

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA E INGENIERIA METALURGICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA



2014

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANOFACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA E INGENIERIA METALURGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA**“EVALUACION GEOLOGICA Y GEOTECNICA DE LA
CONSTRUCCION PRESA ARICOMA – CRUCERO – CARABAYA -
PUNO”
TESIS**Presentada por el Bachiller:
FROILAN PLACIDO HUANACUNI CHOQUEPara optar el Título Profesional de:
INGENIERO GEOLOGO

Aprobado por el jurado revisor conformado por:

Presidente

M.Sc. Andrés Olivera Chura

Primer Miembro

Ing. Juan Fredy Calla Fernández

Segundo Miembro

Ing. Ronald Quiza Vilca

Asesor

M.Sc. Leonel Palomino Ascencio

Director de Tesis

M.Sc. Flavio Rosado Linares

Puno - Perú

2014

ÁREA: Planificación y estrategias del desarrollo regional**TEMA : Estudio geotécnicos y geodinamicos**

DEDICATORIA

A mi padre máximo que en paz descanse, mi madre Domitila, mi esposa Nelia Yeni y mi hijo Rhoy Anderson, por ser mi inspiración, como muestra de mi eterno agradecimiento y aprecio por su apoyo.

A mis hermanos(a) Juan, José, Genaro, Mary ellos son mi orgullo para mi existencia y por estar siempre a mi lado en todo sin pedir nada a cambio y en especial a mi hermano Alfredo que en paz descanse.

A mis sobrinos(as) como son: Juan Miguel, Brayan, Anthony, Jordán, Leydi, Shamira, que también son la alegría de mi hogar

Froilán Placido Huanacuni Choque

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi asesor Ing. M.Sc. Leonel Palomino Ascencio y al director de tesis ing. M.Sc. Flavio Rosado Linares, por sus consejos, dirección y aliento en los momentos de elaboración de este proyecto sin los cuales la realización de este estudio no sería posible.

Un agradecimiento inmenso a la institución PRORRIDRE del Gobierno Regional Puno por haberme brindado la facilidad de poder trabajar en estudio y/o evaluación del proyecto.

A la Universidad Nacional del Altiplano, por ser la casa superior de estudios de la cual me forme y egreso como profesional.

A la Facultad de Ingeniería Geológica e Ingeniería Metalúrgica, escuela profesional de Ingeniería Geológica en donde realice mis estudios superiores, a los docentes por haberme impartido sus sabias enseñanzas, administrativos y compañeros.

Agradezco a dios por darme la vida y esta gran oportunidad de dar este logro trascendental en mi vida profesional.

Frailán Placido Huanacuni Choque

INDICE GENERAL

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTOS	II
INDICE	III
LISTA DE CUADROS	VIII
LISTA DE GRAFICOS	IX
LISTA DE IMÁGENES	IX
LISTA DE SÍMBOLOS UTILIZADOS	IX
RESUMEN	X
CAPITULO I	1
INTRODUCCION	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.2 ANTECEDENTES	3
1.3 JUSTIFICACION	4
1.4 HIPOTESIS	5
1.4.1 Hipótesis General	5
1.4.2 Hipótesis Específico	5
1.5 OBJETIVO	5
1.5.1 Objetivo General	5
1.5.2 Objetivo Específico	5
1.6 METODOLOGIA DE INVESTIGACION.	6
1.6.1 Etapa de gabinete I.	6
1.6.2 Etapa de campo I.	6
1.6.3 Etapa de campo II.	6
1.6.4 Análisis de laboratorio de mecánica de suelos.	7
1.6.5 Etapa de gabinete II.	7
1.7 INSTRUMENTOS UTILIZADOS	8
CAPITULO II	9
2.1. MARCO TEORICO CONCEPTUAL	9
2.1.1 Presa de Tierra.	9
2.1.2 Factor de seguridad.	10
2.1.3 Superficie de falla.	10
2.1.4 Rotura Circular	11
2.1.5 Procesos de saturación hinchamiento y colapso.	11
2.1.6 Suelos expansivos	11
2.1.7 Suelos colapsables.	12
2.1.8 Presión de poros	12
2.1.9 Compactación de suelos	13

2.1.9.1 Proceso de compactación	14
2.1.10 Embalse	14
2.1.11 El vaso	17
2.1.12 La cerrada	18
2.1.13 La presa	18
2.1.14 Taludes.	19
2.1.15 Bordo libre	20
2.1.16 Los estribos.	20
2.1.17 La cimentación	20
2.1.18 El aliviadero	21
2.1.19 Las compuertas	21
2.1.20 El desagüe de fondo	21
2.1.21 Núcleo impermeable	21
2.1.22 Name	21
2.1.23 Namó	21
2.1.24 Nami	22
2.1.25 Métodos de estabilidad de taludes en una presa de tierra	22
2.1.25.1 Clasificación de métodos de calculo	22
CAPITULO III	25
CARACTERIZACION DEL AREA DE EMBALSE	25
3.1 GENERALIDADES.	25
3.2 UBICACIÓN Y ACCESO AL AREA DEL PROYECTO.	25
3.3 CLIMA Y VEGETACION.	26
3.3.1 Clima.	26
3.3.2 Vientos.	27
3.3.3 Lluvias.	27
3.3.4 Temperatura.	27
3.3.5 Heladas.	27
3.3.6 Vegetación.	27
3.3.7 Calidad de agua en el proyecto de la Presa.	27
3.4 HIDROGRAFIA	28
3.4.1 Laguna aricama	28
3.5 ESTRATIGRAFIA.	29
3.5.1 Paleozoico	29
3.5.1.1 Formación Ananea (SD-a)	29
3.5.1.2 Grupo ambo (Ci-a)	29
3.5.1.3 Grupo Tarma (Cs-t)	29
3.5.2 Cenozoico.	30
3.5.2.1 Depósitos glaciofluviales (Qp-gf)	30
3.5.2.2 Depósitos morrenicos (Qh-mo)	30
3.5.2.3 Depósitos aluviales (Qh-al)	31
3.6 GEOMORFOLOGIA	32
3.6.1 Geomorfología regional.	32
3.6.1.1 Hidrografía	33

3.6.1.2 Laguna aricoma	33
3.6.1.3 Tributarios.	33
3.6.1.4 Rio Crucero.	34
3.6.2 Geomorfología Local.	34
3.6.2.1 Relieve cordillerano.	34
3.6.2.2 Valle fluvioglacial.	35
3.6.2.3 Lecho aluvial Altiplánico.	35
3.6.2.4 Drenaje	35
3.7 GEOLOGIA ESTRUCTURAL	36
CAPITULO IV	37
ANALISIS Y EXPOSICION DE RESULTADOS DEL PROYECTO	37
4.1 CARACTERISTICAS GEOTECNICAS GENERALES DEL VASO Y EJE DE PRESA.	37
4.2 GEOTECNIA DEL EJE DE PRESA	39
4.2.1 Trabajos realizados en campo.	39
4.2.2 Perfil estratigráfico del eje de la Presa.	40
4.2.3 Descripción del subsuelo en el eje de Presa Aricoma.	42
4.2.4 Clasificación de suelos en el eje de la presa.	42
4.2.5 Análisis de la cimentación en suelo en el eje de la presa.	43
4.2.5.1 Calculo de capacidad portante admisible en suelo	43
4.2.5.2 Calculo de capacidad portante admisible por corte en suelo	43
4.2.5.3 Características de material para el núcleo de la presa Aricoma.	48
4.2.5.4 Filtros y drenes	48
4.2.5.5 Permeabilidad de la cerrada.	49
4.3 GEOTECNIA DEL AREA DE EMBALSE	51
4.3.1 Perfil estratigráfico	51
4.3.2 Descripción del subsuelo en el área de embalse.	51
4.3.3 Clasificación de suelos en el área de embalse.	55
4.3.4 Permeabilidad de la zona de embalse.	55
4.3.5 Estabilidad de taludes en la zona de embalse.	57
4.4 ESTUDIOS REALIZADOS EN CANTERAS	58
4.4.1 Generalidades	58
4.4.2 Trabajos realizados.	58
4.4.3 Canteras para la Presa Aricoma.	59
4.4.4 Cantera de agregados para concreto y diseño de mezclas.	60
4.4.4.1 Ubicación	60
4.4.4.2 Accesibilidad.	61
4.4.4.3 Descripción de materiales.	61
4.4.4.4 Modo de explotación.	61
4.4.4.5 Usos.	61
4.4.4.6 Volumen.	62
4.4.5 Cantera para núcleo de presa material ligante ML - 01 (cantera vizyane orjo).	62
4.4.5.1 Ubicación	62
4.4.5.2 Accesibilidad.	63
4.4.5.3 Descripción de materiales.	63

4.4.5.4 Periodo y modo de explotación.	63
4.4.5.5 Características físicas.	63
4.4.5.6 Usos.	63
4.4.5.7 Volumen.	63
4.4.5.8 Observaciones.	64
4.4.6 Cantera de material ligante ML - 02 (cantera coitopina).	64
4.4.6.1 Ubicación	64
4.4.6.2 Accesibilidad.	64
4.4.6.3 Descripción de materiales.	64
4.4.6.4 Periodo y modo de explotación.	64
4.4.6.5 Características físicas.	65
4.4.6.6 Usos.	65
4.4.6.7 Volumen.	65
4.4.6.8 Observaciones.	65
4.4.7 Cantera de material ligante ML - 03 (cantera concuyoc).	66
4.4.7.1 Ubicación	66
4.4.7.2 Accesibilidad.	66
4.4.7.3 Descripción de materiales.	66
4.4.7.4 Periodo y modo de explotación.	66
4.4.7.5 Características físicas.	67
4.4.7.6 Usos.	67
4.4.7.7 Volumen.	67
4.4.7.8 Observaciones.	67
4.4.8 Cantera de roca para la presa (CR – 01 cocaña)	68
4.4.8.1 Ubicación	68
4.4.8.2 Accesibilidad.	68
4.4.8.3 Descripción.	68
4.4.8.4 Periodo y modo de explotación.	68
4.4.8.5 Usos.	68
4.4.8.6 Volumen.	68
4.4.9 Cantera de roca para la presa CR – 02 (pluton)	69
4.4.10 Cantera de roca para la presa CR – 03	69
4.4.10.1 Ubicación	69
4.4.10.2 Accesibilidad.	70
4.4.10.3 Descripción.	70
4.4.10.4 Periodo y modo de explotación.	70
4.4.10.5 Clasificación.	70
4.4.10.6 Usos.	70
4.4.10.7 Volumen.	70
4.4.11 Fuente de agua.	71
4.4.11.1 Ubicación	71
4.4.12 Botaderos.	71
4.4.13 Diseño de dos suelos y concreto	72
4.4.13.1 Diseño de suelos para afirmado y capa semipermeable de la Presa Aricoma.	72
4.4.13.1.1 Afirmado: MI-03 (concuyoc) 25 % y agregado Ca-01 (rio crucero) 75 %.	73



4.4.13.1.2 Capa semipermeable MI-03 (concuycoc) 60 % y agregado Ca-01 (rio crucero) 40 %.	74
4.4.13.2 Diseño de concreto cantera rio crucero Ca-01	76
4.4.13.2.1 Material de agregado.	77
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	78
BIBLIOGRAFIA	81
ANEXOS	
Certificados de análisis de laboratorio de mecánica de suelos y concreto.	
Panel fotográfico	
Planos	



LISTA DE CUADROS

Cuadro N° 01. Ruta de acceso.	26
Cuadro N° 02. Ubicación de la Presa Aricoma.	26
Cuadro N° 03. Columna estratigráfica local de la construcción de la presa aricoma.	31
Cuadro N° 04. Resumen de ensayos realizados.	39
Cuadro N° 05. Resumen de resultados de propiedades físicas del material de fundación del eje de P.	43
Cuadro N° 06. Cálculo y parámetro de capacidad portante admisible por corte en suelo.	44
Cuadro N° 08. Calculo de capacidad portante en calicata N° 01 zapata de eje de presa km. 0+650.	44
Cuadro N° 09. Cálculo y parámetro de capacidad portante admisible por corte en suelo.	45
Cuadro N° 10. Calculo de capacidad portante en calicata N° 02 zapata de eje de presa km. 0+750.	45
Cuadro N° 11. Cuadro de factores de capacidad de carga de terzaghi	46
Cuadro N° 12. Cuadro de valores de coeficiente de permeabilidad en suelos.	50
Cuadro N° 13. Características recomendadas según R. Dal-Re Tenreiro.	50
Cuadro N° 14. Perfil estratigráfico del área de embalse porcentaje de suelos.	51
Cuadro N° 15. Cuadro estadístico de los suelos en el área de embalse en porcentaje.	51
Cuadro N° 16. Clasificación de suelos del área de embalse.	55
Cuadro N° 17. Cuadro de valores del coeficiente de permeabilidad de suelos de embalse.	56
Cuadro N° 18. Parámetros de taludes en corte y relleno.	58
Cuadro N° 19. Resumen de los resultados de las materiales de canteras de relleno y otros.	60
Cuadro N° 20. Características físicas del material de cuerpo de presa cantera VIZYANE ORJO.	63
Cuadro N° 21. Cuadro de característico de material de relleno cantera VIZYANE ORJO.	64
Cuadro N° 22. Características físicas de material de relleno cantera COITOPINA.	65
Cuadro N° 23. Cuadro de característico de material de relleno cantera COITOPINA.	65
Cuadro N° 24. Características físicas de material de relleno cantera CONCUYOC.	67
Cuadro N° 25. Cuadro de característico de material de relleno cantera CONCUYOC.	67
Cuadro N° 26. Cuadro de las características de botadero relleno.	71
Cuadro N° 27. Cuadro de especificaciones técnicas para el material de afirmado.	72
Cuadro N° 28. Cuadro de especificaciones técnicas para el material semipermeable.	72
Cuadro N° 29. Cuadro de mezclas de dos suelos para el afirmado.	73
Cuadro N° 30. Cuadro de Características de dos suelos.	74
Cuadro N° 31. Cuadro de mezclas de dos suelos para el material semipermeable.	75
Cuadro N° 32. Cuadro de Características de dos suelos.	76
Cuadro N° 33. Cuadro de cantidades de bolsas por metro cubico.	77
Cuadro N° 34. Características físicas de los agregados.	77
Cuadro N° 35. Proporciones en seco por bolsa de cemento (pie cubico).	77
Cuadro N° 36. Dosificaciones de material para el diseño de mezclas.	78

LISTA DE GRAFICO

GRAFICO N° 01. Perfil estratigráfico de la calicata C-1 EJE de Presa “A”	41
GRAFICO N° 02. Perfil estratigráfico de la calicata C-2 EJE de Presa “B”	41
GRAFICO N° 03. Diseño de dos suelos cantera concuyoc.	72
GRAFICO N° 04. Diseño de dos suelos semipermeable concuyoc.	73

LISTA DE IMÁGENES

Fotografía N° 01. Vista de esta imagen de excavación de calicata en el eje de presa.	40
Fotografía N° 02. Ejecución de calicatas en el eje de Presa Aricoma.	40
Fotografía N° 03. Vista de la Zona de embalse de la presa.	52
Fotografía N° 04. Vista de aguas abajo de la presa.	54
Fotografía N° 05. Vista de aguas arriba de la presa.	54
Fotografía N° 06. Vista de cantera de agregados del rio crucero.	60
Fotografía N° 07. Vista de cantera de material impermeable de cuerpo de presa (CONCUYOC)	64
Fotografía N° 08. Vista de fuente de agua de la Presa Aricoma.	69

LISTA DE SÍMBOLOS UTILIZADOS

<i>c</i>	cohesión de suelos
<i>θ</i>	Angulo
<i>F_s</i>	factor de seguridad
<i>C°</i>	Grados Centígrados
<i>Ci-a</i>	grupo ambo
<i>Cs-t</i>	grupo tarma
<i>Qp-gf</i>	depósitos glaciofluviales
<i>Qh-mo</i>	depósitos morrenicos
<i>Qh-al</i>	depósitos aluviales
<i>qu</i>	capacidad de carga
<i>Nc</i>	Factores de capacidad de carga
<i>Y</i>	densidad natural
<i>Df</i>	profundidad de desplante
<i>B</i>	ancho de la cimentación
<i>PE</i>	peso especifico
<i>PU</i>	peso unitario
<i>Zw</i>	Profundidad en el agua
<i>%</i>	porcentaje

RESUMEN

El presente trabajo denominado “Evaluación geológica y geotécnica de la construcción Presa Aricoma – Crucero – Carabaya – puno”, por su naturaleza se enmarca dentro de los lineamientos de política sectorial, regional y local, por lo que el gobierno regional de puno mediante el programa regional de riego y drenaje (PRORRIDRE – PUNO), viene desarrollando proyectos de gran envergadura para el aprovechamiento de los recursos hídricos.

Para tal efecto el terreno de fundación nos permitirán analizar también el cálculo de capacidad portante de acuerdo a los parámetros geológicos y geotécnicos que se ha obtenido en el laboratorio de mecánica de suelos tales como: la cohesión, el ángulo de fricción y el peso específico (corte directo).

Cabe precisar que el análisis geológico y geotécnico de una presa de tierra juega un papel muy importante en la obra, sobre todo en este tipo de obras y esta nos conllevara a que no falle la construcción y a su posterior colapso por eso es muy importante analizar sobre todo los materiales de cantera ya que los materiales de cantera y el terreno de fundación.

Los materiales que se evaluaron son favorables según su clasificación y resultados de laboratorio, las dos canteras de materiales impermeables como: vizyane orjo y coitopina, están con un $IP > 10$, y una de las canteras, cantera concuyoc cumple con un $IP = 11.8$, se tomara esta cantera en su construcción los posteriores serán las alternas si en caso fuera necesario.

Los materiales de cantera de agregados, rio crucero, según su dosificación para las obras de arte nos da por metro cubico: $280 \text{ f'c Kg/cm}^2 = 10.35$ bolsas, $210 \text{ f'c Kg/cm}^2 = 8.9$ bolsas, $175 \text{ f'c Kg/cm}^2 = 7.69$ bolsas, $140 \text{ f'c Kg/cm}^2 = 6.81$ bolsas.

La cantera de roca para el enrocado de aguas abajo y aguas arriba es una roca dura (Plutón).

Finalmente es muy importante recalcar que con este trabajo de estudio que se hizo, se pretende hacer llegar al conocimiento de todos los estudiantes relacionados en el área de Geotecnia y para los profesionales geotécnicos.

CAPITULO - I

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación de Geología y Geotecnia corresponde al proyecto “Construcción de la Presa Aricoma”. En el que se ha desarrollado dentro de los lineamientos que establecen la institución Programa Regional de Riego y Drenaje **PRORRIDRE**. El área de estudio abarca toda la Presa Aricoma, todo esto está Ubicado en toda la cuenca del río Ramis en el Distrito de Crucero, Provincia de Carabaya, Departamento de Puno.

