6982	156.401	173.701	0	173.701

24	4.93029	468.567	Zona de enrocado 3B	0	42	55.1205	99.4358	110.435	0	110.435
25	4.93029	158.871	Zona de enrocado 3B	0	42	20.8378	37.5907	41.7488	0	41.7488

Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 1.80182

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	4.88553	331.367	Zona de enrocado 3B	0	42	19.828	35.7265	39.6783	0	39.6783
2	4.88553	724.637	Zona de enrocado 3B	0	42	43.0815	77.6251	86.2114	0	86.2114
3	4.88553	971.137	Zona de enrocado 3B	0	42	57.5407	103.678	115.146	0	115.146
4	4.88553	1167.06	Zona de enrocado 3B	0	42	69.5075	125.24	139.093	0	139.093
5	4.88553	1318.71	Zona de enrocado 3B	0	42	79.5573	143.348	159.204	0	159.204
6	4.88553	1430.99	Zona de enrocado 3B	0	42	88.0726	158.691	176.244	0	176.244
7	4.88553	1507.76	Zona de enrocado 3B	0	42	95.3014	171.716	190.711	0	190.711
8	4.88553	1630.08	Zona de enrocado 3B	0	42	106.784	192.406	213.688	0	213.688
9	4.88553	1948.19	Zona de enrocado 3B	0	42	133.653	240.819	267.457	0	267.457
10	4.88553	1992.89	Zona de enrocado 3B	0	42	142.672	257.07	285.505	0	285.505
11	4.88553	1954.2	Zona de enrocado 3B	0	42	146.454	263.883	293.072	0	293.072
12	4.88553	1891.28	Zona de enrocado 3B	0	42	148.874	268.244	297.916	0	297.916
13	4.88553	1805.44	Zona de enrocado 3B	0	42	149.574	269.505	299.316	0	299.316
14	4.88553	1697.81	Zona de enrocado 3B	0	42	148.125	266.894	296.415	0	296.415
15	4.88553	1569.34	Zona de enrocado 3B	0	42	144.072	259.592	288.305	0	288.305
16	4.88553	1471.91	Zona de enrocado 3B	0	42	141.676	255.275	283.511	0	283.511
17	4.88553	1606.1	Zona de enrocado 3B	0	42	159.864	288.046	319.908	0	319.908
18	4.88553	1505.83	Zona de enrocado 3B	0	42	154.77	278.867	309.713	0	309.713
19	4.88553	1301.46	Zona de enrocado 3B	0	42	137.58	247.894	275.315	0	275.315
20	4.88553	1079.48	Zona de enrocado 3B	0	42	116.642	210.168	233.414	0	233.414
21	4.88553	938.319	Zona de enrocado 3B	0	42	102.258	184.25	204.631	0	204.631
22	4.88553	980.728	Zona de enrocado 3B	0	42	105.267	189.672	210.652	0	210.652
23	4.88553	750.584	Zona de enrocado 3B	0	42	79.5784	143.386	159.247	0	159.247
			Zona de							

			enrocado 3B							
25	4.88553	156.567	Zona de enrocado 3B	0	42	16.0853	28.9829	32.1887	0	32.1887

List Of Coordinates

Focus Search Line

X	Y
346654	8.04141e+006
346665	8.04143e+006

External Boundary

X	Y
346769	8.04138e+006
346769	8.04139e+006
346769	8.0414e+006
346760	8.0414e+006
346758	8.0414e+006
346752	8.0414e+006
346735	8.04142e+006
346729	8.04142e+006
346706	8.04143e+006
346700	8.04143e+006
346683	8.04144e+006
346677	8.04144e+006
346643	8.04146e+006
346637	8.04146e+006
346605	8.04149e+006
346599	8.04149e+006
346583	8.0415e+006
346579	8.0415e+006
346574	8.0415e+006
346574	8.0415e+006
346573	8.0415e+006
346573	8.0415e+006
346573	8.0415e+006
346573	8.0415e+006
346572	8.0415e+006
346561	8.0415e+006
346560	8.0415e+006
346560	8.0415e+006
346560	8.0415e+006
346560	8.0415e+006
346551	8.0415e+006
346416	8.04141e+006
346394	8.04141e+006
346394	8.0414e+006
346394	8.04138e+006

Material Boundary

X	Y
346408	8.0414e+006
346408	8.0414e+006

Material Boundary

X	Y
346405	8.0414e+006
346405	8.0414e+006
346409	8.0414e+006
346411	8.0414e+006

Material Boundary

X	Y
346412	8.0414e+006
346411	8.0414e+006
346411	8.0414e+006
346409	8.0414e+006
346408	8.0414e+006
346408	8.0414e+006
346560	8.0415e+006
346561	8.0415e+006
346561	8.0415e+006
346561	8.0415e+006
346561	8.0415e+006
346565	8.0415e+006

Material Boundary

X	Y
346561	8.0415e+006
346561	8.0415e+006

Material Boundary

X	Y
346417	8.0414e+006
346412	8.0414e+006
346565	8.0415e+006
346572	8.0415e+006
346572	8.0415e+006
346573	8.0415e+006
346573	8.0415e+006
346573	8.0415e+006
346574	8.0415e+006

Material Boundary

X	Y
346422	8.0414e+006
346417	8.0414e+006

346420	8.0414e+006
346423	8.0414e+006
346455	8.0414e+006

Material Boundary

X	Y
346491	8.0414e+006
346493	8.0414e+006
346505	8.04142e+006
346566	8.0415e+006
346583	8.0415e+006