Por la necesidad de disponer de una buena infraestructura básica de riego en el distrito de Crucero provincia de Carabaya departamento de Puno, se realizo trabajos de campo con el propósito de caracterizar el suelo de fundación donde se proyecta la construcción del cuerpo de presa para plantear tratamientos adecuados o necesarios con el objetivo de asegurar la infraestructura de posibles daños a la estructura de riego de los problemas geotécnicos. A través del Gobierno Regional Puno (PRORRIDRE) ha visto por conveniente la implementación del Proyecto “Construcción de la Presa Aricoma”.

Las presas de tierra son obras de infraestructura hidráulica, de mucha responsabilidad, así mismo involucra la participación de diferentes especialistas en el área de Geotecnia, hidráulica, estructuras, topografía, impacto ambiental, etc. Siendo su proceso constructivo complicado ya que almacenara 27 millones de metros cúbicos de agua.

El estudio Geológico y geotécnico juega un papel muy importante desde el punto de vista de la estabilidad global de la presa de tierra, como es la capacidad portante de suelo, estabilidad de talud, diseño propio de la presa tomando en cuenta los parámetros del suelo como son la cohesión, ángulo de fricción interna, el peso específico y básicamente la permeabilidad debajo del nivel de desplante de la cimentación y en el cuerpo de la presa. La presa de tierra que se pretende analizar en este trabajo involucra la laguna Aricoma, que se encuentra ubicada en el distrito de Crucero provincia de Carabaya en el departamento de Puno, se hizo

el análisis y evaluación de los suelos del cuerpo (dique) de la presa de tierra de Aricoma.

Un estudio geológico y geotécnico detallado es el primer paso para la buena construcción de la presa nos determinara el control de calidad de los agregados y materiales de cantera, que serán usados para conformación de cuerpo de presa en la laguna Aricoma.

En la zona del proyecto la topografía es muy accidentada y hay presencia de pequeñas y medianas lagunas, las cuales ofrecen abundante recurso hidráulico, que puede ser aprovechado para el beneficio de las comunidades aledañas, atreves del sistema de riego, para la cual es necesario la caracterización geotécnica de la zona de construcción de la infraestructura.

El estudio geológico y geotécnico es el primer peldaño para la evaluación detallada para la buena construcción de la presa de tierra la cual nos determinara el control de calidad de los agregados y materiales de cantera.

Estos estudios nos determinaran si la presa es capaz de almacenar grandes volúmenes de agua o por lo contrario las pérdidas de agua, debido a las filtraciones o presencia de algunas fallas que puede existir en el vaso donde se embalsara agua; un estudio detallado geológico y geotécnico es el primer paso para la buena construcción de la presa.

1.1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La exhaustiva actividad de programas de prospección, exploración encaminadas a descubrir y extraer fuentes de recursos nos lleva a desarrollar nuevas y mejores técnicas de prospección usando métodos directos e indirectos y por ende la posibilidad de poder establecer nuevos modelos geológicos, que son de suma importancia en una etapa de exploración geológica para la construcción de la Presa Aricoma.

En la Región de Puno debido a la escasa disponibilidad del recurso hídrico para el sistema de riego que no satisface la demanda del agua para los cultivos, esto a

causa de la insuficiente infraestructura de represas de tierra, genera una mala rentabilidad y competitividad de construcciones de represas.

Además; se tiene la deficiente gestión de construcciones de represas de tierra, por parte de los usuarios de uso de agua, a causa de una débil organización e insuficientes elementos que fortifiquen la correcta operación y mantenimiento de las infraestructuras de presas. Aunado el manejo inadecuado de caracterización geotécnicas de la presa, a causa de las deficientes prácticas culturales, especialmente la baja eficiencia de construcciones de presas. Pese a toda esta coyuntura adversa, el poblador de nuestra región, trata de encontrar mejores rendimientos a su producción agrícola y pecuaria mediante la optimización del recurso hídrico y suelo a través de adecuadas infraestructuras de cuerpo de presa. Para mejorar su condición y nivel de vida.

Además se tiene deficientes y escasas de construcciones de presas en nuestra región de Puno debido a que las autoridades no se preocupan en las construcciones de presas ya que nuestra región cuenta con gran cantidad de recurso hídrico que en la cual debemos aprovechar las construcciones de presas de tierra y/o concreto para el represamiento de agua.

1.2. ANTECEDENTES

El presente trabajo de proyección de investigación por su naturaleza, se enmarca dentro de los lineamientos de política sectorial, regional y local del gobierno regional de Puno; bajo el nombre de programa regional de riego y drenaje (PRORRIDRE – PUNO) que es una entidad ejecutora de obras del gobierno regional Puno; que PRORRIDRE viene desarrollando una serie de proyectos de gran envergadura para aprovechar el recurso hídrico para las zonas que sean necesarios de cuerpos de agua.

Durante las últimas décadas; el programa regional de riego y drenaje (PRORRIDRE) ha realizado diagnósticos con fines de identificar y evaluar zonas

aptas y favorables para la construcción de presas, bocatomas, reservorios, canales y sistemas de riego tecnificado, entre otras infraestructuras secundarias.

Durante la primera fase del año 2012, el PRORRIDRE – PUNO, ha realizado investigaciones geognósticas, con fines de riego en la sub-cuenca del río grande, ubicado en las partes altas de esta región, que son aptas y favorables para la ejecución de los estudios, para la construcción e infraestructura de almacenamiento de recursos hídricos.

1.3. JUSTIFICACION

El motivo de la investigación del presente trabajo de exploración; tiene la finalidad de poder brindar datos para la caracterización geológica y geotécnica de los materiales pétreos en el que se emplazan la infraestructura de la Presa Aricoma.

La importancia residirá directamente sobre el trabajo en el área de interés que comprende; mas adelante la ejecución de la Presa Aricoma, debido a que los materiales de canteras deberán garantizar la construcción de la infraestructura de la Presa.

La ejecución de estudios de estabilidad de taludes son determinar: la obtención de las características físico – mecánica de los materiales; provee la seguridad necesaria para que el proyecto sea garantizado y que permanezca en el tiempo necesario y no presente inconvenientes durante su vida útil.

El estudio brindara directrices esenciales para casos posteriores en los cuales se presenta geomateriales y condiciones similares, además de aportar un valor agregado sobre los métodos de análisis, para que se aprovechen cada uno de ellos de acuerdo a sus fortalezas y brindar mejoras, en nuevos proyectos de investigación en recursos hídricos en la región del sur del Perú.

1.4. HIPOTESIS

1.4.1. HIPOTESIS GENERAL

- Las características geológicas y geotécnicas de la zona de evaluación son favorables para la construcción de la Presa Aricoma.

1.4.2. HIPOTESIS ESPECÍFICO

- Las características geológicas y geomecánicas del terreno de fundación y área de embalse son favorables para la construcción de la Presa Aricoma.
- Las características geomecánicas de los materiales de cantera son adecuadas y favorables para la construcción de la Presa Aricoma.
- Las características geológicas de los materiales de cantera son adecuadas y favorables para la construcción de la Presa Aricoma.

1.5. OBJETIVO

1.5.1. OBJETIVO GENERAL

- Determinar las características geológicas y geotécnicas de las zonas de evaluación para la construcción Presa Aricoma.

1.5.2. OBJETIVO ESPECÍFICO

- Determinar las características geológicas y geomecánicas del terreno de fundación y área de embalse para la construcción Presa Aricoma.
- Determinar Las características geomecánicas de los materiales de cantera para la construcción Presa Aricoma.
- Determinar las características geológicas de los materiales de cantera para la construcción Presa Aricoma.

1.6. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

El presente estudio; es una investigación de tipo descriptivo y analítico en la búsqueda de represamiento de los recursos hídricos, en la cuenca alta del altiplano puneño, para fines de riego y mejoramiento económico de los pobladores de los distritos de crucero, Phara, Linbani, Patambuco en las provincias de Carabaya y Sandía.

1.6.1. ETAPA DE GABINETE I

Etapa de recopilación de selección y evaluación de información bibliográfica; revisión de topografía existente relacionado con el estudio geológico y geotécnico como son:

- Información geológica y geotécnica, para el estudio del proyecto.
- Planos existentes de la zona de investigación, regional y local.
- Preparación de equipo de laboratorio y de campo de mecánica de suelos; estos son la lista de equipos geológicos (brújula, GPS, martillo geológico, lupa y etc.).

1.6.2. ETAPA DE CAMPO I

La etapa de inspección y visita técnica del área de estudio del proyecto presa aricoma; con la finalidad de realizar un reconocimiento global de las áreas de influencia, según plano existente.

1.6.3. ETAPA DE CAMPO II

La fase de las investigaciones de campo; mapeo geológico levantamiento topográfico, excavaciones de calicatas. Se realizan ensayos in situ y toma de muestras para el análisis de laboratorio. Se realizan los siguientes trabajos:

- Levantamiento topográfico de la zona.
- Recorrido de campo a lo largo del eje de presa en la zona de interés, para la ubicación de calicatas, para ejecución y muestreo de suelos.
- Excavación de calicatas en los márgenes del eje de presa.
- Mapeo geológico superficial, del afloramiento de las unidades litológicas en el emplazamiento de la presa.
- Muestreo y toma de muestras de las calicatas preparadas y envío de muestras al laboratorio para los ensayos respectivos.
- Identificación de las capas, mediante la caracterización de los estratos sedimentarios, por prospección geofísica.

1.6.4. ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

El análisis en el laboratorio de mecánica de suelos de la institución (PRORRIDRE), la granulometría, los límites de consistencia y el proctor standart modificado, en base a las normas técnicas existentes.

1.6.5. ETAPA DE GABINETE II

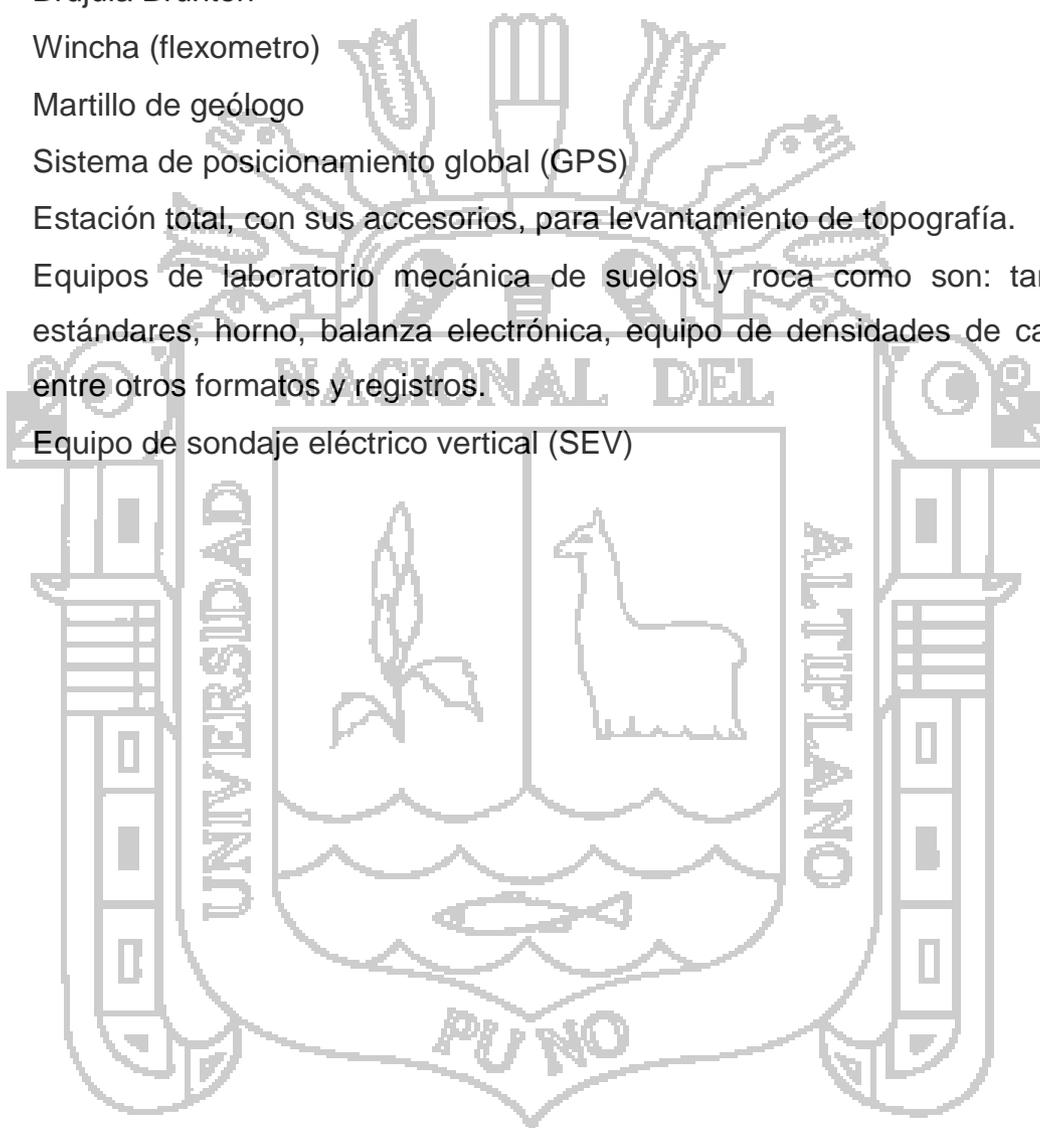
Con la información existente de campo y resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio de mecánica de suelos y rocas; en cooperación con los registros y trabajos desarrollados, durante el proceso de investigación, se realizara el análisis de resultados y parámetros de cálculos de diseño, para la ejecución de la presa Aricoma.

Finalmente, el presente estudio y/o trabajo de investigación, es para la obtención de la tesis de ingeniero.

1.7. INSTRUMENTOS UTILIZADOS

En el presente estudio de investigación en el emplazamiento de la Presa Aricoma, se ha utilizado los siguientes equipos e instrumentos.

- Brújula Brunton
- Wincha (flexometro)
- Martillo de geólogo
- Sistema de posicionamiento global (GPS)
- Estación total, con sus accesorios, para levantamiento de topografía.
- Equipos de laboratorio mecánica de suelos y roca como son: tamices estándares, horno, balanza electrónica, equipo de densidades de campo, entre otros formatos y registros.
- Equipo de sondaje eléctrico vertical (SEV)



CAPITULO II

2.1. MARCO TEORICO CONCEPTUAL

2.1.1. PRESA DE TIERRA

En ingeniería se denomina presa o represa a una barrera fabricada con materiales sueltos, concreto, que se construye habitualmente en una cerrada o desfiladero sobre un río o arroyo.

Tiene la finalidad de embalsar o represar el agua en el cauce fluvial para su posterior aprovechamiento en abastecimiento o regadío, para elevar su nivel con el objetivo de derivarla a canalizaciones de riego, para la deposición de avenidas (evitar inundaciones aguas debajo de la presa) o para la producción de energía mecánica al transformar la energía potencial del almacenamiento en energía cinética y esta nuevamente en mecánica al accionar es un elemento móvil. La energía mecánica puede aprovecharse directamente, como en los antiguos molinos, o de forma indirecta para producir energía eléctrica, como se hace en las centrales hidroeléctricas.

Presas de materiales sueltos: son las más utilizadas en los países subdesarrollados ya que son menos costosas y se suponen el 77% de las que podemos encontrar en todo el planeta. Son aquellas que consisten en un relleno de tierras, que aportan la resistencia necesaria para contrarrestar el empuje de las aguas. Los materiales más utilizados en su construcción son piedras, gravas, arenas, limos y arcillas aunque dentro de todos estos los que más destacan son las piedras y las gravas.

Este tipo de presas tienen componentes muy permeables, por lo que es necesario añadirles un elemento impermeabilizante. Además, estas estructuras resisten siempre por gravedad, pues la débil cohesión de sus materiales no les permite transmitir los empujes del agua al terreno. Este elemento puede ser arcilla (en cuyo caso siempre se ubica en el corazón o zona céntrica del cuerpo de presa) o bien una pantalla de hormigón, la cual se puede construir también en el centro del

relleno o bien aguas arriba. Estas presas tienen el inconveniente de que si son rebasadas por los aguas en una crecida, corren el peligro de desmoronarse y arruinarse.

2.1.2. FACTOR DE SEGURIDAD

El factor de seguridad es empleado por los ingenieros para conocer cual es el factor de amenaza de que el talud falle en las peores condiciones de comportamiento para el cual se diseña. Fellenius 1922 presento el factor de seguridad como la relación entre la resistencia al corte real, calculada del material en el talud y los esfuerzos de corte.

Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales críticos que tratan de producir la falla, a lo largo de una superficie supuesta de posible falla.

El factor de seguridad (FS) también se puede definir de otras maneras. En primer lugar es posible definirlo como cociente entre el valor de la cohesión o ángulo de rozamiento del talud actual estable. También es posible definirlo como el cociente entre los momentos que actúan en un talud resistente al deslizamiento, y los que inducen al deslizamiento.

2.1.3. SUPERFICIE DE FALLA

El termino superficie falla se utiliza para referirse a una superficie asumida a lo largo de la cual puede ocurrir el deslizamiento o rotura de talud. Sin embargo, este deslizamiento o rotura no ocurre a lo largo de esas superficies si el talud es diseñado adecuadamente. El factor de seguridad se asume que es igual para todos los puntos a lo largo de la superficie de falla, por lo tanto este valor representa un promedio del valor total en toda la superficie de falla. Si la falla ocurre los esfuerzos de cortante serian iguales en todos los puntos a todo lo largo de la superficie de falla.

Generalmente se asume un gran número de superficies de falla para encontrar la superficie de falla con el valor mínimo de factor de seguridad la cual se denomina "superficie critica de falla". Esta superficie crítica de falla es la superficie más

probable para que se produzca el deslizamiento. Sin embargo, pueden existir otras superficies de falla con factores de seguridad ligeramente mayores los cuales también se requiere tener en cuenta para el análisis.

2.1.4. ROTURA CIRCULAR

Se llama rotura circular a aquella en la que la superficie de deslizamiento es asimilable a una superficie cilíndrica cuya sección transversal se asemeja a un arco de círculo.

2.1.5. PROCESOS DE SATURACIÓN HINCHAMIENTO Y COLAPSO

Cuando se esta construyendo una obra sobre suelos parcialmente saturados, es preciso tener en cuenta que el proceso de saturación en si mismo puede inducir efectos mas importantes que si el suelo hubiera estado saturado desde antes de construir una cimentación. Como luego se vera, la saturación implica cambios de volumen del suelo, que en determinados casos pueden ser importantes en estas condiciones, es mas perjudicial que dichos cambios tengan lugar cuando la obra ya esta construida y en servicio.

Los suelos granulares (gravas y arenas) apenas sufren cambios de volumen al saturarse. El problema se reduce a los suelos de grano fino.

2.1.6. SUELOS EXPANSIVOS

El comportamiento descrito es típico de los suelos finos normales, con deformaciones significativas pero moderadas (expansiones del orden del 1% o ligeramente superiores). Sin embargo, existen algunos suelos en los que la expansión por saturación es significativamente superior. Estos suelos denominan “expansivos”

El carácter expansivos de un suelo suele estar asociado a la presencia de algunos minerales arcillosos que tienen la propiedad de admitir moléculas de agua en el en el interior de su red cristalina. De ellos el más frecuente es la montmorillonita. El carácter expansivo de estas especies mineralógicas va asociado a una gran

actividad, que se manifiesta también en una elevada plasticidad, siendo frecuentes los límites líquidos incluso superiores a 100%. Esto permite identificar la posible presencia de estos minerales, y por tanto adoptar las medidas para evaluar y tener en cuenta su carácter expansivo.

2.1.7. SUELOS COLAPSABLES

Por otra parte existen algunos suelos en los que la curva de hinchamiento bajo carga esta anormalmente desplazada hacia abajo. En ellos, la presión crítica de colapso es pequeña, y para las cargas usuales se produce colapso por inundación. Estos suelos se denominan “colapsables”. El colapso es difícil de explicar analizando las variaciones medias de los presiones de agua y aire. En general, el fenómeno va asociado a suelos con estructura muy abierta, de baja densidad, en la que las partículas están unidas entre si por enlaces de cierta resistencia. La saturación provoca el debilitamiento o destrucción de estos enlaces, con el consiguiente colapso de la estructura.

A estos efectos, los propios meniscos capilares de los suelos parcialmente saturados actúan como enlaces, provocando los colapsos moderados y que pueden ser de mayor magnitud si la estructura del suelo es suficientemente floja. En este sentido debe indicarse la peligrosidad de cimentar sobre rellenos no compactados, como escombreras o terrenos de echadizo sin control. En ellos, la ausencia de compactación produce estructuras muy abiertas, susceptibles de colapso ante inundación bajo cargas incluso moderadas.

2.1.8. PRESIÓN DE POROS

En un material agregado como el suelo, la presión de poros es la presión del agua que llena los espacios vacíos. Ocurre que cuando esa presión llega a cierto valor, el suelo se vuelve inestable, debido a que las partículas pierden cohesión entre si. En un suelo se debe controlar la presión de los líquidos lixiviados, mediante un adecuado drenaje.

En cualquier material trifásico (sólido, líquido, gaseoso) como los suelos naturales o artificiales (como es el caso de terraplenes de presas) la presión de poros corresponde a la presión del agua entre los espacios intersticiales de los sólidos. En estos materiales la resistencia mecánica está en función del esfuerzo efectivo (esfuerzo total – presión de poro) y a mayores presiones de poro menor es su resistencia.

En los suelos es importante controlar la presión de poros para aumentar su resistencia mecánica. Esto se logra mediante la colocación de drenes profundos, capas de geotextil drenante y sistemas de canales para la evacuación.

2.1.9. COMPACTACIÓN DE SUELOS

La compactación es un proceso por el cual se disminuye el índice de poros de los suelos, sin variar su contenido de humedad (cuando se disminuye la humedad, se suele hablar de DESECACION, no de compactación). Aunque hay procesos naturales de compactación, el interés se centra en los procesos artificiales. Suele distinguirse entre:

- Compactación superficial: la que se consigue mediante el paso de elementos compactadores sobre la superficie del terreno. Es el procedimiento usual para construcciones de rellenos, terraplenes o presas de materiales sueltos.
- Compactación profunda: se aplica para mejorar las características de terrenos o rellenos preexistentes, de espesor considerable. Se realiza en el interior del terreno mediante diversos procedimientos (columnas de grava, voladuras, inyecciones, etc.). todos ellos requieren el uso de maquinaria especializada.

Aunque gran parte de los conceptos son generales, nos referiremos en lo que sigue a la compactación superficial.

El alcance de la compactación en profundidad es pequeño, por lo que el material se extiende en pequeños espesores (de orden de decímetros),

compactando cada capa antes de extender la siguiente. En general se utilizan rodillos estáticos o vibratorios, que provocan presión estática e impacto. En el caso de suelos arcillosos (por ejemplo, en núcleos impermeables de presas de tierras), se emplean rodillos pata de cabra, que inducen compactación por amasado.

2.1.9.1. PROCESO DE COMPACTACION

La compactación es un proceso rápido. La actuación de los elementos compactadores sobre cada punto dura escasos segundos, por lo que no da tiempo a que produzca expulsión de agua del interior del terreno.

En consecuencia, el proceso tiene lugar sin drenaje, por lo que solo tiene sentido en el caso de suelos parcialmente saturados. En un suelo saturado en el que no se produce variación del contenido de agua, el volumen no varía, al ser incompresibles tanto el agua como las partículas sólidas.

2.1.10. EMBALSE

Es el volumen de agua que queda retenido por la presa.

Se denomina embalse a la acumulación de agua producida por una obstrucción en el lecho de un río o arroyo que cierra parcial o totalmente su cause.

La obstrucción del cause puede ocurrir por causas naturales como, por ejemplo, el derrumbe de una ladera en un tramo estrecho del río o arroyo, la acumulación de placas de hielo o las construcciones hechas por los castores, y por obras construidas por el hombre para tal fin, como son las presas.

Embalses artificiales

Los embalses generados al construir una presa pueden tener la finalidad de:

- Regular el caudal de un río o arroyo, almacenando el agua de los periodos húmedos para utilizarlos durante los periodos mas secos para

el riego, para el abastecimiento de agua potable, para la generación de energía eléctrica, para permitir la navegación. Cuando un embalse tiene mas de un fin, se le llama de usos multiples.

- Contener los caudales extremos de las avenidas o crecidas. Laminación de avenidas.
- Crear una diferencia de nivel para generar energía eléctrica, mediante una central hidroeléctrica.
- Crear espacios para esparcimiento y deportes acuáticos.

Características de los embalses

Las características físicas principales de un embalse son las curvas cota-volumen, la curva cota- superficie inundada y el caudal regularizado.

Dependiendo de las características del valle, si este es amplio y abierto, las áreas inundables pueden ocupar zonas densamente pobladas, o áreas fértiles para la agricultura. En estos casos, antes de construir la presa debe evaluarse muy objetivamente las ventajas e inconvenientes, mediante un estudio de impacto ambiental, cosa que no siempre se ha hecho en el pasado.

En otros casos, especialmente en zonas altas y abruptas, el embalse ocupa tierras deshabitadas, en cuyo caso los impactos ambientales son limitados o inexistentes.

El caudal regularizado es quizás la característica mas importante de los embalses destinados justamente, a regularizar, a lo largo del día, del año o periodos plurianuales o quizás pasen siglos antes de que este sea deshabilitado por la mano humana, el caudal que puede ser retirado en forma continua para el uso para el cual se ha construido el embalse.

Niveles característicos de los embalses de los caudales

El nivel de agua en un embalse es siempre mayor que el nivel original del rio. Desde el punto de vista de la operación de los embalses, se definen una serie de niveles. Los principales son (en orden creciente):

- Nivel mínimo. es el nivel mínimo que puede alcanzar el embalse; coincide con el nivel mínimo de la toma situada en la menor cota.
- Nivel mínimo operacional. es el nivel por debajo del cual las estructuras asociadas al embalse y la presa no operan u operan en forma inadecuada.
- Nivel medio. Es el nivel que tiene el 50% de permanencia en el lapso del ciclo de compensación del embalse, que puede ser de un día, para los pequeños embalses, hasta periodos plurianuales para los grandes embalses. El periodo más frecuente es de un año.
- Nivel máximo operacional. Al llegarse a este nivel se comienza a verter agua con el objetivo de mantener el nivel pero sin causar daños aguas abajo.
- Nivel del vertedero. Si la presa dispone de un solo vertedero libre, el nivel de la solera coincide con el nivel máximo operacional. Si el vertedero está equipado con compuertas, en nivel de la solera es inferior al máximo operacional.
- Nivel máximo normal. Al llegarse a este nivel la operación cambia de objetivo y la prioridad es garantizar la seguridad de la presa en esta fase pueden ocurrir daños en aguas abajo; sin embargo, se intentará minimizar los mismos.
- Nivel máximo. En este nivel ya la prioridad absoluta es la seguridad de la presa, dado que una ruptura sería catastrófica aguas abajo. Se mantiene el nivel a toda costa; el caudal descargado es igual al caudal que entra en el embalse.

Volúmenes característicos de un embalse

Los volúmenes característicos de los embalses están asociados a los niveles; de esta forma se tiene:

- Volumen muerto, definido como el volumen almacenado hasta alcanzar el nivel mínimo.
- Volumen útil, el comprendido entre el nivel mínimo y el nivel máximo operacional.

- Volumen de laminación, es el volumen comprendido entre el nivel máximo operacional y el nivel máximo normal. Este volumen, como su nombre lo dice, se utiliza para reducir el caudal vertido en las avenidas, para limitar los daños aguas abajo

Caudal característico de un embalse

- Caudal firme. Es el caudal máximo que se puede retirar del embalse de un periodo crítico. Si el embalse ha sido dimensionado para compensar los caudales a lo largo de un año hidrológico, generalmente se considera como periodo crítico al año hidrológico en el cual se ha registrado el volumen aportado mínimo. Sin embargo, existen otras definiciones para el periodo crítico también aceptadas, como, por ejemplo, el volumen anual de aporte hídrico superado en el 75% de los años, que es una condición menos crítica que la anterior.
- Caudal regularizado. Es el caudal que se puede retirar del embalse durante todo el año hidrológico, asociado a una probabilidad.

2.1.11. EL VASO

Es el parte del valle que, inundándose, contiene el agua embalsada.

PRINCIPALES COMPONENTES DE UN VASO DE ALMACENAMIENTO

NAMINO (nivel de aguas mínimas de operación): es el nivel mas bajo con el que puede operar la presa. Cuando esta es para irrigación y otros usos, el NAMINO (también llamado en este caso NAMIN (nivel de aguas mininas)), coincide con el nivel al que se encuentra la entrada de la obra de, toma. En el caso de presa para generación de energía eléctrica, el NAMINO se fija de acuerdo con la carga mínima necesaria para que las turbinas operen en buenas condiciones. El volumen muerto es el que queda abajo del NAMINO O NAMIN; es un volumen del que no se puede disponer. El volumen de azolves es el que queda debajo del nivel de la toma y se reserva para recibir el acarreo de solidos por el rio durante la vida útil de la presa. La operación de la presa se lleva a cabo entre el NAMINO o

NAMIN y el NAMO (nivel de aguas máximo ordinario o de operación). EL NAMO es el máximo nivel con que puede operar la presa para satisfacer las demandas; cuando el vertedor de excedencias (estructura que sirve para desalojar los volúmenes excedentes de agua que puede poner en peligro la seguridad de la obra) no es controlado por compuertas, el NAMO coincide con su cresta o punto mas alto de vertedor. En el caso de que la descarga por el vertedor este controlada, EL NAMO puede estar por arriba de la cresta e incluso puede cambiar a lo largo del año. Asi en épocas de estiaje es posible fijar un NAMO mayor que en épocas de avenidas, pues la probabilidad de que se presente una avenida de la primera época es menor que la segunda. El volumen que se almacena entre el NAMO y el NAMIN o NAMINO se llama volumen o capacidad útil y es con el que se satisface con las demandas de agua.

EL NAME (nivel de aguas máximas extraordinarios) es el nivel mas alto que debe alcanzar el agua en el vaso bajo cualquier condición. El volumen que queda entre este nivel y el NAMO, llamado súper almacenamiento.

2.1.12. LA CERRADA

También denominado boquilla es el punto concreto o de materiales sueltos del terreno donde se construye la presa.

2.1.13. LA PRESA

También denominado cortina propiamente dicha, cuyas funciones básicas son, por un lado garantizar la estabilidad de toda la construcción, soportando un empuje hidrostático del agua, y por otro no permitir la filtración del agua.

Las presas son estructuras de construcción de mucha utilidad, ya que son usados en campos como el riego, el aprovechamiento y generación de energía, el control de inundaciones, la navegación, la pesca, control de sedimentos y la recreación.

Un embalse o represa es una acumulación artificial de aguas que tiene como particularidad poder ser parcial y/o totalmente vaciado por gravedad o por aspiración.

Según su origen se clasifican en naturales y artificiales. Un embalse de origen natural (como un valle inundado) se lo puede clasificar de acuerdo con su tamaño, su profundidad, su localización geográfica como: lago charca laguna estanque. Si es de origen artificial puede ser cavado en el suelo (por ejemplo, en las gravas), o ser consecuencias de una represa en tierra (estanque de piscicultura, por ejemplo), de piedras y de hormigón (por ejemplo, las grandes represas).

Las presas de tierra, tienen sección trapezoidal. En ellas se denominan ancho de cresta o simplemente cresta, al lado menor, el lado mayor esta definido por la línea de contacto entre el material de la presa y el material de la fundación y los lados del trapecio constituye los taludes. El que esta en contacto con el agua se denomina talud aguas arriba y al opuesto talud aguas abajo.

En las presas zonificadas existen uno o dos espaldones de materiales impermeables, núcleo o corazón de la presa, el cual puede ser vertical o inclinado.

Otro elemento importante en las presas homogéneas para almacenamiento, es el dren de pie, el cual tiene como función colectar todo el agua que pueda percolar a través de la sección o de la función de la misma. El dren desaparece en las presas zonificadas cuando el espaldón aguas abajo es impermeable y por lo tanto sustituye al dren.

Cuando la presa esta fundada sobre material permeable y se desea cortar el flujo de aguas a través de dicho material, se diseña una zanja, denominada dentellón, la cual se rellena con el mismo material del núcleo.

Cuando la función es directa sobre la roca, se transforma el dentellón de un a pequeña zanja de traba para la mejor unión del material del núcleo con el terreno de fundación.

2.1.14. TALUDES

Son las dos superficies principales que limitan el cuerpo de la presa, el anterior o de aguas arriba, que esta en contacto con el agua, y el exterior o de aguas abajo.

2.1.15. BORDO LIBRE

El bordo libre es la distancia vertical entre la corona y el nivel normal de agua dentro de la presa. El bordo libre mínimo es la diferencia entre la corona y el nivel máximo de agua esperado. Su objetivo es evitar el desbordamiento por el efecto de las olas u otros factores que incrementen el nivel de agua en forma violenta. Además proporciona un factor de seguridad contra un asentamiento de la presa mayor al previsto, al mal funcionamiento del vertedor o a diferencias de niveles producto de problemas constructivos.

Las distancias de bordo libre donde f es la distancia con la que el viento puede actuar sobre una masa de agua

2.1.16. LOS ESTRIBOS

Son los laterales del muro que están en contacto con la cerrada contra la que se apoya.

Debe evitarse la entrega de alineamientos sobresalientes a angostos de la ladera deben excavarse los materiales meteorizados o sueltos.

Pueden requerirse inyectar a los estribos. Debe proveerse un sistema de control de erosión en la unión del talud de la presa y de los estribos.

Los taludes de los estribos, las pendientes fuertes de los estribos producen grietas por asentamiento del terraplén de la presa, especialmente en la parte más alta de la presa.

2.1.17. LA CIMENTACION

Es la parte de la estructura de la presa, a través de la cual se transmiten las cargas al terreno, tanto las producidas por la presión hidrostática como las del peso propio de la estructura.

Definir el material que se va a remover para garantizar capacidad de soporte suficiente, estabilidad general y asentamientos aceptables. O mejorar la calidad del suelo de cimentación si se requiere.

2.1.18. EL ALVIADERO

También denominado vertedero hidráulico es la estructura hidráulica por la que rebosa el agua excedentaria cuando la presa ya esta llena.

2.1.19. LAS COMPUERTAS

Son los dispositivos mecánicos destinados a regular el caudal de agua a través de la presa.

2.1.20. EL DESAGUE DE FONDO

Permite mantener el denominado caudal ecológico aguas debajo de la presa y vaciar la presa en caso de ser necesario.

2.1.21. NUCLEO IMPERMEABLE

Es el elemento de la presa que cierra el valle al paso del agua contenida en el embalse o vaso.

2.1.22. NAME

Abreviación del nivel de aguas, máximo extraordinario; es la evaluación del agua en el vaso cuando la presa esta llena y además funciona el vertedor a su máxima capacidad. Hay otros niveles usuales en presas, como son el de aguas máximas ordinarios, el nivel medio de operación, el mínimo de operación y el máximo azolves. La diferencia entre la elevación de la corona y el NAME es bordo libre.

2.1.23. NAMO

Abreviación de nivel de aguas máximo ordinario; es la elevación del agua en el vaso.

2.1.24. NAMI

Abreviación de nivel de aguas mínimas; es la elevación del agua en el vaso.

2.1.25. METODOS DE ESTABILIDAD DE TALUDES EN UNA PRESA DE TIERRA

2.1.25.1. CLASIFICACION DE LOS METODOS DE CÁLCULO

LOS METODOS de cálculo para analizar la estabilidad de un talud se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- Métodos de cálculo en deformaciones.
- Métodos de equilibrio limite.

a) METODOS DE CALCULO EN DEFORMACIONES

Consideran en el cálculo las deformaciones del terreno además de las leyes de la estática. Su aplicación práctica es de gran complejidad y el problema debe estudiarse aplicando el método de los elementos finitos u otros métodos numéricos.

b) METODOS DE EQUILIBRIO LIMITE

Se basan exclusivamente en las leyes de la estática para determinar el estado de equilibrio de una masa de terreno potencialmente inestable. No tienen en cuenta las deformaciones del terreno. Suponen que la resistencia al corte se moviliza total y simultáneamente a lo largo de la superficie de corte.

Se pueden clasificar asu vez en dos grupos:

- Métodos exactos
- Métodos no exactos

c) METODOS EXACTOS

La aplicación de las leyes de la estática proporciona una solución exacta del problema con la única salvedad de las simplificaciones propias de todos los métodos de equilibrio límite (ausencia de deformaciones, factor de seguridad constante toda la superficie de rotura, etc.). Esto solo es posible en taludes de geometría sencilla, como por ejemplo la rotura planar y la rotura por cuñas (taludes de roca).

d) METODOS NO EXACTOS

En la mayor parte de los casos la geometría de la superficie de rotura no permite obtener una solución exacta del problema mediante la única aplicación de las leyes estáticas. El problema es hiperestático y ha de hacerse alguna simplificación o hipótesis previa que permita su resolución analítica. Se pueden considerar así los métodos que consideran el equilibrio global de la masa deslizante y los métodos de las dovelas o rebanadas, que consideran a la masa deslizante dividida en una serie de fajas verticales.

Los métodos de las dovelas o rebanadas pueden calificarse en dos grupos:

Métodos aproximados: no cumplen todas las ecuaciones de la estática. Se pueden citar por ejemplo los métodos de Fellenius, Janbu y **BISHOP**.