Material Boundary

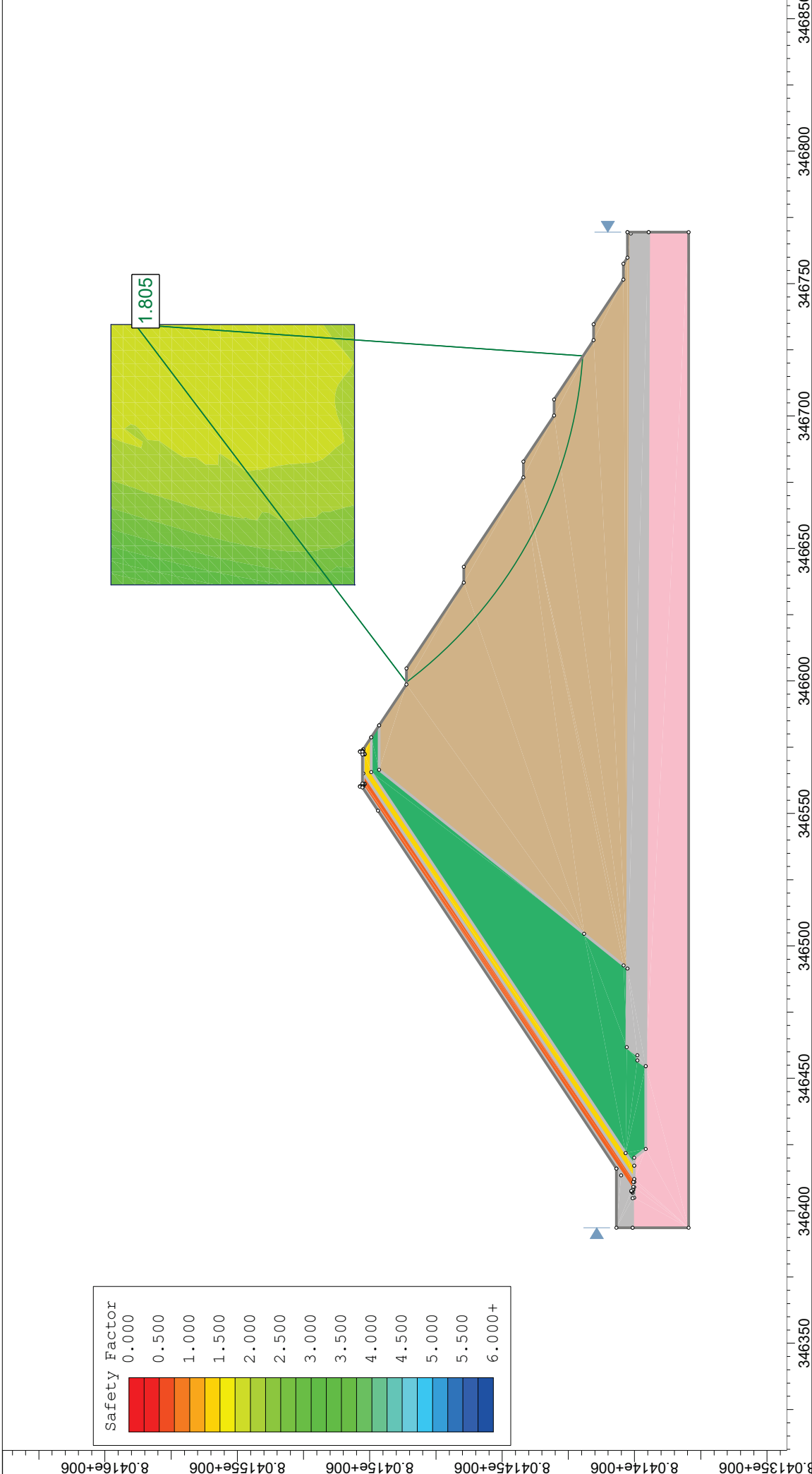
X	Y
346422	8.0414e+006
346566	8.0415e+006
346579	8.0415e+006

Material Boundary

X	Y
346769	8.04139e+006
346455	8.0414e+006
346457	8.0414e+006
346459	8.0414e+006
346462	8.0414e+006
346491	8.0414e+006
346769	8.0414e+006
346769	8.0414e+006

Material Boundary

X	Y
346394	8.0414e+006
346405	8.0414e+006
346407	8.0414e+006
346407	8.0414e+006
346407	8.0414e+006
346408	8.0414e+006
346413	8.04141e+006
346416	8.04141e+006



Project		ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE LA PRESA	
Tesis: APLICACIÓN DE LA CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA EN EL DISEÑO DE LA PRESA SAMA EN EL DISTRITO DE INCLÉN, TACNA		Company	
Ing. EDWIN HILARIO CONDORI MAMANI		Scale	1:2013.6
Date		20/02/2026, 22:28:00	
SLIDEINTERPRET 6.005		TACNA AGUAS ABAJO AL FINAL DE LA CONSTRUCCIÓN - ESTÉTICO.slm	

Slide Analysis Information

TESIS: APLICACIÓN DE LA CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA EN EL DISEÑO DE LA PRESA SAMA EN EL DISTRITO DE INCLÁN, TACNA

Project Summary

File Name: TALUD AGUAS ABAJO AL FINAL DE LA CONSTRUCCIÓN CON SISMO

Slide Modeler Version: 6.005

Project Title: TESIS: APLICACIÓN DE LA CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA EN EL DISEÑO DE LA PRESA SAMA EN EL DISTRITO DE INCLÁN, TACNA

Analysis: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE LA PRESA

Author: ING. EDWIN HILARIO CONDORI MAMANI

Date Created: 20/02/2026, 22:28:00

General Settings

Units of Measurement: Metric Units

Time Units: days

Permeability Units: meters/second

Failure Direction: Left to Right

Data Output: Standard

Maximum Material Properties: 20

Maximum Support Properties: 20

Analysis Options

Analysis Methods Used

Bishop simplified

GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine

Janbu corrected

Spencer

Number of slices: 25

Tolerance: 0.005

Maximum number of iterations: 50

Check malpha < 0.2: Yes

Initial trial value of FS: 1

Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method: Water Surfaces

Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³

Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

Pseudo-random Seed: 10116

Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options

Surface Type: Circular
 Search Method: Grid Search
 Radius Increment: 10
 Composite Surfaces: Disabled
 Reverse Curvature: Create Tension Crack
 Minimum Elevation: Not Defined
 Minimum Depth: Not Defined