• METODO DE BISHOP

El método de **BISHOP** supone la superficie de deslizamiento circular, es un método de cálculo por dovelas o rebanadas. Se supone la masa deslizante dividida en n dovelas verticales.

Se aplica solo en superficies de rotura circular.

Método similar al de Fellenius, excepto que considera equilibrio de fuerzas en la dirección vertical.

La solución es indeterminada, por lo que requiere un proceso iterativo.

Proporciona resultados similares a los métodos precisos.

Estableciendo el equilibrio de momentos de toda la masa deslizante respecto al centro del círculo de deslizamiento y despejando el FS.

- **METODO MORGENSTERN-PRICE**

Al igual que el método de Spencer, también es de aplicación general, y trata de alcanzar tanto el equilibrio de momentos como de fuerzas. La diferencia es fundamental escriba en que la interacción entre dovelas o rebanadas viene dada por una función que evalúa esa interacción a lo largo de la superficie de deslizamiento.

El método morgenstern-Price es un método general de cortes realizados en la base del equilibrio límite. Debe satisfacer el equilibrio de fuerzas y momentos actuando en bloques individuales. Los bloques son creados dividiendo el suelo sobre la superficie terrestre dividiendo planos



CAPITULO III

3. CARACTERIZACION DEL AREA DE INVESTIGACION

3.1. GENERALIDADES

El presente trabajo de investigación de Geología y Geotecnia corresponde al proyecto “Construcción de la Presa Aricoma”. En el que se ha desarrollado dentro de los lineamientos que establecen la institución Programa Regional de Riego y Drenaje **PRORRIDRE**. El área de estudio abarca toda la Presa Aricoma, todo esto está Ubicado en toda la cuenca del rio Ramis en el Distrito de Crucero, Provincia de Carabaya, Departamento de Puno.

Por la necesidad de disponer de una buena infraestructura básica de riego en el departamento de Puno, para mejorar el nivel de vida de la población dedicada principalmente a la actividad agropecuaria y ganadería el Programa Regional de Riego y Drenaje PRORRIDRE a través del Gobierno Regional Puno ha visto por conveniente la implementación del Proyecto “Construcción de la Presa Aricoma”.

3.2. UBICACIÓN Y ACCESO AL AREA DEL PROYECTO

El área en estudio se encuentra ubicada políticamente en:

Región	: Puno
Departamento	: Puno
Provincia	: Carabaya
Distrito	: Crucero
Lugar	: Aricoma.

Para llegar a la zona de Proyecto se toma de las siguientes rutas como son:

CUADRO - I
ACCESIBILIDAD AL PROYECTO

DE	A	RUTA	DIST. (Km.)	TIEMPO (hrs)	TIPO DE VIA	FRECUENCIA	SERVICIO DE TRANSPORTE
PUNO	JULIACA	003S	42	1	ASFALTADO	HORARIA	BUS, CAMION
JULIACA	CALAPUJA	003S	23	1	ASFALTADO	HORARIA	BUS, CAMION
CALAPUJA	AZANGARO	107C	46.5	1	ASFALTADO	HORARIA	BUS, CAMION, TAXI, COMBIS.
AZANGARO	SAN ANTON	523-030C	48	1	ASFALTADO	HORARIA	COMBI, BUS, CAMION.
SAN ANTON	DV. CRUCERO	112	37	0.45	ASFALTADO	HORARIA	COMBI, BUS.
DV. CRUCERO	PRESA ARICOMA	112	23	1	AFIRMADO	HORARIA	COMBI, BUS.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

CUADRO – II
UBICACIÓN DE LA PRESA ARICOMA

COORDENADAS UTM			
PUNTO	NORTE	ESTE	COTA (m.s.n.m.)
EJE - A	8'413141.00	410783.00	4651.649
EJE - B	8'412662.00	411970.00	4673.075
		COTA PROMEDIO	4662.362 m.s.n.m.

3.3. CLIMA Y VEGETACION

3.3.1. CLIMA

La biotemperatura media anual máxima tienen un rango de 8° C a 11.80° C y las variaciones estacionales no exceden de 5° C es decir es casi uniforme durante el año existiendo mínimas temperaturas en la temporada de otoño e invierno llegando por debajo de 0° C.

Nuestra zona de proyecto se encuentra dentro de un clima frígido de alta montaña con características de Clima frío boreal-seco en invierno (DWB) con temperatura media superior a 10°C, por lo menos durante cuatro meses en épocas de avenida. (Clasificación climática de Koppen W.) y en épocas de estiaje las temperaturas descienden (-15°) aproximadamente.

Las precipitaciones mayores se presentan entre los meses de Diciembre a Marzo tal como consta en el estudio de Hidrología.

3.3.2. VIENTOS

La velocidad, frecuencia y dirección de los vientos son variadas, resultado del flujo atmosférico en el ámbito de la zona de estudio es seco a húmedo. El periodo de mayor frecuencia de vientos en términos generales son los meses agosto, octubre.

3.3.3. LLUVIAS

La estación de mayor frecuencia e intensidad de lluvias son los meses de diciembre a abril.

3.3.4. TEMPERATURA

Constituye uno de los elementos fundamentales que condicionan el comportamiento del clima, siendo variada e irregular debido a diversos factores, como la ubicación geográfica, altitud, nubosidad, entre otros. La temperatura en las madrugadas llegan a temperaturas -15°C bajo cero en día varían de 8° a 11.80°C .

3.3.5. HELADAS

Las heladas se presentan antes de estación de invierno (mayo, junio, julio, agosto y setiembre). Así mismo hacen su presencia después del invierno o sea en la estación de la primavera (setiembre). En el ámbito de estudio las heladas resultan mas intensas sobre todo en los meses de junio, julio, agosto.

3.3.6. VEGETACION

Se tiene una variedad de recursos forestales, los más resaltantes y vistosos en la microcuenca son: ichu, iru y chilligua.

3.3.7. CALIDAD DE AGUA EN EL PROYECTO DE LA PRESA

La muestra se toma en ubicación donde se construirá la Presa Aricoma, dejándose para su análisis en los laboratorios control de calidad de INIA Puno.

3.4. HIDROGRAFIA

La red hidrográfica que discurre en superficie circundante al área de estudio, forma parte de la cuenca del Titicaca, considerando que el divortium acuarium está muy próximo.

El área drenada de la micro cuenca en estudio y los ríos próximos, está delimitada por la Cordillera de Carabaya, que en realidad es el divortium acuarium, es decir que la parte que la cabecera de la laguna constituye la divisoria de aguas con los ríos del sistema hidrográfico del Amazonas y la vertiente del Pacífico.

El río crucero, próximo a la zona del proyecto se constituye en el colector principal de los distintos sistemas de drenaje, que forma parte de la cuenca endorreica del Titicaca, siendo un afluente del río Azángaro.

3.4.1. LAGUNA ARICOMA

Tiene un origen glaciar, que es la principal fuente de escorrentía que finalmente va drenar al río Crucero.

La acumulación de sus aguas se produce en una pequeña depresión formada por la erosión glaciar y la barrera formada por un depósito de morrena.

3.5. ESTRATIGRAFIA

3.5.1. PALEOZOICO

3.5.1.1. FORMACIÓN ANANEA (SD-a)

Es una secuencia gruesa pizarrosa, se emplaza en toda la cabecera de las lagunas Cocaña, viluyo y Aricoma, la misma que forma el nevado y parte de la Cordillera oriental, prolongándose hasta la Cordillera real de Bolivia.

Las pizarras de la formación Ananea afloran conspicuamente en toda la cabecera del área de influencia del proyecto, regionalmente llegan hasta Patambuco y Limbani, Presenta morfologías abruptas, algunos signos de estratificación han desaparecido, sus capas están fuertemente plegadas.

3.5.1.2. GRUPO AMBO (Ci-a)

Se emplaza en la columna oeste de la Laguna Cocaña (margen derecha), su secuencia es clásica de ambiente continental que sobreyase en aparente continuidad sobre la secuencia pizarrosa de la formación Ananea, se estima un grosor de 800m.

Próximo a la laguna Cocaña expone pizarras carbonosas intercaladas con lutitas en capas delgadas característicamente laminares y areniscas cuarzosas de grano fino gris oscuro en capas tabulares de 30^a 40 cm.

3.5.1.3. GRUPO TARMA (Cs-t)

Se caracteriza litológicamente por contener una intercalación de areniscas, limo arcillitas y calizas micríticas, cuya proporción es muy variable.

Su morfología es dependiente de la posición de sus capas, porque muestra morfologías suaves y abruptas como en la zona de aproximación hacia la laguna Cocaña en su margen derecha.

Al tope de esta secuencia tenemos una intercalación predominantemente de calizas, areniscas calcáreas color marrón amarillento en superficie meteorizada, con limo arcillitas muy subordinadas en abundancia.

El Grupo Tarma limita en la margen izquierda con el Grupo Ambo, se marca donde se registra un cambio morfológico resaltante.

3.5.2. CENOZOICO

3.5.2.1. DEPÓSITOS GLACIOFLUVIALES (Qp-gf)

Ocupan un área extensa en la zona del proyecto, se emplaza en gran medida en el anillo circunlacustre, limitando desde la cabecera de las lagunas hasta las estribaciones de río crucero, notándose nítidamente en la zona de emplazamiento del eje de presa.

Los depósitos glaciofluviales presentan una morfología suave y ondulada, con una aligera inclinación de 5 a 10° hacia el Sureste, están intersectados por un sistema de drenaje paralelo a sub paralelo, de pequeños riachuelos y quebradas, que finalmente pasan a ser afluentes el río Crucero.

En algunas partes, estos depósitos se encuentran cubriendo a las rocas preexistentes, con una distribución caótica.

3.5.2.2. DEPÓSITOS MORRÉNICOS (Qh-mo)

Tienen una marcada presencia en el flanco posterior del nevado Aricoma (al pie), denotando una regular actividad durante el cuaternario.

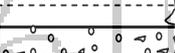
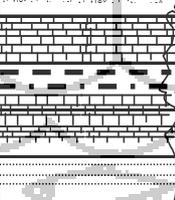
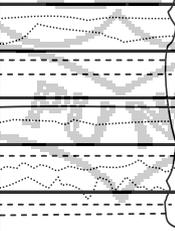
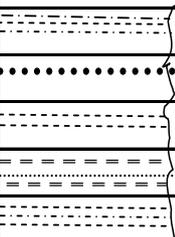
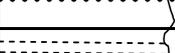
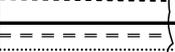
Los materiales que constituyen este depósito muestran una matriz areno arcillosa, con presencia de gravas dispuestas caóticamente, los depósitos yacen sobre los glaciofluviales pre-existentes, por lo que se le atribuye una edad holocénica.

3.5.2.3. DEPÓSITOS ALUVIALES (Qh-al)

Tienen una marcada presencia en la margen izquierda, aguas abajo del embalse, compuestos por bloques, guijas, gravas, arenas, limos y arcillas de composición heterogénea y una mala estratificación.

Estos depósitos se acumulan con diferente intensidad a lo largo de los discursos de los riachuelos del lugar, se ofrecen estos materiales para ser aprovechados como canteras de roca, las que se encuentran como rodados.

CUADRO – IV
Columna estratigráfica de la presa aricoma

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES	COLUMNA	DESCRIPCION	
Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	Depositos Aluviales		Gravas y conglomerados mal clasificados.	
			Depositos Glaciofluviales		Conglomerados subredondeados, gravas	
			Depósitos Morrenicos		Gravas subangulosas litologicamente heterogeneas.	
		Pleistoceno	Depositos Lacustrinos		Limos y limolitas de color beige	
			Depositos Fluvioglaciares		Gravas subredondeadas a subangulosas.	
	Paleozoico	Carbonifero	Superior	Grupo Tarma		Areniscas feldespáticas, verde grisáceas hacia la base con intercalación de calizas micríticas grises y limoarcillitas en menor proporción.
				Grupo Ambo		Areniscas cuarzosas blanquecina a gris oscura con intercalación de limoarcillitas, limolitas oscuras y pizarras, se observa restos de plantas.
		Devoniano	Ananea	Formación Ananea		Pizarras gris coscuras, azuladas caracteristicamente laminares y foliadas, con niveles micaceos y cuarcitas que se intercalan esporádicamentes.
						
						

3.6. GEOMORFOLOGÍA

3.6.1. GEOMORFOLOGÍA REGIONAL

La zona de estudio se halla ubicado en las unidades geomorfológicas regionales que se reconocen como cordillera oriental en la zona estudiada, se ha diferenciado bajo el criterio morfológico estructural y litológico, estas unidades reconocidas se presentan como:

- Relieve Cordillerano (altas cumbres)
- Colinas Intrandinas
- Altiplanicie
- Ladera Cordillerana
- Valle Fluvioglacial
- Lecho Aluvial Altiplánico

La zona presenta un relieve accidentado, conformando una cadena de montañas, mientras, la llanura se encuentra solo en las estribaciones del emplazamiento de la zona de represamiento en un área muy reducido.

El principal accidente geográfico próximo lo conforma La Cordillera Oriental, sobre esta se reconocen diversas unidades geomorfológicas, las cuales fueron muy importantes para determinar la relación, morfología-litología, dado que gran parte de la cadena cordillerana se encuentra conformada por rocas metamórficas de bajo grado, como pizarras y cuarcitas, que dan lugar a una cadena de montañas con superficie abrupta y heterogénea.

De acuerdo a las observaciones de campo se puede señalar el desarrollo de la zona del fue controlado esencialmente por factores estructurales, como son levantamientos de bloque antiguos, fallas; la litología de las rocas ígneas en especial la actividad enudacional, como son la erosión de los glaciares y fluvial, que han interactuado para dar lugar a actual modelado de la superficie.

3.6.1.1. HIDROGRAFIA

La red hidrográfica que discurre en superficie circundante al área de estudio, forma parte de la cuenca del Titicaca, considerando que el divortium acuarium está muy próximo.

El área drenada de la micro cuenca en estudio y los ríos próximos, está delimitada por la Cordillera de Carabaya, que en realidad es el divortium acuarium, es decir que la parte que la cabecera de la laguna constituye la divisoria de aguas con los ríos del sistema hidrográfico del Amazonas y la vertiente del Pacífico.

El río crucero, próximo a la zona del proyecto se constituye en el colector principal de los distintos sistemas de drenaje, que forma parte de la cuenca endorreica del Titicaca, siendo un afluente del río Azángaro.

3.6.1.2. LAGUNA ARICOMA

Tiene un origen glaciar, que es la principal fuente de escorrentía que finalmente va drenar al río Crucero.

La acumulación de sus aguas se produce en una pequeña depresión formada por la erosión glaciar y la barrera formada por un depósito de morrena.

3.6.1.3. TRIBUTARIOS

Tributarios a las lagunas de la zona de estudio provienen directamente del deshielo glaciar del nevado Aricoma, unos en forma superficial y otros en forma de flujos internos, que desembocan directamente en el interior de la laguna.

Los cerros Patilla, Tinajillani, Quimsa Orko, Coito Pina, y Aricoma, sirven como principal fuente de suministro, a través de las filtraciones provenientes del sistema glaciar adyacente a la zona, los que devienen de las precipitaciones.

3.6.1.4. RIO CRUCERO

Sus nacientes se encuentran en el nevado de Ananéa y en la Laguna Rinconada, recorre a lo largo de la depresión Ananéa-Crucero de SE a NO, se caracteriza por su recorrido sinuoso en la pampa de Crucero, debido a su amplitud y poca pendiente de esta parte de la altiplanicie.

3.6.2. GEOMORFOLOGIA LOCAL

La zona de emplazamiento del proyecto, destacan unidades geomórficas bien definidas que conforman una topografía muy variada, reconociéndose sectores de suave pendiente, superficies onduladas que contrastan con paisajes agrestes.

El área evaluada se encuentra controlada morfo estructuralmente por el flanco Oriental de la Cordillera de los Andes en el Sureste peruano; éste accidente geomorfológico ha controlado las condiciones climáticas de la zona, presentando como característica una variedad de relieves, debido a diferentes procesos geomorfológicos que han actuado sobre las diversas litologías, condicionados por otros elementos morfo estructurales, como la depresión tectónica de Crucero y los bloques paleozoicos levantados, así como la variación de las condiciones climáticas.

En el área circundante al proyecto se distinguen las siguientes unidades geomorfológicas:

3.6.2.1. RELIEVE CORDILLERANO

Corresponde a los cerros más altos como Patilla, Tinajillani, y Aricoma, entre otros, las que presentan fuertes pendientes y en algunos casos picos pronunciados.

La glaciación cuaternaria es uno de los agentes que actuó en el modelado del terreno en casi toda la zona, pero es el relieve cordillerano en donde se nota la acción del hielo sobre la roca.

3.6.2.2. VALLE FLUVIOGLACIAR

Esta bordea todo el vaso de la zona de estudio, presenta pendientes fuertes, moderados, con perfiles asimétricos y disectados por quebradas.

Forma un nexo entre el relieve cordillerano y el horizonte de las aguas de las lagunas inmersas en la zona de estudio; la glaciación cuaternaria es aun el principal agente modelador, dando lugar y origen al valle de con formaciones de gran altura a mediana.

Litológicamente lo constituyen areniscas y pizarras, con cambios bruscos de relieve, notándose una disminución paulatina de la altitud del eje de la cordillera hacia los flancos.

3.6.2.3. LECHO ALUVIAL ALTIPLANICO

Se encuentra en ambos flancos del río Crucero y el proveniente de la laguna Aricoma, se caracteriza por una sección transversal en forma de “V”, con pendientes moderadas, emplazadas en un fondo relleno por depósitos fluviales, inconsolidados, arenas, gravas y cantos rodados que van desde sub redondeados a redondeados y de diferente composición. Las terrazas fluviales se presentan poco desarrolladas y por lo general asimétricas.

3.6.2.4. DRENAJE

El río Crucero es el colector principal del área, el proyecto se sitúa aguas arriba y en su margen derecha, tiene su origen en los deshielos de la cordillera oriental, cuyo caudal es incrementado por pequeños tributarios en la naciente y en el trayecto por quebradas y ríos tributarios, finalmente el río Azángaro confluye con el río Pucará dando lugar al río Ramis que desemboca en el lago

Titicaca; el modelo de drenaje que presenta la cuenca es dendrítica a subparalela.

3.7. GEOLOGIA ESTRUCTURAL

En el área de estudio está relacionado al ciclo evolutivo de la tectónica herciniana y tectónica andina, estos movimientos tectónicos han controlado la sedimentación y deformación de las unidades mayormente paleozoicas y consecuentemente mesozoicas., de acuerdo a estas características se han determinado cuatro zonas estructurales en función del grado de deformación y control estructural, se puede observar una falla inversa que pone en contacto la formación Ananea contra el grupo ambo, al Oeste de la laguna Cocaña, donde el grupo Tarma suprayace al grupo Ambo.



CAPITULO IV

4.0. ANALISIS Y RESULTADOS DE GEOTECNIA DEL PROYECTO

4.1. CARACTERISTICAS GEOTECNICAS GENERALES DEL VASO Y EJE DE PRESA

La evaluación Geotécnica del Proyecto Construcción de la Presa Aricoma, tiene como objetivo estudiar en el campo a través de pozos de exploración o calicatas “a cielo abierto”, ensayos de laboratorio a fin de obtener las principales características físicas y mecánicas del suelo, sus propiedades de resistencia, asentamientos y labores de gabinete en base a los cuales se define los perfiles estratigráficos, tipo y profundidad de cimentación de la Presa para luego realizar los cálculos de capacidad portante admisible para luego dar las recomendaciones generales para la cimentación o terreno de fundación donde se implantará las estructuras a construirse.

Los objetivos específicos del estudio son:

- Reconocimiento del terreno
- Distribución y ejecución de calicatas.
- Toma de muestras inalteradas y disturbadas
- Ejecución de ensayos de laboratorio.
- Evaluación de los trabajos de campo y laboratorio
- Perfiles estratigráficos.
- Análisis de la capacidad portante admisible en roca y suelo.
- Determinar de asentamientos en suelo.

METODOLOGÍA

La metodología de trabajo fue realizada en dos etapas:

- **Primera Etapa.-** Se realizó un muestreo sistemático en lugares estratégicos y representativos previo a un programa, mediante calicatas a cielo abierto, efectuándose calicatas de acuerdo a la litología presente del Proyecto como es (Presa, Zonas de embalse, Obras de Arte y Canteras), la profundidad alcanzada obedece a la intensidad y tipos de carga que serán transmitidos en el sub-suelo o terreno de fundación, llegando hasta 1.50 – 2.00 m. a una distancia de 500 m. en el eje de la Presa, Obras de Arte y Canteras, la ubicación de las calicatas nos permitieron obtener una información confiable y representativa de los suelos potencialmente consideradas como sub rasante o terreno de fundación y materiales de construcción ósea canteras.

Las muestras se depositaron en bolsas de polietileno con su respectiva tarjeta de identificación, para luego ser remitidos en el laboratorio de mecánica de suelos y concreto de **PRORRIDRE**.

- **Segunda Etapa.-** Consiste en el ensayo de muestras en laboratorio de mecánica de suelos y concreto de PRORRIDRE, determinación cualitativa y cuantitativa a partir de los resultados obtenidos en laboratorio, la interpretación de resultados y finalmente la preparación del informe correspondiente.
- **ENSAYOS DE MECANICA DE SUELOS QUE SE REALIZARON EN EL LABORATORIO**

Los trabajos en laboratorio de mecánica de suelos consisten en realizar ensayos de muestras obtenidas en las diferentes calicatas excavadas en el campo, ensayos que se realizaron en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto de Programa Regional de Riego y Drenaje (PRORRIDRE), para las siguientes estructuras que compondrá el sistema de riego como es:

- Eje de Presa
- Zona de Embalse.
- Canteras.

- Obras de Arte
- En el siguiente cuadro se detalla los ensayos solicitados para cada estructura:

CUADRO – V
RESUMEN DE ENSAYOS REALIZADOS

ESTRUCTURA	NOMBRE DEL ENSAYO
ZONA DE EMBALSE, EJE DE PRESA Y OBRAS DE ARTE	Humedad natural ASTM D-2216.
	Análisis granulométrico por tamizado ASTM D-422.
	Determinación del límite líquido ASTM D-4318.
	Determinación del límite plástico ASTM D-4318
	Densidad Natural ASTM D-1556.
	Peso Específico Relativo de Sólidos (ASTM D854)
CANTERAS	Humedad natural ASTM D-2216.
	Análisis granulométrico por tamizado ASTM D-422.
	Determinación del límite líquido ASTM D-4318.
	Determinación del límite plástico ASTM D-4318
	Densidad Natural ASTM D-1556.
	Peso Específico Relativo de Sólidos (ASTM D854)
	Proctor modificado. ASTM D-1557.
	Porcentaje de absorción
	Pesos unitarios
	Análisis granulométrico por tamizado -MTC E-204 para agregados
	Ensayo de abrasión los ángeles.

4.2. GEOTECNIA DEL EJE DE PRESA

4.2.1. TRABAJOS REALIZADOS EN CAMPO.

Con la finalidad de definir el perfil estratigráfico del área de estudio, se realizaron exploraciones del suelo y roca mediante calicatas a cielo abierto y el muestreo del suelo.

Calicatas

Se excavaron 02 Calicatas o Pozos de Exploración a cielo abierto, asignándole como C-01 y C-02 las cuales fueron convenientemente coordinadas y ubicadas, en la zona del eje de la presa.

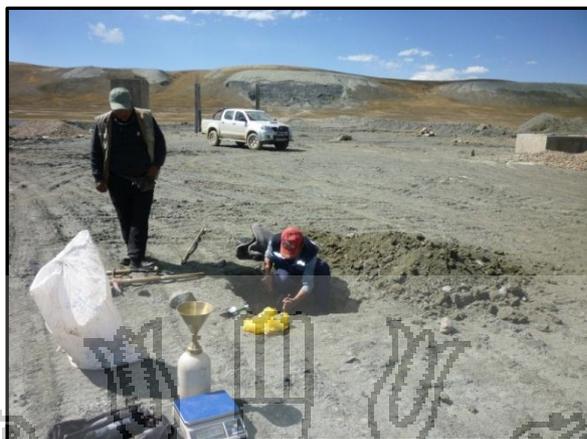


Foto: 01 VISTA DEL EJE DE LA PRESA Y SU DISTRIBUCIÓN DE CALICATAS

Muestreo

De cada uno de los horizontes representativos de suelos se extrajeron muestras alteradas que debidamente identificadas se remitieron al laboratorio del Programa regional de Riego y Drenaje PRORRIDRE para los ensayos correspondientes para la identificación y clasificación de suelos, también se hizo densidades naturales en las calicatas – 01 y calicata 02 a una profundidad de 1.00 mts y 1.30mts debajo de la rasante.



Foto: 02 EJECUCIÓN DE CALICATAS EN EL EJE DE LA PRESA

4.2.2. PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL EJE DE LA PRESA

En base a la información obtenida de los trabajos de campo y de los ensayos de laboratorio, se han establecido el perfil estratigráfico de las calicatas C-01y C-02 Dichos perfiles estratigráficos están hasta una profundidad de 2.00 m. para luego continuar con el mismo material de

profundidad indeterminada.

GRAFICO N° 01 PERFIL DE CALICATA C-01 EJE "A"

ESCALA GRAFICA PROFUNDIDAD D m.	LONGITUD DE TRAMO m.	N.F. m.	MUESTRA OBTENIDA	SIMBOLOGIA	CLASIFICACION	DESCRIPCION
0.00	2.00 m.	NO HAY N.F.	E-1		A-6(5) CL	ESTRATO CONFORMADO POR ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD DE COLOR GRIS OSCURO DE CONSISTENCIA COMPACTO CON LL=31.30, IP=11.90 Y EL 6.03 % DE GRAVA, 58.50 % DE MATERIAL FINO PASANTE LA MALLA N°200 Y NO TIENE NIVEL FREATICO.
0.10						
0.20						
0.30						
0.40						
0.50						
0.60						
0.70						
0.80						
0.90						
1.00						
1.10						
1.20						
1.30						
1.40						
1.50						
1.60						
1.70						
1.80						
1.90						
2.00						
2.10	CONTINUA A MAS PROFUNDIDAD ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD					

GRAFICO N° 02 PERFIL DE CALICATA C-02 EJE "B"

ESCALA GRAFICA PROFUNDIDAD D m.	LONGITUD DE TRAMO m.	N.F. m.	MUESTRA OBTENIDA	SIMBOLOGIA	CLASIFICACION	DESCRIPCION
0.00	2.00 m.	NO HAY N.F.	E-1		A-6(5) CL	ESTRATO CONFORMADO POR ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD DE COLOR GRIS OSCURO DE CONSISTENCIA COMPACTO CON LL=30.30, IP=11.00 Y EL 17.78 % DE GRAVA, 56.87 % DE MATERIAL FINO PASANTE LA MALLA N°200 Y NO TIENE NIVEL FREATICO.
0.10						
0.20						
0.30						
0.40						
0.50						
0.60						
0.70						
0.80						
0.90						
1.00						
1.10						
1.20						
1.30						
1.40						
1.50						
1.60						
1.70						
1.80						
1.90						
2.00						
2.10	CONTINUA A MAS PROFUNDIDAD ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD					

Esta información se ilustra en los anexos – perfiles estratigráficos

4.2.3. DESCRIPCION DEL SUBSUELO EN EL EJE DE LA PRESA ARICOMA

CALICATA EJE (C-01):

0.00 – 2.00 m. Estrato continuando a más profundidad se encuentra material conformado por CL y ML denominado arcilla de baja plasticidad y limos de baja plasticidad con $LL=31.30$, $IP=11.90$ y el 15.03 % de grava, 58.50 % de material fino que pasa la malla N° 200 y hay presencia de fragmentos de roca aisladamente de tamaños de 6" a 12" todos ellos presentan color gris pardo a amarillento su estado de conformación es semicompacto no hay presencia de nivel freático.

CALICATA EJE (C-02):

0.00 – 2.00 m. Estrato conformado a más profundidad se encuentra material conformado por **CL y ML** denominado arcilla de baja plasticidad y limos de baja plasticidad con $LL=30.30$, $IP=11.00$ y el 17.78 % de grava, 56.87 % de material fino que pasa la malla N° 200 y hay presencia de fragmentos de roca aisladamente de tamaños de 6" a 8" todos ellos presentan color gris pardo a amarillento de consistencia medianamente compacto a blando no hay presencia de nivel freático.

4.2.4. CLASIFICACIÓN DE SUELOS EN EL EJE DE LA PRESA

Las muestras ensayadas en el laboratorio se han clasificado de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.) y las muestras restantes que no figuran en el cuadro fueron clasificados por pruebas sencillas de campo, observación y comparación con las muestras representativas ensayadas.

RESUMEN DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL MATERIAL DE TERRENO DE FUNDACIÓN DEL EJE DE PRESA

CUADRO - VI

UBICACIÓN DE CALICATAS	ESTRATO	GRANULOMETRIA				LIMITES DE CONSISTENCIA			HUMEDAD %	CLASIFICACION		TIPO DE MATERIAL
		% QUE PASA				L.L.	L.P.	IP		SUCS	AASHTO	
		# 200	# 40	# 4	# 2	(%)	(%)	(%)				
C-01 KM=0+750	E-2	58.5	68.3	85.0	100.0	31.3	19.5	11.9	8.8	CL	A-6 (5)	ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD
C-01 KM=0+750	E-3	56.9	66.0	82.2	100.0	30.3	19.3	11.0	11.6	CL	A-6 (5)	ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD

Fuente: elaboración propia, PRORRIDRE-2013

4.2.5. ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN EN SUELO EN EL EJE DE PRESA

4.2.5.1. CÁLCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE EN SUELO

De acuerdo al análisis de cimentación, trabajo de campo, ensayos de laboratorio descripción de los perfiles estratigráficos, y la forma del proyecto se ha considerado un tipo de cimentación corrido y cuadrado donde será desplantado a unos 2 – 3 m. según estudios geofísicos el material glaciario se encuentra en forma masiva..

4.2.5.2. CÁLCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE POR CORTE EN SUELO

Se empleará para él cálculo de capacidad de carga última por corte las fórmulas propuestas por Karl Terzaghi (**ecuación N° 01 y 02**), para zapatas continuas o corridas y cuadrados para las calicatas C-01 y C-02.

$$q_u = 1.2 * c * N_c + q N_q + 0.40 \gamma B N_\gamma \dots \dots \dots EC - 01$$

$$q_u = c * N_c + q N_q + 0.50 \gamma B N_\gamma \dots \dots \dots EC - 02$$

Dónde:

qu : Capacidad de carga.

c : Cohesión.



N_c, N_q, N_γ : Factores de capacidad de carga

γ : Densidad natural.

D_f : Profundidad de desplante

B : Ancho de la cimentación.

La capacidad admisible de carga es calculada como en la ecuación N° 03:

$$q_{adm} = q_u / FS \dots\dots\dots E- 03$$

Dónde:

q_{adm} : Capacidad admisible de carga.

$F. S.$: Factor de seguridad acápite 3.3 - Norma E050.

**CUADRO - VII
C-01 KM=0+650**

PARAMETROS DE CALCULO			
Angulo de fricción	ϕ	22	grados
Cohesión	c	0.12	kg/m ²
Factores de capacidad de carga	N_c	20.27	
	N_q	9.19	
	N_γ	5.09	
Peso Especifico del Suelo	PE	1634.00	kg/m ³
Peso Especifico del Suelo Saturado	PE	1680.00	kg/m ³
Peso Unitario Agua	PU	1000	kg/m ³
Profundidad en el agua	Zw	2.5	m.

CUADRO - VIII

CALCULO DE CAPACIDAD CARGA ULTIMA Y CAPACIDAD PORTANTE SEGÚN A LA PROFUNDIDAD									
Terzaghi ZAPATA CUADRADA	BASE (m.)	1.00	qu	9578.9429	kg/m ²	9.57894288	TN/m ²	0.96	kg/cm ²
	PROFUND. (m.)	1.00	qd	3831.5772	kg/m ²	3.831577152	TN/m ²	0.38	kg/cm ²
	BASE (m.)	1.00	qu	15828.143	kg/m ²	15.82814288	TN/m ²	1.58	kg/cm ²
	PROFUND. (m.)	2.00	qd	6331.2572	kg/m ²	6.331257152	TN/m ²	0.63	kg/cm ²
	BASE (m.)	1.00	qu	18952.743	kg/m ²	18.95274288	TN/m ²	1.90	kg/cm ²
	PROFUND. (m.)	2.50	qd	7581.0972	kg/m ²	7.581097152	TN/m ²	0.76	kg/cm ²
CALCULO DE CAPACIDAD CARGA ULTIMA Y CAPACIDAD PORTANTE SEGÚN A LA PROFUNDIDAD									
Terzaghi ZAPATA CORRIDA	BASE (m.)	1.00	qu	10410.162	kg/m ²	10.4101624	TN/m ²	1.04	kg/cm ²
	PROFUND. (m.)	1.00	qd	4164.065	kg/m ²	4.16406496	TN/m ²	0.42	kg/cm ²
	BASE (m.)	1.00	qu	16659.362	kg/m ²	16.6593624	TN/m ²	1.67	kg/cm ²
	PROFUND. (m.)	2.00	qd	6663.745	kg/m ²	6.66374496	TN/m ²	0.67	kg/cm ²
	BASE (m.)	1.00	qu	19783.962	kg/m ²	19.7839624	TN/m ²	1.98	kg/cm ²
	PROFUND. (m.)	2.50	qd	7913.585	kg/m ²	7.91358496	TN/m ²	0.79	kg/cm ²



CUADRO - IX
C-01 KM=0+750

PARAMETROS DE CALCULO			
Angulo de fricción	Ø	23	grados
Cohesión	c	0.15	kg/m2
Factores de capacidad de carga	Nc	21.75	
	Nq	10.23	
	Nw	6	
Peso Especifico del Suelo	PE	1644.00	kg/m3
Peso Especifico del Suelo Saturado	PE	1680.00	kg/m3
Peso Unitario Agua	PU	1000	kg/m3
Profundidad en el agua	Zw	2.5	m.

CUADRO - X

CALCULO DE CAPACIDAD CARGA ULTIMA Y CAPACIDAD PORTANTE SEGUN A LA PROFUNDIDAD									
Terzaghi ZAPATA CUADRADA	BASE (m.)	1.00	qu	10905.915	kg/m2	10.905915	TN/m2	1.09	kg/cm2
	PROFUND. (m.)	1.00	qd	4362.366	kg/m2	4.362366	TN/m2	0.44	kg/cm2
	BASE (m.)	1.00	qu	17862.315	kg/m2	17.862315	TN/m2	1.79	kg/cm2
	PROFUND. (m.)	2.00	qd	7144.926	kg/m2	7.144926	TN/m2	0.71	kg/cm2
	BASE (m.)	1.00	qu	21340.515	kg/m2	21.340515	TN/m2	2.13	kg/cm2
	PROFUND. (m.)	2.50	qd	8536.206	kg/m2	8.536206	TN/m2	0.85	kg/cm2
CALCULO DE CAPACIDAD CARGA ULTIMA Y CAPACIDAD PORTANTE SEGUN A LA PROFUNDIDAD									
Terzaghi ZAPATA CORRIDA	BASE (m.)	1.00	qu	11891.663	kg/m2	11.8916625	TN/m2	1.19	kg/cm2
	PROFUND. (m.)	1.00	qd	4756.665	kg/m2	4.756665	TN/m2	0.48	kg/cm2
	BASE (m.)	1.00	qu	18848.063	kg/m2	18.8480625	TN/m2	1.88	kg/cm2
	PROFUND. (m.)	2.00	qd	7539.225	kg/m2	7.539225	TN/m2	0.75	kg/cm2
	BASE (m.)	1.00	qu	22326.263	kg/m2	22.3262625	TN/m2	2.23	kg/cm2
	PROFUND. (m.)	2.50	qd	8930.505	kg/m2	8.930505	TN/m2	0.89	kg/cm2

FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA DE TERZAGHI; ECUACIÓN

CUADRO XI

ϕ	N_c	N_q	N_γ	ϕ	N_c	N_q	N_γ
0	5.70	1.00	0.00	26	27.09	14.21	9.84
1	6.00	1.1	0.01	27	29.24	15.90	11.60
2	6.30	1.22	0.04	28	31.61	17.81	13.70
3	6.62	1.35	0.06	29	34.24	19.98	16.18
4	6.97	1.49	0.10	30	37.16	22.46	19.13
5	7.34	1.64	0.14	31	40.41	25.28	22.65
6	7.73	1.81	0.20	32	44.04	28.52	26.87
7	8.15	2.00	0.27	33	48.09	32.23	31.94
8	8.60	2.21	0.35	34	52.64	36.50	38.04
9	9.09	2.44	0.44	35	57.75	41.44	45.41
10	9.61	2.69	0.56	36	63.53	47.16	54.36
11	10.16	2.98	0.69	37	70.01	53.80	65.27
12	10.76	3.29	0.85	38	77.50	61.55	78.61
13	11.41	3.63	1.04	39	85.97	70.61	95.03
14	12.11	4.02	1.26	40	95.66	81.27	115.31
15	12.86	4.45	1.52	41	106.81	93.85	140.51
16	13.68	4.92	1.82	42	119.67	108.75	171.99
17	14.60	5.45	2.18	43	134.58	126.50	211.56
18	15.12	6.04	2.59	44	151.95	147.74	261.60
19	16.56	6.70	3.07	45	172.28	173.28	325.34
20	17.69	7.44	3.64	46	196.22	204.19	407.11
21	18.92	8.26	4.31	47	224.55	241.80	512.84
22	20.27	9.19	5.09	48	258.28	287.85	650.67
23	21.75	10.23	6.00	49	298.71	344.63	831.99
24	23.36	11.40	7.08	50	347.50	415.14	1072.80
25	25.13	12.72	8.34				

*Según Kumbhojkar (1993)

$$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi}$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$$

$$N_{\gamma} = 2(N_q + 1)\tan \phi$$

SOLUCIÓN: de un problema de capacidad de carga del cuadro VII km 0 + 650 eje de presa.