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.23

Material Properties

Property	Pantalla de concreto	Zona de filtro 2A	Zona de transición 2B	Zona Intermedia 3A	Zona de enrocado 3B	Relleno fluvio-aluvial	Roca Intrusiva
Color							
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	24	19	19.3	21.65	22.46	20	26
Cohesion [kPa]	2800	0	0	2	0	0	4500
Friction Angle [deg]	20	34	34	38	42	34	35.5
Water Surface	None	None	None	None	None	None	None
Ru Value	0	0	0	0	0	0	0

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 1.132280
 Center: 346734.565, 8041593.119
 Radius: 173.736
 Left Slip Surface Endpoint: 346596.653, 8041487.457
 Right Slip Surface Endpoint: 346722.091, 8041419.831
 Resisting Moment=4.32618e+006 kN-m
 Driving Moment=3.82075e+006 kN-m

Method: janbu corrected

FS: 1.098810
 Center: 346734.565, 8041588.522
 Radius: 169.530
 Left Slip Surface Endpoint: 346599.473, 8041486.098
 Right Slip Surface Endpoint: 346722.730, 8041419.405
 Resisting Horizontal Force=21381.9 kN
 Driving Horizontal Force=19459.1 kN

Method: spencer

FS: 1.143600
 Center: 346734.565, 8041597.717
 Radius: 177.962
 Left Slip Surface Endpoint: 346592.974, 8041489.910
 Right Slip Surface Endpoint: 346721.484, 8041420.236
 Resisting Moment=4.60552e+006 kN-m

Driving Moment=4.02722e+006 kN-m
 Resisting Horizontal Force=22953.1 kN
 Driving Horizontal Force=20071 kN

Method: gle/morgenstern-price

FS: 1.138650
 Center: 346734.565, 8041593.119
 Radius: 173.736
 Left Slip Surface Endpoint: 346596.653, 8041487.457
 Right Slip Surface Endpoint: 346722.091, 8041419.831
 Resisting Moment=4.35049e+006 kN-m
 Driving Moment=3.82075e+006 kN-m
 Resisting Horizontal Force=22240.7 kN
 Driving Horizontal Force=19532.6 kN

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 4815
 Number of Invalid Surfaces: 36

Error Codes:

Error Code -105 reported for 36 surfaces

Method: janbu corrected

Number of Valid Surfaces: 4815
 Number of Invalid Surfaces: 36

Error Codes:

Error Code -105 reported for 36 surfaces

Method: spencer

Number of Valid Surfaces: 4205
 Number of Invalid Surfaces: 646

Error Codes:

Error Code -105 reported for 36 surfaces
 Error Code -108 reported for 352 surfaces
 Error Code -111 reported for 258 surfaces

Method: gle/morgenstern-price

Number of Valid Surfaces: 4814
 Number of Invalid Surfaces: 37

Error Codes:

Error Code -105 reported for 36 surfaces
 Error Code -111 reported for 1 surface

Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

- 105 = More than two surface / slope intersections with no valid slip surface.
- 108 = Total driving moment or total driving force < 0.1. This is to limit the calculation of extremely high safety factors if the driving force is very small (0.1 is an arbitrary number).
- 111 = safety factor equation did not converge

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.13228

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	5.01754	229.87	Zona de enrocado 3B	0	42	18.3178	20.7409	23.0352	0	23.0352
2	5.01754	842.042	Zona de enrocado 3B	0	42	70.1407	79.4189	88.2036	0	88.2036
3	5.01754	1149.44	Zona de enrocado 3B	0	42	99.6317	112.811	125.29	0	125.29
4	5.01754	1338.96	Zona de enrocado 3B	0	42	120.342	136.261	151.334	0	151.334
5	5.01754	1484.69	Zona de enrocado 3B	0	42	137.974	156.225	173.505	0	173.505
6	5.01754	1591.21	Zona de enrocado 3B	0	42	152.547	172.726	191.832	0	191.832
7	5.01754	1662.17	Zona de enrocado 3B	0	42	164.08	185.784	206.335	0	206.335
8	5.01754	1700.58	Zona de enrocado 3B	0	42	172.584	195.413	217.028	0	217.028
9	5.01754	1873.38	Zona de enrocado 3B	0	42	195.203	221.024	245.471	0	245.471
10	5.01754	2127.13	Zona de enrocado 3B	0	42	227.32	257.39	285.861	0	285.861
11	5.01754	2094.15	Zona de enrocado 3B	0	42	229.317	259.651	288.372	0	288.372
12	5.01754	2023.55	Zona de enrocado 3B	0	42	226.879	256.891	285.306	0	285.306
13	5.01754	1929.51	Zona de enrocado 3B	0	42	221.36	250.641	278.365	0	278.365
14	5.01754	1813.17	Zona de enrocado 3B	0	42	212.73	240.87	267.513	0	267.513
15	5.01754	1675.44	Zona de enrocado 3B	0	42	200.941	227.522	252.688	0	252.688
16	5.01754	1517.29	Zona de enrocado 3B	0	42	185.954	210.552	233.842	0	233.842
17	5.01754	1535.92	Zona de enrocado 3B	0	42	192.303	217.741	241.827	0	241.827
18	5.01754	1587.05	Zona de enrocado 3B	0	42	202.956	229.803	255.223	0	255.223
19	5.01754	1376.94	Zona de enrocado 3B	0	42	179.831	203.619	226.142	0	226.142
20	5.01754	1142.98	Zona de enrocado 3B	0	42	152.438	172.602	191.694	0	191.694
21	5.01754	914.954	Zona de enrocado 3B	0	42	124.612	141.096	156.703	0	156.703
22	5.01754	939.531	Zona de enrocado 3B	0	42	130.679	147.965	164.332	0	164.332

23	5.01754	786.785	Zona de enrocado 3B	0	42	111.773	126.558	140.556	0	140.556
24	5.01754	483.723	Zona de enrocado 3B	0	42	70.2	79.486	88.2781	0	88.2781
25	5.01754	164.008	Zona de enrocado 3B	0	42	24.3205	27.5376	30.5837	0	30.5837

Global Minimum Query (janbu corrected) - Safety Factor: 1.09881

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	4.93029	343.096	Zona de enrocado 3B	0	42	27.6924	30.4287	33.7945	0	33.7945
2	4.93029	837.606	Zona de enrocado 3B	0	42	70.8243	77.8224	86.4305	0	86.4305
3	4.93029	1073.82	Zona de enrocado 3B	0	42	94.6642	104.018	115.524	0	115.524
4	4.93029	1260.64	Zona de enrocado 3B	0	42	115.436	126.842	140.872	0	140.872
5	4.93029	1404.5	Zona de enrocado 3B	0	42	133.189	146.349	162.538	0	162.538
6	4.93029	1509.91	Zona de enrocado 3B	0	42	147.93	162.547	180.526	0	180.526
7	4.93029	1580.54	Zona de enrocado 3B	0	42	159.667	175.444	194.851	0	194.851
8	4.93029	1643.37	Zona de enrocado 3B	0	42	170.901	187.788	208.561	0	208.561
9	4.93029	1939.17	Zona de enrocado 3B	0	42	207.317	227.802	253.001	0	253.001
10	4.93029	2053.89	Zona de enrocado 3B	0	42	225.484	247.764	275.17	0	275.17
11	4.93029	2010.48	Zona de enrocado 3B	0	42	226.435	248.809	276.331	0	276.331
12	4.93029	1942.99	Zona de enrocado 3B	0	42	224.324	246.49	273.755	0	273.755
13	4.93029	1852.69	Zona de enrocado 3B	0	42	219.122	240.773	267.406	0	267.406
14	4.93029	1740.66	Zona de enrocado 3B	0	42	210.783	231.61	257.23	0	257.23
15	4.93029	1607.85	Zona de enrocado 3B	0	42	199.258	218.947	243.165	0	243.165
16	4.93029	1472.73	Zona de enrocado 3B	0	42	186.72	205.17	227.863	0	227.863
17	4.93029	1576.72	Zona de enrocado 3B	0	42	204.458	224.661	249.511	0	249.511
18	4.93029	1535.4	Zona de enrocado 3B	0	42	203.597	223.714	248.46	0	248.46
19	4.93029	1326.66	Zona de enrocado 3B	0	42	179.872	197.645	219.508	0	219.508
20	4.93029	1100.32	Zona de enrocado 3B	0	42	152.529	167.6	186.138	0	186.138
21	4.93029	914.006	Zona de enrocado 3B	0	42	129.546	142.346	158.091	0	158.091
22	4.93029	960.878	Zona de enrocado 3B	0	42	139.259	153.019	169.944	0	169.944
			Zona de							

			enrocado 3B							
24	4.93029	468.567	Zona de enrocado 3B	0	42	71.0419	78.0616	86.6962	0	86.6962
25	4.93029	158.871	Zona de enrocado 3B	0	42	24.6466	27.0819	30.0774	0	30.0774

Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 1.1436

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	5.14039	173.736	Zona de enrocado 3B	0	42	9.58019	10.9559	12.1677	0	12.1677
2	5.14039	644.584	Zona de enrocado 3B	0	42	38.2922	43.791	48.6348	0	48.6348
3	5.14039	1189.47	Zona de enrocado 3B	0	42	75.6642	86.5296	96.1009	0	96.1009
4	5.14039	1406.91	Zona de enrocado 3B	0	42	95.3952	109.094	121.161	0	121.161
5	5.14039	1562.59	Zona de enrocado 3B	0	42	112.542	128.703	142.939	0	142.939
6	5.14039	1676.82	Zona de enrocado 3B	0	42	127.94	146.312	162.496	0	162.496
7	5.14039	1753.54	Zona de enrocado 3B	0	42	141.446	161.758	179.65	0	179.65
8	5.14039	1795.88	Zona de enrocado 3B	0	42	152.911	174.869	194.211	0	194.211
9	5.14039	1839.97	Zona de enrocado 3B	0	42	165.18	188.9	209.794	0	209.794
10	5.14039	2136.39	Zona de enrocado 3B	0	42	202.051	231.066	256.624	0	256.624
11	5.14039	2202.94	Zona de enrocado 3B	0	42	219.377	250.88	278.632	0	278.632
12	5.14039	2130.4	Zona de enrocado 3B	0	42	223.327	255.397	283.648	0	283.648
13	5.14039	2033.16	Zona de enrocado 3B	0	42	224.349	256.566	284.945	0	284.945
14	5.14039	1912.44	Zona de enrocado 3B	0	42	222.169	254.073	282.178	0	282.178
15	5.14039	1769.24	Zona de enrocado 3B	0	42	216.462	247.546	274.928	0	274.928
16	5.14039	1604.45	Zona de enrocado 3B	0	42	206.85	236.554	262.719	0	262.719
17	5.14039	1512.5	Zona de enrocado 3B	0	42	205.623	235.151	261.162	0	261.162
18	5.14039	1629.45	Zona de enrocado 3B	0	42	233.806	267.381	296.957	0	296.957
19	5.14039	1449.53	Zona de enrocado 3B	0	42	219.758	251.315	279.114	0	279.114
20	5.14039	1205.1	Zona de enrocado 3B	0	42	193.283	221.038	245.488	0	245.488
21	5.14039	945.491	Zona de enrocado 3B	0	42	160.658	183.729	204.051	0	204.051
22	5.14039	910.782	Zona de enrocado 3B	0	42	164.228	187.811	208.585	0	208.585
23	5.14039	822.943	Zona de enrocado 3B	0	42	157.757	180.411	200.367	0	200.367