Ecuación: 01

$$N_q = \tan^2(45 + \phi/2) e^{\pi \tan \phi}$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$$

$$N_{\gamma} = 2(N_q + 1) \tan \phi$$

Solución de una capacidad de carga

Con un factor de seguridad (FS) de 2.5 los resultados son en kg/m²

Solución

$$q_u = 1.2 cN_c + qN_q + 0.4 \gamma B N_{\gamma}$$

De la tabla de factores para $\phi = 22^{\circ}$

$$N_c = 20.27; \quad N_q = 9.19; \quad N_{\gamma} = 5.09$$

Entonces

$$q_u = (1.2)(320)(20.27) + (3 \cdot 115)(9.19) + (0.4)(115)(5)(5.09) = 9578.9429 \text{ kg/m}^2$$

La carga admisible por unidad de área de la cimentación es entonces

$$Q_{adm} = q_u / FS = 9578.9429 / 2.5 = 3831.5772 \text{ kg/m}^2.$$

Capacidades de cargas admisibles a una profundidad de 2.50 m en el eje de la presa será de:

C. CUADRADO C-01 EJE DE PRESA KM=0+650 qad = 0.76 kg/cm²

C. CUADRADO C-02 EJE DE PRESA KM=0+750 qad= 0.85 kg/cm²

C. CORRIDO C-01 EJE DE PRESA KM=0+650 qad = 0.79 kg/cm²

C. CORRIDO C-02 EJE DE PRESA KM=0+750 qad= 0.89 kg/cm²

4.2.5.3. CARACTERÍSTICAS DE MATERIAL PARA EL NÚCLEO DE LA PRESA

Los núcleos de una presa se construyen para impedir el paso del agua a través del cuerpo de presa, por lo que precisan materiales de baja o muy baja permeabilidad, del orden de 10 - 5 cm/s o inferior. Además no deben ser colapsables, ni contener material orgánica o ser solubles. Debe ser fácilmente compactables. Las arcillas y los limos son los más característicos, aunque también las arenas con contenido arcilloso pueden ser utilizadas; su índice de plasticidad debe estar entre 15 y 35. La selección de estos materiales no incluye en principio a otros de baja permeabilidad que, convenientemente compactados y seleccionados, aporten un elemento impermeable adecuado. La compactación se realizara e tongadas de 20 a 30 cm con rodillo de pata de cabra o a veces con rodillo vibrante.

El grado de compactación no deberá ser menor al 95% de la Máxima Densidad Seca obtenida del Próctor Modificado.

4.2.5.4. FILTRO Y DRENES

Los filtros y drenes se utilizan para evitar el paso de las partículas finas de los materiales contiguos y permitir el drenaje. Los volúmenes requeridos suelen ser muy inferiores con respecto al resto de materiales, aunque sus especificaciones son mucho más exigentes, en cuanto a propiedades y granulometrías.

Los materiales que constituyen un filtro deben satisfacer ciertas condiciones con el objeto de asegurar que cumpla con sus funciones.

Las especificaciones del filtro están dadas en función de las granulometrías de los materiales por proteger y de los que forman el filtro, especificaciones dadas por Zagi y G. E. Bertram. Y son las siguientes:

$$1.- \frac{D_{50} \text{ Filtro}}{D_{85} \text{ Material Protegido}} \leq 25 = \frac{12.02}{4.780} = 2.51$$

$$2.- \frac{D_{15} \text{ Filtro}}{D_{85} \text{ Material Protegido}} \leq 5 = \frac{0.688}{4.780} = 0.14$$

Dónde:

D15: diámetro para el cual 50% de las partículas son de menor tamaño.

D85: diámetro para el cual 85% de las partículas son menores.

3.- El material debe de ser de buena graduación y contener menor de 5% de finos que pasan la mal N° 200.

La primera especificación garantiza que la permeabilidad del filtro sea por lo menos 100 veces mayor que la del material protegido.

La segunda especificación asegura que las partículas del material protegido serán retenidas por el filtro y se evitara su taponamiento.

El tercera especificación asegura que las partículas finas del propio filtro serán retenidos por sus partículas de mayor diámetro.

Si se tiene cubierto por un geotextil la zona de interés, se permitirá granulometría con fragmentos de un solo tamaño.

El filtro será es colocado en la base del talud aguas abajo.

4.2.5.5. PERMEABILIDAD DE LA CERRADA

Es importante considerar las condiciones de permeabilidad de la cerrada, no solo como problema de estanqueidad sino como factor geotécnico de gran significado en la estabilidad y seguridad de la presa.

En general, las cerradas deben reunir condiciones de baja permeabilidad, cuando son lo contrario para las cimentaciones ocasionará los siguientes problemas.

- Subpresiones en la base de la presa.
- Inestabilidades en la zona de aguas debajo de la presa.
- Creación de gradientes elevados con altas velocidades de filtración y riego de erosiones internas.
- Inestabilidad de taludes en los estribos.

➤ Pérdida significativa de caudales.

El análisis de estos factores corresponde a un estudio hidrogeológico, en la evaluación de los coeficientes de permeabilidad del área de embalse en el cuadro siguiente se da la permeabilidad de algunos suelos.

CUADRO DE VALORES DEL COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD EN SUELOS
CUADRO - XII

TIPO DE SUELO	K cm/s
GRAVA MAL GRADUADA (GP)	≥ 1
GRAVA UNIFORME (GP)	0.2 - 1
GRAVA BIEN GRADUADA (GW)	0.05 - 0.3
ARENA UNIFORME (SP)	5×10^{-3} - 0.2
ARENA BIEN GRADUADA (SW)	10^{-3} - 0.1
ARENA LIMOSA (SM)	10^{-3} - 5×10^{-3}
ARENA ARCILLOSA (SC)	10^{-4} - 10^{-3}
LIMO DE BAJA PLASTICIDAD (ML)	5×10^{-5} - 10^{-4}
ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD (CL)	10^{-5} - 10^{-8}

$k = 10^{-3}$	$k = 10^{-5}$	$k = 10^{-7}$	$k = 10^{-9}$	$k = 10^{-12}$
Alta	Media	Baja	Muy Baja	Prácticamente Impermeable

En la zona de la cerrada de la presa Aricoma por sus características y la presencia de suelos y capas con material orgánico, tendrá una permeabilidad relativamente Media a Baja que esta entre $k = 10^{-5}$ y $k = 10^{-9}$ cm/s en todo el eje de la cerrada, porque tenemos suelos de **ML, CL**. Y finalmente tiene una filtración menor 10 litros/min y el material de utilizada para la construcción de la cerrada debe cumplir las siguientes características.

CUADRO - XIII

Características Recomendadas (Según R. Dal-Ré Tenreiro)	
SUCS	SC, SM, CL, ML
Tamaño máx.	75 a 125 mm.
% de Finos	> a 25%
Límite Líquido	< a 50
Índice de Plasticidad	> a 10
Permeabilidad	$10^{-7} \leq K \leq 10^{-5}$

4.3. GEOTECNIA DEL ÁREA DE EMBALSE

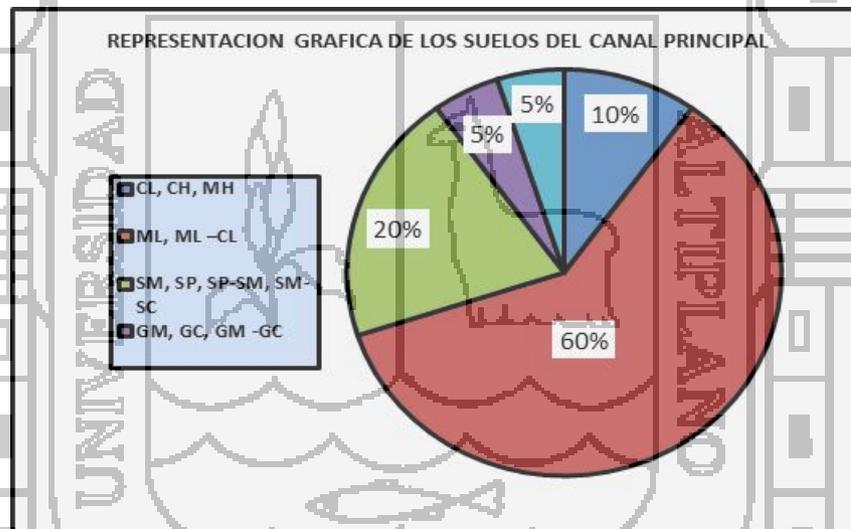
4.3.1. PERFIL ESTRATIGRÁFICO

En base a la información obtenida de los trabajos de campo y de los ensayos de laboratorio, sean establecido el perfil estratigráfico de las calicatas C-01 y C-02. Dichos perfiles estratigráficos están hasta una profundidad de 1.80 m. la zona de embalse está constituido por los siguientes suelos:

CUADRO - XIV

SUELOS	PORCENTAJE
CL, CH, MH	10%
ML, ML -CL	60%
SM, SP, SP-SM, SM-SC	20%
GM, GC, GM -GC	5%
GW - GM, GP - GM	5%

CUADRO - XV



4.3.2. DESCRIPCIÓN DEL SUBSUELO EN EL ÁREA DE EMBALSE

a) MARGEN DERECHO

CALICATA(C-1):

0.0 - 1.50 m. En la parte superficial se presenta material de limo con mezcla de raíces de plantas típicas de lugar posteriormente continua con materiales de **SM** denominado como arena limosa de color gris oscuro de consistencia

medianamente compacto a blando con $LL=32.50$, $IP=7.50$ y el 13.20 % de grava, 42.93 % de material fino que pasa la malla N° 200, se encuentra húmedo y el nivel freático está a diferentes niveles.

CALICATA(C-02):

0.00 - 1.30m. Se presenta una capa de material conformado por mezcla de raíces de plantas típicas de lugar y limo en espesor de 0.20 m. continuando a más profundidad con material conformado por **ML** denominado como limo de baja plasticidad de color gris oscuro de consistencia medianamente compacto a blando con $LL=36.90$, $IP=10.20$ y el 7.45 % de grava, 54.01 % de material fino que pasa la malla N° 200, y el nivel freático está a diferentes profundidades.

CALICATA(C-03):

0.00 - 1.30m. En la capa superficial se puede apreciar material conformado por mezcla de limos y raíces de plantas típicas de lugar con un espesor de 0.30 m., y a más profundidad podemos encontrar material conformado por **ML** denominado como limo de baja plasticidad de color gris oscuro de consistencia medianamente compacto a blando su $LL=35.90$, $IP=11$ y el 8.61 % de grava, 57.71 % de material fino que pasa la malla N° 200, el nivel freático está a diferentes profundidades.

CALICATA(C-04):

0.00 - 1.50m. En la capa superficial se puede apreciar material conformado por mezcla de limos y raíces de plantas típicas de lugar con un espesor de 0.30 m., y a más profundidad podemos encontrar material conformado por **ML** denominado como limo de baja plasticidad de color gris oscuro de consistencia medianamente compacto a blando su $LL=36.50$, $IP=9.90$ y el 11.06 % de grava, 59.27 % de material fino que pasa la malla N° 200, el nivel freático está a diferentes profundidades.

CALICATA(C-05):

0.00 - 1.40m. En la capa superficial se puede apreciar material conformado por mezcla de limos y raíces de plantas típicas de lugar con un espesor de 0.30 m., y a más profundidad podemos encontrar material conformado por **CL** denominado como arcilla de baja plasticidad de color gris oscuro de consistencia medianamente compacto a blando su $LL=35.8$, $IP=16.80$ y el 14.19 % de grava, 54.81 % de material fino que pasa la malla N° 200, el nivel freático está a diferentes profundidades.

b) MARGEN IZQUIERDO

CALICATA(C-1):

0.00 - 1.50 m. En la parte superficial se presenta material de limo con mezcla de raíces de plantas típicas de lugar en un espesor de 0.40 m. posteriormente continua con materiales de **ML** denominado como limo de baja plasticidad de color gris oscuro de consistencia medianamente compacto a blando con $LL=38.10$, $IP=10.50$ y el 16.72 % de grava, 55.72 % de material fino que pasa la malla N° 200, se encuentra húmedo y el nivel freático está a diferentes niveles.

CALICATA(C-02):

0.00 - 1.30m. Se presenta una capa de material conformado por mezcla de raíces de plantas típicas de lugar y limo en espesor de 0.40 m. continuando a más profundidad con material conformado por **ML** denominado como limo de baja plasticidad de color gris oscuro de consistencia medianamente compacto a blando con $LL=37.70$, $IP=11.90$ y el 16.96 % de grava, 50.06 % de material fino que pasa la malla N° 200, y el nivel freático está a diferentes profundidades.

CALICATA(C-03):

0.00 - 1.50m. En la capa superficial se puede apreciar material conformado por mezcla de limos y raíces de plantas típicas de lugar con un espesor de 0.30 m., y a más profundidad podemos encontrar material conformado por **ML** denominado como limo de baja plasticidad de color gris oscuro de consistencia medianamente compacto a blando su $LL=33.10$, $IP=8.20$ y el 9.26 % de grava, 58.10 % de

material fino que pasa la malla N° 200, el nivel freático está a diferentes profundidades.

CALICATA(C-04):

0.00 - 1.50m. En la capa superficial se puede apreciar material conformado por mezcla de limos y raíces de plantas típicas de lugar con un espesor de 0.30 m., y a más profundidad podemos encontrar material conformado por **GM** denominado como grava limosa con baja plasticidad de color gris oscuro a amarillento de consistencia medianamente compacto a compacto su $LL=28,20$, $IP=5.10$ y el 52.02 % de grava, 15.37 % de material fino que pasa la malla N° 200, el nivel freático está a diferentes profundidades.

CALICATA(C-05):

0.0 - 1.40m. En la capa superficial se puede apreciar material conformado por mezcla de limos y raíces de plantas típicas de lugar con un espesor de 0.30 m., y a más profundidad podemos encontrar material conformado por **SM** denominado como arena limosa con baja plasticidad de color gris oscuro a amarillento de consistencia medianamente compacto a compacto su $LL=32.20$, $IP=7.60$ y el 14.36 % de grava, 40.26 % de material fino que pasa la malla N° 200, el nivel freático está a diferentes profundidades.



Foto: 03 vista zona de embalse de la presa



4.3.3. CLASIFICACIÓN DE SUELOS EN EL ÁREA DE EMBALSE

Las muestras ensayadas en el laboratorio se han clasificado de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.) y las muestras restantes que no figuran en el cuadro fueron clasificados por pruebas sencillas de campo, observación y comparación con las muestras representativas ensayadas.

**CLASIFICACION DE SUELOS
CUADRO - XVI**

UBICACIÓN DE CALICATES EN Z. DE EMBALSE	ESTRATO	GRANULOMETRÍA				LÍMITES DE CONSISTENCIA			HUMEDAD %	CLASIFICACION		TIPO DE MATERIAL	
		% QUE PASA				L.L.	L.P.	IP		SUCS	AASHTO		
		# 200	# 40	# 4	# 2	(%)	(%)	(%)					
MARGEN DERECHA DE LA PRESA	>01 N 8413064 - E 411373	E-2	42.9	54.7	86.8	100.0	32.5	25.0	7.5	29.2	SM	A-4 (2)	ARENA LIMOSA
	>02 N 8413223 - E 411443	E-3	54.0	68.1	92.6	100.0	36.9	26.6	10.2	20.3	ML	A-6 (4)	LIMO DE BAJA PLASTICIDAD
	>03 N 8413695 - E 411384	E-2	57.7	69.5	91.4	100.0	35.9	24.9	11.0	23.3	ML	A-6 (5)	LIMO DE BAJA PLASTICIDAD
	>04 N 8413944 - E 411466	E-1	59.3	70.1	88.9	100.0	36.5	26.6	9.9	20.0	ML	A-4 (5)	LIMO DE BAJA PLASTICIDAD
	>05 N 8414179 - E 411459	E-2	54.8	66.6	85.8	100.0	35.8	19.1	18.8	18.6	CL	A-6 (7)	ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD
MARGEN IZQUIERDO DE LA PRESA	>01 N 8412853 - E 411733	E-2	55.7	69.9	83.3	100.0	38.1	27.5	10.5	19.7	ML	A-6 (4)	LIMO DE BAJA PLASTICIDAD
	>02 N 8412903 - E 411771	E-2	50.1	58.6	83.0	100.0	37.7	25.8	11.9	22.1	ML	A-6 (4)	LIMO DE BAJA PLASTICIDAD
	>03 N 8412959 - E 411822	E-2	58.1	64.4	90.7	100.0	33.1	24.9	8.2	20.9	ML	A-4 (5)	LIMO DE BAJA PLASTICIDAD
	>04 N 8413104 - E 411940	E-2	15.4	20.5	48.0	100.0	28.2	23.0	5.1	21.7	GM	A-1-b (0)	GRAVA LIMOSA
	>05 N 8412799 - E 411841	E-2	40.3	49.7	85.6	100.0	32.2	24.6	7.6	15.3	SM	A-4 (1)	ARENA LIMOSA

4.3.4. PERMEABILIDAD DE LA ZONA DE EMBALSE

Una de las condiciones básicas que debe reunir un embalse es su estanqueidad. Sin embargo, dependiendo del uso del mismo, las pérdidas de agua pueden ser más o menos tolerables. Así, un embalse de regulación de avenidas no requiere la misma estanqueidad que para abastecimiento o regadío. Por otro lado, las condiciones de impermeabilidad también deben ser analizadas en función de las necesidades del aprovechamiento, ya que, en ocasiones, puede ser económicamente rentable proceder a tratamientos de impermeabilización en zonas concretas.

La construcción de una presa supone un cambio importante en la hidrología e hidrogeología de la cuenca afectada por el embalse, con la inundación de una parte del valle, la elevación de los niveles freáticos y su oscilación periódica. Estas modificaciones afectan a la hidrodinámica de los acuíferos, pudiendo producirse un flujo de agua desde el embalse hacia el exterior del vaso, o bien una recarga del embalse desde los acuíferos que bordean al vaso. El análisis de

estos factores corresponde a un estudio hidrogeológico, en la evaluación de los coeficientes de permeabilidad del área de embalse en el cuadro siguiente se da la permeabilidad de algunos suelos.