24	5.14039	506.162	Zona de enrocado 3B	0	42	103.369	118.213	131.289	0	131.289
25	5.14039	171.625	Zona de enrocado 3B	0	42	32.5332	37.205	41.3203	0	41.3203

Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 1.13865

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	5.01754	229.87	Zona de enrocado 3B	0	42	17.4075	19.8211	22.0136	0	22.0136
2	5.01754	842.042	Zona de enrocado 3B	0	42	63.4106	72.2025	80.1889	0	80.1889
3	5.01754	1149.44	Zona de enrocado 3B	0	42	85.2176	97.033	107.766	0	107.766
4	5.01754	1338.96	Zona de enrocado 3B	0	42	98.4174	112.063	124.458	0	124.458
5	5.01754	1484.69	Zona de enrocado 3B	0	42	109.364	124.527	138.301	0	138.301
6	5.01754	1591.21	Zona de enrocado 3B	0	42	118.791	135.261	150.223	0	150.223
7	5.01754	1662.17	Zona de enrocado 3B	0	42	127.27	144.916	160.946	0	160.946
8	5.01754	1700.58	Zona de enrocado 3B	0	42	135.224	153.973	171.004	0	171.004
9	5.01754	1873.38	Zona de enrocado 3B	0	42	158.099	180.019	199.93	0	199.93
10	5.01754	2127.13	Zona de enrocado 3B	0	42	192.711	219.43	243.702	0	243.702
11	5.01754	2094.15	Zona de enrocado 3B	0	42	203.285	231.47	257.074	0	257.074
12	5.01754	2023.55	Zona de enrocado 3B	0	42	212.213	241.636	268.363	0	268.363
13	5.01754	1929.51	Zona de enrocado 3B	0	42	219.873	250.358	278.051	0	278.051
14	5.01754	1813.17	Zona de enrocado 3B	0	42	225.053	256.257	284.603	0	284.603
15	5.01754	1675.44	Zona de enrocado 3B	0	42	226.294	257.67	286.172	0	286.172
16	5.01754	1517.29	Zona de enrocado 3B	0	42	222.106	252.901	280.876	0	280.876
17	5.01754	1535.92	Zona de enrocado 3B	0	42	238.631	271.717	301.772	0	301.772
18	5.01754	1587.05	Zona de enrocado 3B	0	42	256.764	292.364	324.702	0	324.702
19	5.01754	1376.94	Zona de enrocado 3B	0	42	231.938	264.096	293.308	0	293.308
20	5.01754	1142.98	Zona de enrocado 3B	0	42	198.006	225.459	250.398	0	250.398
21	5.01754	914.954	Zona de enrocado 3B	0	42	160.8	183.095	203.347	0	203.347
22	5.01754	939.531	Zona de enrocado 3B	0	42	160.069	182.262	202.422	0	202.422
23	5.01754	786.785	Zona de enrocado 3B	0	42	129.775	147.768	164.113	0	164.113
			Zona de							

enrocado 3B									
25	5.01754	164.008	Zona de enrocado 3B	0	42	25.104	28.5847	31.7465	0
									31.7465

List Of Coordinates

Focus Search Line

X	Y
346654	8.04141e+006
346665	8.04143e+006

External Boundary

X	Y
346769	8.04138e+006
346769	8.04139e+006
346769	8.0414e+006
346760	8.0414e+006
346758	8.0414e+006
346752	8.0414e+006
346735	8.04142e+006
346729	8.04142e+006
346706	8.04143e+006
346700	8.04143e+006
346683	8.04144e+006
346677	8.04144e+006
346643	8.04146e+006
346637	8.04146e+006
346605	8.04149e+006
346599	8.04149e+006
346583	8.0415e+006
346579	8.0415e+006
346574	8.0415e+006
346574	8.0415e+006
346573	8.0415e+006
346573	8.0415e+006
346573	8.0415e+006
346573	8.0415e+006
346572	8.0415e+006
346561	8.0415e+006
346560	8.0415e+006
346560	8.0415e+006
346560	8.0415e+006
346560	8.0415e+006
346560	8.0415e+006
346551	8.0415e+006
346416	8.04141e+006
346394	8.04141e+006
346394	8.0414e+006
346394	8.04138e+006

Material Boundary

X	Y
346408	8.0414e+006
346408	8.0414e+006

Material Boundary

X	Y
346405	8.0414e+006
346405	8.0414e+006
346409	8.0414e+006
346411	8.0414e+006

Material Boundary

X	Y
346412	8.0414e+006
346411	8.0414e+006
346411	8.0414e+006
346409	8.0414e+006
346408	8.0414e+006
346408	8.0414e+006
346560	8.0415e+006
346561	8.0415e+006
346561	8.0415e+006
346561	8.0415e+006
346561	8.0415e+006
346565	8.0415e+006

Material Boundary

X	Y
346561	8.0415e+006
346561	8.0415e+006

Material Boundary

X	Y
346417	8.0414e+006
346412	8.0414e+006
346565	8.0415e+006
346572	8.0415e+006
346572	8.0415e+006
346573	8.0415e+006
346573	8.0415e+006
346573	8.0415e+006
346574	8.0415e+006

Material Boundary

X	Y
346422	8.0414e+006
346417	8.0414e+006

346420	8.0414e+006
346423	8.0414e+006
346455	8.0414e+006

Material Boundary

X	Y
346491	8.0414e+006
346493	8.0414e+006
346505	8.04142e+006
346566	8.0415e+006
346583	8.0415e+006