CUADRO DE VALORES DEL COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD EN SUELOS

CUADRO - XVII

TIPO DE SUELO	K cm/s
GRAVA MAL GRADUADA (GP)	≥ 1
GRAVA UNIFORME (GP)	0,2 - 1
GRAVA BIEN GRADUADA (GW)	0.05 - 0.3
ARENA UNIFORME (SP)	5×10^{-3} - 0.2
ARENA BIEN GRADUADA (SW)	10^{-3} - 0.1
ARENA LIMOSA (SM)	10^{-3} - 5×10^{-3}
ARENA ARCILLOSA (SC)	10^{-4} - 10^{-3}
LIMO DE BAJA PLASTICIDAD (ML)	5×10^{-5} - 10^{-4}
ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD (CL)	10^{-5} - 10^{-8}

$k = 10^{-3}$	$k = 10^{-5}$	$k = 10^{-7}$	$k = 10^{-9}$	$k = 10^{-12}$
Alta	Media	Baja	Muy Baja	Prácticamente Impermeable

El área de embalse de la **presa aricoma** por sus características y la presencia de suelos y bofedales, tendrá una estanqueidad relativamente **Media a Baja** de permeabilidad porque tenemos suelos de **ML, CL-ML, CL, GM** y guas arriba se presenta rocas fracturadas tal como se observa en la siguiente foto.



FOTO: 04 AGUAS ABAJO DE LA PRESA



FOTO: 05 AGUAS ARRIBA DE LA PRESA

4.3.5. ESTABILIDAD DE TALUDES, ZONA DE EMBALSE

Las laderas de los terrenos son mayormente estables, ya sea por las geoformas y los materiales constitutivos, la estabilidad natural, al ser perturbada por cortes, así como por el peso propio de los rellenos y la estructura a emplazarse para el represamiento, se tornará estable.

Para mantener el equilibrio isostático en los macizos rocosos y suelos blandos es conveniente mantener los taludes de corte y relleno que se indican en el cuadro respectivo.

CUADRO – XVIII

PARAMETROS DE TALUDES DE CORTE Y RELLENO

TALUDES DE CORTE			
TALUDES DE CORTE	TALUD (V:H)		
	H<5	5 < H < 10	H > 10
SUELOS CONSOLIDADOS COMPACTOS	4 : 1	REQUIERE BANQUETA O ANALISIS DE ESTABILIDAD.	REQUIERE ANALISIS DE ESTABILIDAD
CONGLOMERADOS COMUNES	3 : 1		
TIERRA COMPACTA	2 : 1 - 1 : 1		
TIERRA SUELTA	1 : 1		
ARENAS SUELTAS	2 : 1		
ZONAS BLANDAS CON ABUNDANTE ARCILLAS O ZONAS HUMEDICIDAS POR FILTRACIONES	1 : 2 hasta 1 : 3		
TALUDES DE RELLENO			
MATERIALES	TALUD (V:H)		
	H<5	5 < H < 10	H > 10
ENROCADO	1 : 1	REQUIERE BANQUETA O ANALISIS DE ESTABILIDAD.	REQUIERE ANALISIS DE ESTABILIDAD
SUELOS DIVERSOS COMPACTADOS (MAYORIA DE SUELOS)	1 : 1.5		
ARENA COMPACTADA	1 : 2		

4.4. ESTUDIOS REALIZADOS DE CANTERAS

4.4.1. GENERALIDADES

Uno de los principales objetivos del presente estudio ha sido ubicar y determinar las propiedades físicas del material de cantera para relleno de terraplén, núcleo de presa, agregado para concreto, roca, fuentes de agua y botaderos, que puedan abastecer durante la construcción del proyecto Construcción de la Presa Aricoma.

4.4.2. TRABAJOS REALIZADOS

Los trabajos realizados referentes al estudio de canteras son los siguientes:

- a). **CAMPO.** Los trabajos de campo consistieron en visitar, explorar, verificar y hacer los muestreos respectivos de cada una de las canteras seleccionadas, para realizar los ensayos en laboratorio de mecánica de suelos y concreto para determinar la calidad y las propiedades física - mecánicas de los materiales de

cada una de las canteras propuestos para el Proyecto de Construcción de la Presa Aricoma.

b). LABORATORIO. De las muestras obtenidas en el campo se realizaron sus respectivos ensayos de laboratorio tales como la determinación de humedad, granulometría, Límite Líquido, Límite Plástico, las respectivas clasificaciones y diseños de Mezcla para suelo y concreto en el laboratorio de Programa Regional de Riego y Drenaje **PRORRIDRE** perteneciente al Gobierno Regional de Puno.

4.4.3. CANTERAS PARA LA PRESA ARICOMA

En total se localizaron nueve (09) zonas de canteras, las que se indican a continuación.



CUADRO - XIX

Nº	NOMBRE DE CANTERAS	Ubicación Km.	Acceso		Lado	Area (m2)	Espesor (m)	Volumen (m3)	Rend. %	Utilidad	APERTURA DE ACCESO	MANTENIMIENTO DE ACCESO	Tratamiento	Origen del Material
			Estado	Longitud (Km)										
1.00 MATERIAL DE AGREGADO														
1.1	MATERIAL AGREGADO CA-01 (RIO CRUCERO)	EN EL TRAMO CRUCERO - LIMBANI A KM=1+000 - 2+000	REGULAR A MAL	21.00 DESDE EL EJE DE PRESA	Der./Izq.	16,000.00	1.5	24,000.00	80%	CONCRETO HIDRAULICO, FILTRO, DREN AFIRMADO Y CAMA PARA ENROCADO	0.500 KM DESDE LA VIA CRUCERO - LIMBANI	21 KM DESDE EL EJE DE PRESA	ACUMULACION Y ZARANDEO	ALUVIAL
2.00 CANTERAS DE MATERIAL NUCLEO DE PRESA														
2.1	MATERIAL DE NUCLEO DE PRESA ML-01 (VIZYANE ORJO)	EN EL TRAMO CRUCERO - LIMBANI	REGULAR A MAL TROCHA CARROSABLE	3.50 DESDE EL EJE DE PRESA	Der.	40,000.00	5	200,000.00	80%	NUCLEO Y MEZCLA DE AFIRMADO	0.2 KM	3.00 KM. DESDE EL EJE DE PRESA	ACUMULACION Y ZARANDEO	RESIDUAL GLACIAL
2.2	MATERIAL DE NUCLEO DE PRESA ML-02 (COITOPINA)	EN EL TRAMO CRUCERO - LIMBANI	REGULAR A MAL	3.00 DESDE EL EJE DE PRESA	Der.	80,000.00	5	400,000.00	80%	NUCLEO Y MEZCLA DE AFIRMADO	1.00 KM.	1.00 KM. DESDE EL EJE DE PRESA	ACUMULACION Y ZARANDEO	RESIDUAL GLACIAL
2.3	MATERIAL DE NUCLEO DE PRESA ML-03 (CONCUYOC)	MARGEN IZQUIERDO DEL EJE DE PRESA A KM 0+800	REGULAR A MAL	1.50 DESDE EL EJE DE PRESA	Der.	80,000.00	6	480,000.00	85%	NUCLEO Y MEZCLA DE AFIRMADO	1.00 KM.	1.00 KM. DESDE EL EJE DE PRESA	ACUMULACION Y ZARANDEO	RESIDUAL GLACIAL
3.00 CANTERAS DE ROCA														
3.1	CANTERA DE ROCA CR-01 (COCAÑA)	EN EL MARGEN DERECHO DE LA LAGUNA DE ARICOMA EN DIRECCION A GUAS ABAJO.	MAL A REGULAR	A 7.00 DESDE EL EJE DE PRESA Y A 3.00 DE RESA COCAÑA	Der.	90,000.00	2	180,000.00	80%	ENROCADO, OBRAS DE ARTE Y COMENTACIONES	2.00 KM DESDE EL EJE DE PRESA	7.00 KM DESDE LA EJE DE PRESA	ACOPIO, SELECCIÓN Y VOLADURA	ROCA SEDIMENTARIA
3.2	CANTERA DE ROCA CR-02 (PLUTON)	EN EL MARGEN IZQUIERDO DE LA LAGUNA DE ARICOMA EN DIRECCION A GUAS ABAJO Y MI DE LA CARRETERA CRUCERO - LIMBANI	MAL A REGULAR	A 7.50 DESDE EL EJE DE PRESA	Izq.	5,000.00	6	30,000.00	85%	ENROCADO, CIMENTACIONES Y OBRAS DE ARTE	0.30 KM DESDE LA TROCHA CARROZABLE	7.50 KM DESDE LA EJE DE PRESA	VOLADURA Y SELECCIÓN	ROCAS VOLCANICA
3.3	CANTERA DE ROCA CR-03	EN EL MARGEN IZQUIERDO DE LA LAGUNA DE ARICOMA EN DIRECCION A GUAS ABAJO Y MI DE LA CARRETERA CRUCERO - LIMBANI	MAL A REGULAR	A 10.00 DESDE EL EJE DE PRESA	Izq.	60,000.00	5	300,000.00	80%	ENROCADO, CIMENTACIONES Y OBRAS DE ARTE	0.50 KM DESDE LA TROCHA CARROZABLE	8.50 KM DESDE LA EJE DE PRESA	ACOPIO, SELECCIÓN	ROCAS VOLCANICA Y SEDIMENTARIA
4.00 FUENTE DE AGUA														
4.1	FUENTE DE AGUA FA - 01 (LAGUNA ARICOMA)	EN LAS INMEDIACIONES DE LA LAGUNA ARICOMA	REGULAR A MAL	PROMEDIO DE 0.20 KM	Izq.			PERMANENTE	100%	CONCRETO HIDRAULICO, TERRAPLEN Y CURADO	0.200 KM DESDE EL EJE DE PRESA	0.200 KM DESDE EL EJE DE PRESA	BOMBEO	LAGUNA
5.00 BOTADEROS														
6.1	BOTADERO 01 (CONCUYOC)	EN EL TRAMO CRUCERO - LIMBANI	REGULAR A MAL TROCHA CARROSABLE	1.50 DESDE EL EJE DE PRESA	Der.	5,000.00	4	20,000.00	100%	RELLENO			COMPACTADO EN CAPAS DE 0.20 Y 0.25 M.	RELLENO

4.4.4. CANTERA DE AGREGADOS PARA CONCRETO Y DISEÑO DE MESCLAS (MA - 1)

4.4.4.1. UBICACIÓN:

Se ubica en el discurso del río Crucero, a 21 Km de la zona de emplazamiento del eje de presa Aricoma, a 5 Km. MD. De la carretera a Limbani.

Coordenadas UTM :

NORTE : 8´408,260

ESTE : 398,733

4.4.4.2. ACCESIBILIDAD:

Desde la población de Crucero, por la carretera que conduce a Limbani, por la MD. Tomando una trocha carrozable hacia el río Crucero.

Requiere realizar aperturas que dependerán de los frentes de trabajo, en algunos tramos presenta regulares condición de accesibilidad donde se requiere mantenimiento de los accesos, en +/- 500m.

4.4.4.3. DESCRIPCIÓN DE MATERIAL

El material se sitúa en el discurso del río Crucero, básicamente en las playas formadas, se ubica tanto en la margen derecha e izquierda.

4.4.4.4. MODO DE EXPLOTACIÓN EN CAMPO

Permanente en periodos de estiaje, en épocas de avenida es limitado, se debe utilizar maquinaria para su acumulación, requiere selección (zarandeo), y lavado de los estratos inferiores (contaminados con lama provenientes de la explotación de los yacimientos mineros de la Rinconada), cuidando de no sobrepasar los límites del estrato estudiado, a fin de no contaminarlo con los materiales subyacentes.

Se requerirá de zarandeo solo en algunos casos y estratos específicos que excedan de los diámetros permitidos.

4.4.4.5. USOS:

- Elaboración de concreto masivo.
- Requiere de mezcla con un material cohesivo, para ser utilizado como material de afirmado, capa semipermeable.

- Para la formación de la base de los caminos de servicio y acceso a la cantera y tránsito de obra, también se usarán estos materiales.

4.4.4.6. VOLUMEN:

- Potencia útil : +/- 0.95 m
- Volumen bruto : 10 000 m³
- Volumen efectivo (castigo 20%): 8 000 m³
- Rendimiento : 80%

OTRO: Se necesita de zarandeo a partir de la malla 3”.



4.4.5. CANTERA PARA NUCLEO DE LA PRESA. (MATERIAL LIGANTE ML-01 (VIZYANE ORJO))

4.4.5.1. UBICACIÓN

Se ubica a 3.5 km. MD de la margen derecha de la carretera que conduce a Limbani.

4.4.5.2. ACCESIBILIDAD

Requiere apertura de acceso 200m. Mantenimiento de accesos +/- 3.0 Km. (carretera a Limbani).

4.4.5.3. DESCRIPCIÓN

Los materiales impermeables que se emplearán como núcleo de presa se localizan en depósitos glaciofluviales derivados de la acción glaciaria de la cordillera (nevado Aricoma), constituidos por arenas limosas.

Geotécnicamente, presenta un suelo cohesivo de mediana compresibilidad, de tonalidad amarillenta.

4.4.5.4. PERIODO Y MODO DE EXPLOTACIÓN

Permanente, utilizando maquinaria de extracción y selección.

Requiere desbroce de material orgánico de 30 a 40 cm.

4.4.5.5. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

CUADRO - XX

UBICACIÓN EN KM. PARA CANTERAS DE NUCLEO	GRANULOMETRÍA % QUE PASA				LÍMITES DE CONSISTENCIA			CLASIFICACION		PROCTOR MODIFICADO	
					L.L.	L.P.	IP			M.D.S.	C.H.O.
	# 200	# 40	# 4	# 2	(%)	(%)	(%)	SUCS	AASHTO	(gr/cc.)	(%)
MATERIAL DE NUCLEO DE PRESA ML-01 (VIZYANEORJO)	53.09	64.36	82.67	100	32.62	22.14	10.47	ML	A-4 (4)	2.15	11.10

4.4.5.6. USOS

Una vez realizada la selección se podrá emplear como material para la conformación del núcleo de presa.

- Conformación del núcleo de presa.
- Material de reemplazo (previa mezcla con material granular),
- Material de relleno. (previa mezcla con material granular)
- Material de afirmado. (previa mezcla con material granular)

4.4.5.7. VOLUMEN

- > Potencia útil : +/- 10 m
- > Volumen bruto : 200 000 m³
- > Volumen efectivo (castigo 20%) : 160 000 m³
- > Rendimiento : 80%

4.4.5.8. OBSERVACIONES

El material requiere selección y zarandeo.

CUADRO – XXI

Características Recomendadas (Según R. Dal-Ré Tenreiro)		Características del Material CANTERA VIZYANE ORJO		Observaciones
SUCS	SC, SM, CL, ML	SUCS	ML	Cumple
Tamaño máx.	75 a 125 mm.	Tamaño máx.	90 mm.	Está en el rango
% de Finos	> a 25%	% de Finos	53.09	Cumple
Límite Líquido	< a 50	Límite Líquido	32.62	Cumple
Índice de Plasticidad	> a 10	Índice de Plasticidad	10.47	Cumple
Permeabilidad	$10^{-7} \leq K \leq 10^{-5}$	Permeabilidad	$10^{-5} - 10^{-8}$	Está en el rango según su clasificación SUCS

4.4.6. MATERIAL LIGANTE ML-02 (COITOPINA)

4.4.6.1. UBICACIÓN

Se ubica a 3.0 km. MD de la margen derecha de la carretera que conduce a Limbani.

4.4.6.2. ACCESIBILIDAD

Requiere apertura de acceso 1000m. Mantenimiento de accesos +/- 1.0 Km. (carretera a Limbani).

4.4.6.3. DESCRIPCIÓN

Los materiales impermeables que se emplearán como núcleo de presa se localizan en depósitos glaciofluviales derivados de la acción glaciaria de la cordillera (nevado Aricoma), constituidos por arenas limosas.

Geotécnicamente, presenta un suelo cohesivo de mediana compresibilidad, de tonalidad amarillenta.

4.4.6.4. PERIODO Y MODO DE EXPLOTACIÓN

Permanente, utilizando maquinaria de extracción y selección.

Requiere desbroce de material orgánico de 30 a 40 cm.

4.4.6.5. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

CUADRO - XXII

UBICACIÓN EN KM. PARA CANTERAS DE NUCLEO	GRANULOMETRIA % QUE PASA				LIMITES DE CONSISTENCIA			CLASIFICACION		PROCTOR MODIFICADO	
					L.L.	L.P.	IP			M.D.S.	C.H.O.
	# 200	# 40	# 4	# 2	(%)	(%)	(%)	SUCS	AASHTO	(gr/cc.)	(%)
MATERIAL DE NUCLEO DE PRESA ML-02 (COITOPINA)	25.13	38.86	65.05	100	32.84	22.83	10.01	SM	A-2-4 (0)	2.13	10.70

4.4.6.6. USOS

Una vez realizada la selección se podrá emplear como material para la conformación del núcleo de presa.

- Conformación del núcleo de presa.
- Material de reemplazo (previa mezcla con material granular),
- Material de relleno. (previa mezcla con material granular)
- Material de afirmado. (previa mezcla con material granular)

4.4.6.7. VOLUMEN

- > Potencia útil : +/- 10 m
- > Volumen bruto : 400 000 m³
- > Volumen efectivo (castigo 20%) : 320000 m³
- > Rendimiento : 80%

4.4.6.8. OBSERVACIONES

El material requiere selección y zarandeo.

CUADRO - XXIII

Cuadro Nº 02		Características del Material		Observaciones
Características Recomendadas (Según R. Dal-Ré Tenreiro)		CANTERA COITOPINA		
SUCS	SC, SM, CL, ML	SUCS	SM	Cumple
Tamaño máx.	75 a 125 mm.	Tamaño máx.	90 mm.	Está en el rango
% de Finos	> a 25%	% de Finos	25.13	Cumple
Límite Líquido	< a 50	Límite Líquido	32.84	Cumple
Índice de Plasticidad	> a 10	Índice de Plasticidad	10.7	Cumple
Permeabilidad	$10^{-7} \leq K \leq 10^{-5}$	Permeabilidad	$10^{-5} - 10^{-8}$	Está en el rango según su clasificación SUCS

4.4.7. MATERIAL LIGANTE ML-03 (CONCUYOC)

4.4.7.1. UBICACIÓN

Se ubica a 0+800 km. MD de la margen derecha a una distancia de 1.50 km. Desde el eje de la presa y en la carretera que conduce a Limbani tal como se observa en la foto siguiente:



FOTO: 07 CANTERA ML-03

4.4.7.2. ACCESIBILIDAD

Requiere apertura de acceso 1000m. Mantenimiento de accesos +/- 1.0 Km. (carretera a Limbani).

4.4.7.3. DESCRIPCIÓN

Los materiales impermeables que se emplearán como núcleo de presa se localizan en depósitos glaciofluviales derivados de la acción glacial de la cordillera (nevado Aricoma), constituidos por arenas limosas.