Material Boundary

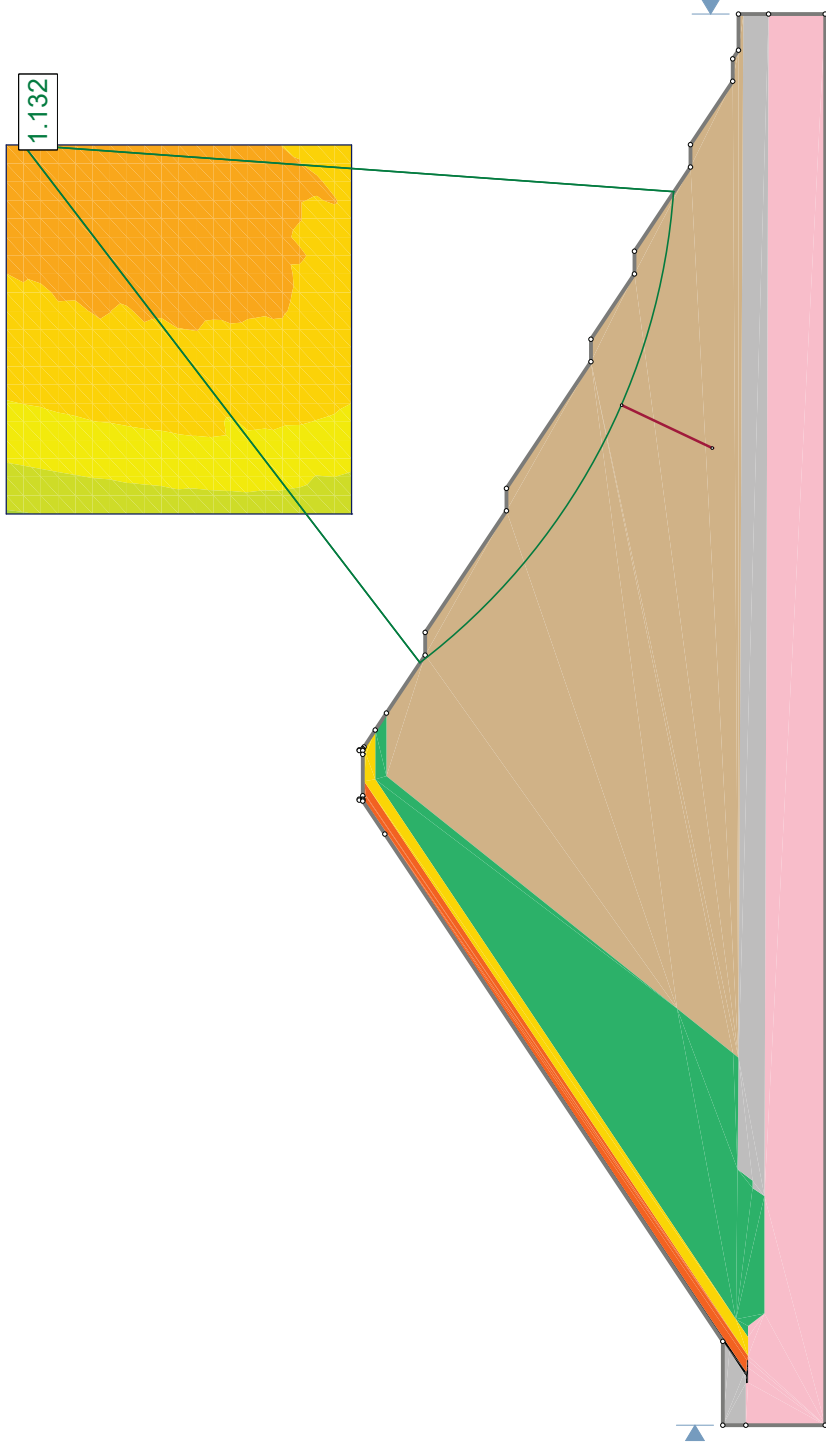
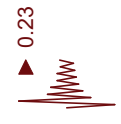
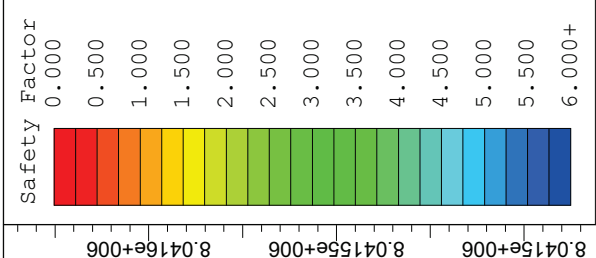
X	Y
346422	8.0414e+006
346566	8.0415e+006
346579	8.0415e+006

Material Boundary

X	Y
346769	8.04139e+006
346455	8.0414e+006
346457	8.0414e+006
346459	8.0414e+006
346462	8.0414e+006
346491	8.0414e+006
346769	8.0414e+006
346769	8.0414e+006

Material Boundary

X	Y
346394	8.0414e+006
346405	8.0414e+006
346407	8.0414e+006
346407	8.0414e+006
346407	8.0414e+006
346408	8.0414e+006
346413	8.04141e+006
346416	8.04141e+006



SLIDEINTERPRET 6.005

Project		
TESIS: APLICACIYN DE LA CARACTERIZACIYN GEOTÉCNICA EN EL DISEÑO DE LA PRESA SAMA EN EL DISTRITO DE INCLÉN, TACNA		
Analysis Description		
ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE LA PRESA		
Drawn By	Scale	Company
ING. EDWIN HILARIO CONDORI MAMANI	1:2013.6	
Date	20/02/2026, 22:28:00	
File Name		TACNA AGUAS ABAJO AL FINAL DE LA CONSTRUCCIYN CON SISMO.slim

APÉNDICE K

PANEL FOTOGRÁFICO

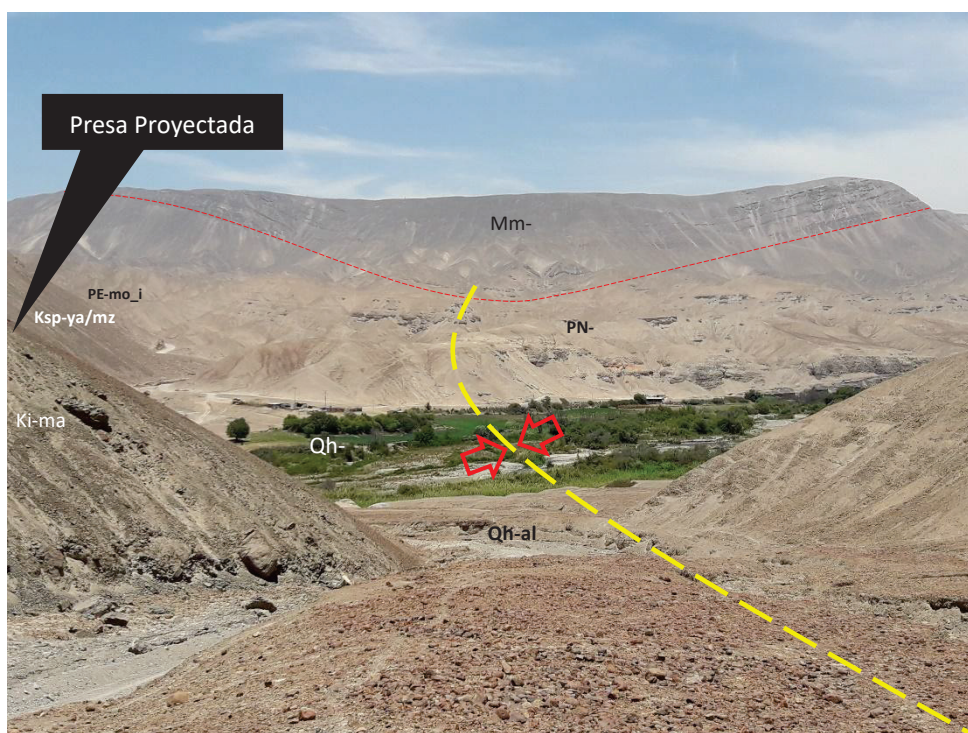


Foto N° 1: Vista de Este a Oeste del sinclinal que atraviesa en forma transversal el valle del río Sama cerca a la zona de cierre donde se ha proyectado la presa. Nótese el plegamiento con plano axial O –E y flancos N – S.



Foto N° 2: Vista de área de la llanura de inundación aluvial agua abajo, donde se construirá el cuerpo de Presa, del eje de Plinto y el cuerpo de Ataguía compuesto de depósitos fluvio aluviales compuesto de gravas, bloques y bolonería en matriz arenosa reabajado (lavada).



Foto N° 3: Vista de talweg del río Sama a la altura del eje de plinto proyectado. Se pueden ver terrazas bajas que son inundadas con la crecida del río Sama y el talweg puede variar de posición.



Foto N° 4: Áreas antropogénicas compuestas por terrenos de cultivos y las vías de tránsito carrozables, que se encuentran en la zona de embalse de la presa proyectado.



Foto N° 5: Vista del afloramiento del cuerpo ígneo – plutónico del Stock Yarabamba en el margen derecho de la desembocadura de la quebrada Toro Muerto, compuesto de Monzodioritas, monzonitas y adamelitas. Este macizo presenta xenolitos que son trozos trozos de roca que cayeron al magma sin fundirse en el estribo derecho del eje de la presa proyectada y la parte alta del cerro mostrado.

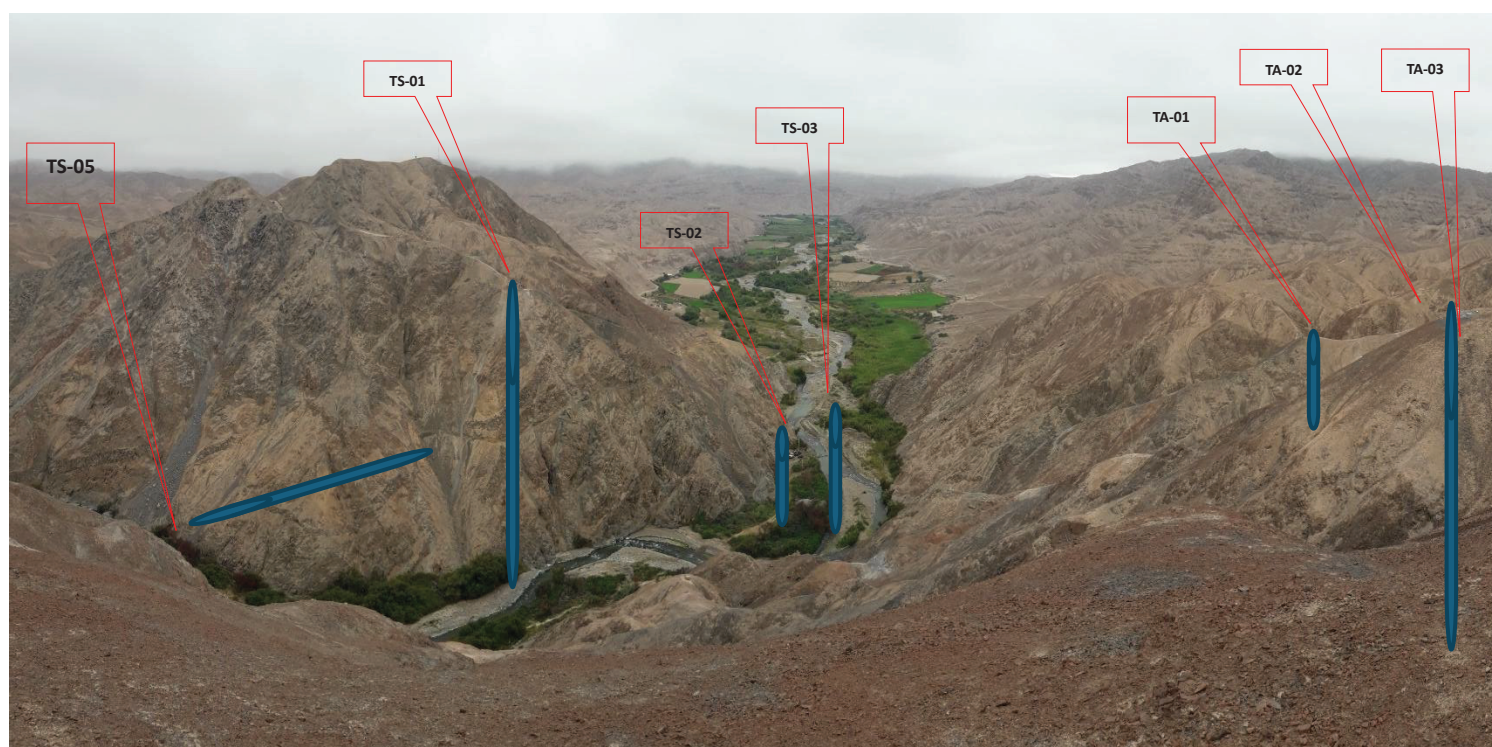


Foto N° 6: Panorámico de distribución de taladros diamantinos desarrollados entre abril y junio del año 2021 para el estudio geológico – geotécnico para diseño de la presa y sus obras conexas. El taladro TS-05 es horizontal.

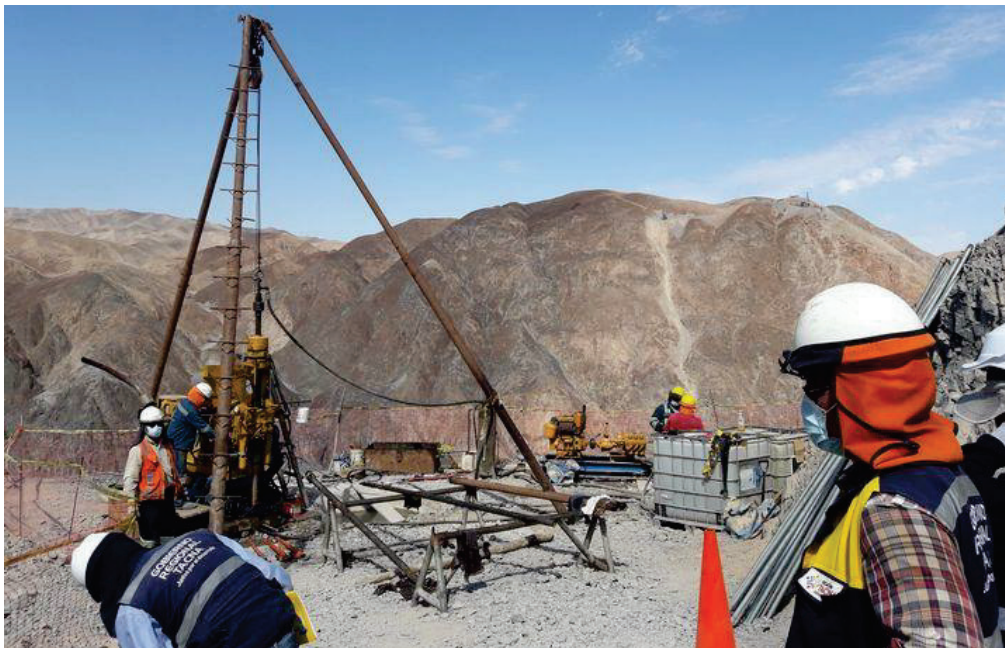


Foto N° 7: Perforación del taladro TS-01 ubicado en el estribo derecho para investigación del macizo del túnel de desvío y estudio de la fundación de la presa.



Foto N° 8: Perforación del taladro TS-02 ubicado en la llanura de inundación del río Sama para estudio del eje de plinto y pantalla de inyecciones.



Foto N° 9: Perforación del taladro TS-03 ubicada en la llanura de inundación para estudio del eje de la Atagüa y pantalla de inyecciones (Debajo del Pinto).



Foto N° 10: Perforación horizontal del taladro TS-05 desde la salida del túnel de desvío para estudio del macizo en el estribo derecho.



Foto N° 11: Perforación inclinada del taladro TA-03 para estudio del eje del túnel de aliviadero en el margen izquierdo del valle (estribo izquierdo aguas abajo)



Foto N° 12: Perforación inclinada del taladro TA-02 para estudio del túnel de aliviadero en el macizo del estribo izquierdo.



Foto N° 13: Perforación del taladro TA-01 para estudio del estribo izquierdo de la Presa, Aliviadero y túnel de desvío.



Foto N° 14: Revisión de cajas de taladros efectuados en el año 2012 por el Proyecto Especial Tacna.



Foto N° 15: Equipo de Lugeon para prueba de permeabilidad en roca.



Foto N° 16: Estudio de mecánica de suelos de la cantera "Río Sama"



Foto N° 17. Ensayo de Densidad in situ a una profundidad de 1.0 m. en la Calicata PP-01 (CEP-04) (ASTM D-1556,



Foto N° 18.

Ensayo de Placa de carga a una profundidad de 0.5 m. en el punto PP-04 (CEP-01) (ASTM D-1194)



Foto N° 19. En la siguiente imagen se puede apreciar la Estación Geomecánica EGTD – 02, de un afloramiento de roca denominada Andesita de la Formación Samanape, cercana a la estructura proyectada en el estribo derecho.



Foto N° 20. En la siguiente imagen se puede apreciar la Estación Geomecánica EGTD – 08, de un afloramiento de roca plutónica monzodiorita que tiene un grado medio de intemperismo, cercana a la estructura proyectada del eje del túnel de desvío.