Geotécnicamente, presenta un suelo cohesivo de mediana compresibilidad, de tonalidad amarillenta.

4.4.7.4. PERIODO Y MODO DE EXPLOTACIÓN

Permanente, utilizando maquinaria de extracción y selección.

Requiere desbroce de material orgánico de 30 a 40 cm.

4.4.7.5. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

CUADRO - XXIV

UBICACIÓN EN KM. PARA CANTERAS DE NUCLEO	GRANULOMETRIA % QUE PASA				LIMITES DE CONSISTENCIA			CLASIFICACION		PROCTOR MODIFICADO	
					L.L.	L.P.	IP			M.D.S.	C.H.O.
	# 200	# 40	# 4	# 2	(%)	(%)	(%)	SUCS	AASHTO	(gr/cc.)	(%)
MATERIAL DE NUCLEO DE PRESA ML-03 (CONCUYOC)	58.46	68.24	84.97	100	30.86	19.23	11.63	ML	A-4 (5)	2.175	10.8

4.4.7.6. USOS

Una vez realizada la selección se podrá emplear como material para la conformación del núcleo de presa.

- Conformación del núcleo de presa.
- Material de reemplazo (previa mezcla con material granular),
- Material de relleno. (previa mezcla con material granular)
- Material de afirmado. (previa mezcla con material granular)
- Mezcla de material semipermeable.

4.4.7.7. VOLUMEN

- > Potencia útil : +/- 10 m
- > Volumen bruto : 480 000 m³
- > Volumen efectivo (castigo 20%) : 408 000 m³
- > Rendimiento : 85 %

4.4.7.8. OBSERVACIONES

El material requiere selección y zarandeo.

CUADRO - XXV

Cuadro N° 03		Características del Material		Observaciones
Características Recomendadas (Según R. Dal-Ré Tenreiro)		CANTERA CONCUYOC		
SUCS	SC, SM, CL, ML	SUCS	ML	Cumple
Tamaño máx.	75 a 125 mm.	Tamaño máx.	90 mm.	Está en el rango
% de Finos	> a 25%	% de Finos	58.46	Cumple
Límite Líquido	< a 50	Límite Líquido	30.86	Cumple
Índice de Plasticidad	> a 10	Índice de Plasticidad	11.63	Cumple
Permeabilidad	$10^{-7} \leq K \leq 10^{-5}$	Permeabilidad	$10^{-5} - 10^{-8}$	Está en el rango según su clasificación SUCS

4.4.8. CANTERA DE ROCA PARA LA PRESA ARICOMA.

CANTERA DE ROCA CR-01 (COCAÑA)

4.4.8.1. UBICACIÓN

Se localiza a l final de la laguna aricoma, en la MD de la carretera Crucero-Limbani, a 7.00 Km. del eje de presa Aricoma y a 3.00 Km. De la presa Cocaña.

4.4.8.2. ACCESIBILIDAD

Por trocha que conduce a la Presa Cocaña Requiere apertura de acceso de unos 2000 m. y un mantenimiento de vía de 7.0 Km.

4.4.8.3. DESCRIPCIÓN

Roca compuesta por pizarras compactas-areniscas cuarzosas

4.4.8.4. PERIODO Y MODO DE EXPLOTACIÓN

El periodo de explotación es permanente

El método de explotación debe ser acopio, selección a tajo abierto. En algunos casos utilizar el uso de explosivos es necesario.

Los rendimientos de cantera tendrán un 40% de dilución por manipuleo sobre fragmentación y explotación selectiva.

4.4.8.5. USOS

- Enrocados de protección
- Enrocados de consolidación,
- Otros.

4.4.8.6. VOLUMEN

Los rendimientos de cantera tendrán un 40% de dilución por manipuleo sobre fragmentación y explotación selectiva.

➤ Potencia útil	:	+/- 50 m
➤ Volumen bruto	:	180 000 m ³
➤ Volumen efectivo	:	144 000m ³
➤ Rendimiento	:	80%

4.4.9. CANTERA DE ROCA CR-02 (PLUTON)

La cantera de roca propuesta CR-02 para los diferentes trabajos de la estructura que compondrá la Presa Aricoma como son: espaldones de presa, obras de artes, cimentaciones menores, enrocadas y otros. Se localiza en el margen izquierdo de la laguna de aricoma en dirección aguas abajo y mi de la carretera crucero y tienen las siguientes características:

- Litología : roca volcánicas de grano fino de colores gris oscuro, con baja fracturación y poca alteración.
- Pesos específicos (s.s.s.) : 2.58 - 2.59 (Alto)
- Porcentaje de Absorción : 2.25 - 2.55 (Bajo)
- Pérdida por Intemperismo : 10.00 a 12.00 %.
- Abrasión Los Ángeles : Pérdida inferior a 30%.
- Calidad geomecánica : Mediana a Buena
- Distancias : A 7.50 km. Desde el eje de Presa
- Mantenimiento : Mejorar la carretera 300m.hacia el c°.
- Volumen explotable : 30 000 m3
- Coordinar con los propietarios de la comunidad.

4.4.10. CANTERA DE ROCA CR-03.

4.4.10.1. UBICACIÓN

Se localiza a l final de la laguna aricoma, en la MD de la carretera Crucero-Limbani, a 10.0 Km. del eje de presa proyectado.

Coordenadas UTM.

8´419 101 N

414 740 E

4.4.10.2. ACCESIBILIDAD

Por la carretera que conduce a Limbani y se desarrolla por un costado de la laguna Aricoma, de allí hasta 100m. Requiere apertura de acceso de unos 200m. y mantenimiento de vía 4 .0 Km.

4.4.10.3. DESCRIPCIÓN

Roca compuesta por pizarras compactas-areniscas cuarzosas

4.4.10.4. PERIODO Y MODO DE EXPLOTACIÓN

El periodo de explotación es permanente

El método de explotación debe ser a tajo abierto, con apertura de frentes de cantera en la parte inferior de la ladera para aprovechar la caída de bloques por gravedad, el uso de explosivos es necesario.

Los rendimientos de cantera tendrán un 30% de dilución por manipuleo sobre fragmentación y explotación selectiva.

4.4.10.5. CLASIFICACIÓN

El afloramiento es tipo de los materiales que constituyen la cordillera y el nevado Aricoma, conformado por pizarras y areniscas cuarzosas, de grano medio,

4.4.10.6. USOS

- Enrocados de protección.
- Enrocados de consolidación,
- Otros.

4.4.10.7. VOLUMEN

Los rendimientos de cantera tendrán un 30% de dilución por manipuleo sobre fragmentación y explotación selectiva.

➤ Potencia útil	:	+/- 50 m
➤ Volumen bruto	:	300 000 m ³
➤ Volumen efectivo	:	240 000m ³
➤ Rendimiento	:	80%

4.4.11. FUENTE DE AGUA (FA-1)

4.4.11.1. UBICACIÓN

Se encuentra en la zona del proyecto y a lo largo de la escorrentía superficial del río que es formado por las aguas que discurren de la laguna aguas debajo

Las aguas de las lagunas Aricoma, Viluyo Ccocha y Cocaña Ccocha, servirán del mismo modo para la elaboración de concretos, curados, compactación, etc.



FOTO: 08 FUENTE DE AGUA

4.4.12. BOTADEROS

Se localizó 01 botaderos donde se detallan en el siguiente cuadro de resumen:

CUADRO - XXVI

Nº	NOMBRE DE CANTERAS	Ubicación Km.	Acceso		Lado	Area (m2)	Espesor (m)	Volumen (m3)	Rend. %	Utilidad	Tratamiento	Origen del Mterial
			Estado	Longitud (Km)								
1.00 BOTADEROS												
6.1	BOTADERO 01 (CONCUYOC)	EN EL TRAMO CRUCERO - LIMBANI	REGULAR A MAL TROCHA CARROSABLE	3.50 DESDE EL EJE DE PRESA	Der.	5,000.00	4	20,000.00	100%	RELLENO	COMPACTADO EN CAPAS DE 0.20 Y 0.25 M.	RELLENO

4.4.13. DISEÑO DE DOS SUELOS Y CONCRETO

4.4.13.1. DISEÑO DE SUELOS PARA AFIRMADO Y CAPA SEMIPERMEABLE DE LA PRESA.

Este trabajo consiste en el suministro de transporte, colocación y compactación de los materiales de afirmado para la presa y carretera. Los agregados para la construcción deberán ajustarse a las siguientes franjas Granulométricas en afirmado.

CUADRO - XXVII

N° DE MALLAS	ABERTURA DE MALLAS EM mm.	ESPECIFICACIONES PARA AFIRMADO	
1 1/2"	38.100	100.00	100
1"	25.400	90.00	100
3/4"	19.050	65	100
3/8"	9.525	45	80
Nº4	4.760	30	65
Nº10	2.000	22	52
Nº40	0.426	15	35
Nº200	0.074	0	20

Los materiales para capa semipermeable de la presa para la construcción deberán ajustarse a las siguientes franjas Granulométricas:

CUADRO - XXVIII

ESPECIFICACIONES CAPA SEMIPERMEABLE			
Nº MALLAS	ABERTURA DE MALLAS EN mm.	ESPECIFICACIONES (DAPENA 1994)	
1 1/2"	38.100	100.00	100
1"	25.400	80.00	100
3/4"	19.050	70	90
3/8"	9.525	55	80
Nº4	4.760	50	70
Nº10	2.000	40	60
Nº40	0.426	30	50
Nº200	0.074	20	40



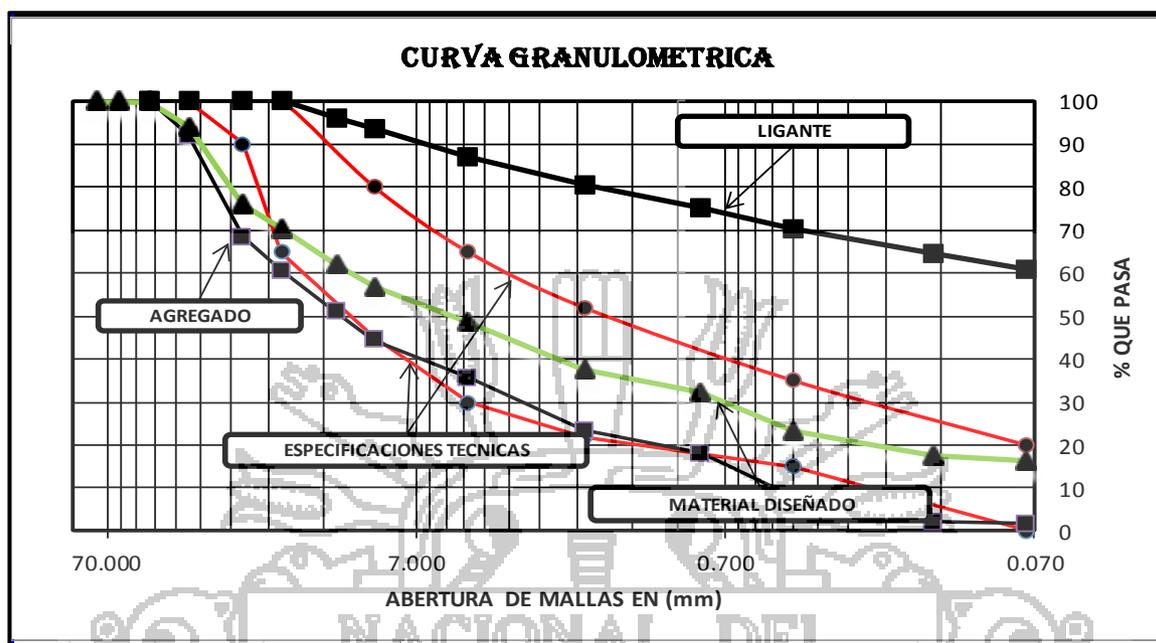
4.4.13.1.1. AFIRMADO: ML-03 (CONCUYOC) 25 % Y AGREGADO CA-01 (RIO CRUCERO) 75 %.

Esta dos canteras se utilizaran como afirmado en combinación de ambos cumple, según las especificaciones técnicas como relleno, en el siguiente grafico se ve que entra en los parámetros especificados.

CUADRO - XXIX

TAMIZ EN mm.		ARCILLA (CONCUYOC)			RIO CRUCERO (HORMIGON)			MEZCLA DE 02 SUELOS PARA CUBERTURA DE NUCLEO DE PRESA	
		PESO RETENIDO	% QUE PASA	25	PESO RETENIDO	% QUE PASA	75	% Q. PASA DISEÑO	ESPECIFICACIONES (AFIRMADO)
3"	76.200		0.00			0.00		100.00	
2 1/2"	63.500		0.00			0.00		100.00	
2"	50.800	0.00	100.00	25.00	0.00	100.00	75.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.00	100.00	25.00	305.45	92.08	69.06	94.06	100
1"	25.400	0.00	100.00	25.00	917.00	68.30	51.22	76.22	90 - 100
3/4"	19.050	0.00	100.00	25.00	294.80	60.65	45.49	70.49	65 - 100
1/2"	12.700	89.08	95.96	23.99	371.85	51.01	38.26	62.25	
3/8"	9.525	53.23	93.55	23.39	251.62	44.48	33.36	56.75	45 - 80
1/4"	6.350								
# 4	4.760	139.61	87.22	21.81	341.00	35.64	26.73	48.54	30 - 65
# 8	2.380								
# 10	2.000	148.91	80.48	20.12	470.00	23.45	17.59	37.71	22 - 52
# 16	1.180								
# 20	0.840	112.91	75.36	18.84	205.00	18.13	13.60	32.44	
# 30	0.590								
# 40	0.420	107.40	70.49	17.62	399.00	7.79	5.84	23.46	15 - 35
# 50	0.295								
# 60	0.250								
# 80	0.180								
# 100	0.149	133.31	64.45	16.11	220.00	2.08	1.56	17.67	
# 140	0.105								
# 200	0.074	82.50	60.71	15.18	11.92	1.77	1.33	16.51	0 - 20

GRAFICO - 03



CUADRO - XXX

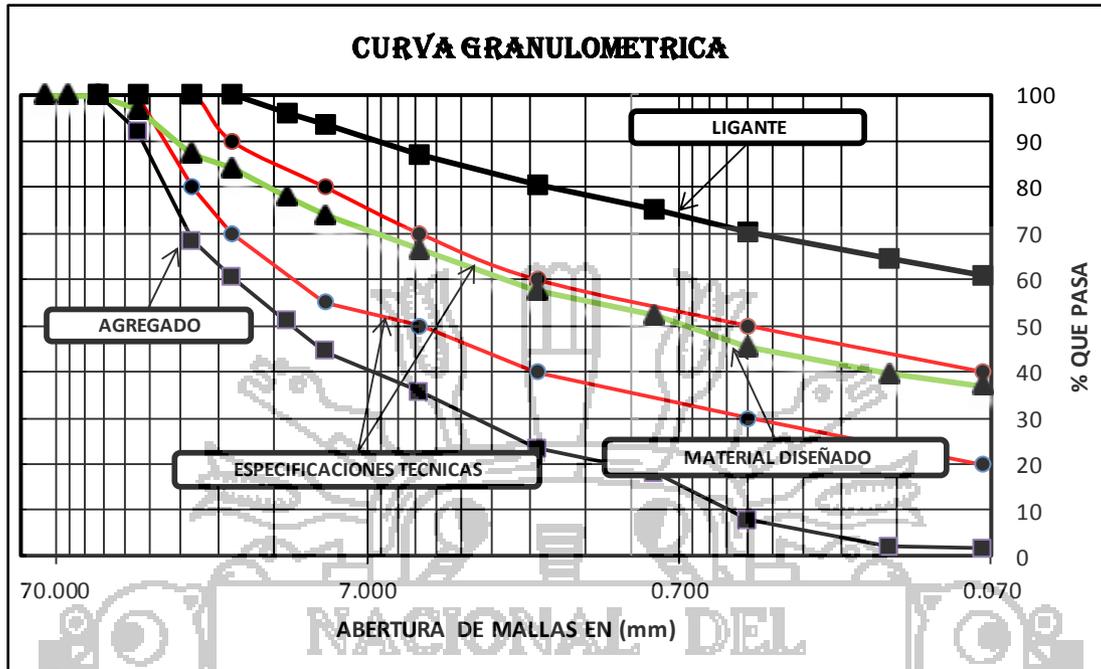
UBICACIÓN EN KM. PARA AFIRMADO	GRANULOMETRIA % QUE PASA				LIMITES DE CONSISTENCIA			CLASIFICACION		PROCTOR MODIFICADO	
	# 200	# 40	# 4	# 2	L.L.	L.P.	IP	SUCS	AASHTO	M.D.S. (gr/cc.)	C.H.O. (%)
					(%)	(%)	(%)				
LIGANTE (CONCUYOC) 25 % Y AGREGADO DE RIO CRUCERO 75 %	16.51	23.46	48.54	100.00	26.08	20.18	5.90	GM	A-1-b (0)	2.22	8.00

4.4.13.1.2. CAPA SEMIPERMEABLE: ML-03 (CONCUYOC) 60% Y AGREGADO CA-01 (RIO CRUCERO) 40 %.

Esta dos canteras se utilizaran para el capa semipermeable por qué en combinación de ambos cumple, según las especificaciones técnicas como relleno, en el siguiente grafico se ve que entra en los parámetros especificados.



GRAFICO - 04



CUADRO - XXXI

TAMIZ EN mm.	ARCILLA (CONCUYOC)			RIO CRUCERO (HORMIGON)			MEZCLA DE 02 SUELOS PARA CUBERTURA DE NUECLEO DE PRESA	
	PESO RETENIDO	% QUE PASA	60	PESO RETENIDO	% QUE PASA	40	% Q. PASA DISEÑO	ESPECIFICACIONES (DAPENA 1994)
3"	76.200	0.00			0.00		100.00	
2 1/2"	63.500	0.00			0.00		100.00	
2"	50.800	0.00	100.00	60.00	0.00	100.00	40.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	100.00	60.00	305.45	92.08	36.83	96.83
1"	25.400	0.00	100.00	60.00	917.00	68.30	27.32	87.32
3/4"	19.050	0.00	100.00	60.00	294.80	60.65	24.26	84.26
1/2"	12.700	89.08	95.96	57.58	371.85	51.01	20.40	77.98
3/8"	9.525	53.23	93.55	56.13	251.62	44.48	17.79	73.92
1/4"	6.350							
# 4	4.760	139.61	87.22	52.33	341.00	35.64	14.26	66.59
# 8	2.380							
# 10	2.000	148.91	80.48	48.29	470.00	23.45	9.38	57.67
# 16	1.190							
# 20	0.840	112.91	75.36	45.22	205.00	18.13	7.25	52.47
# 30	0.590							
# 40	0.420	107.40	70.49	42.30	399.00	7.79	3.11	45.41
# 50	0.295							
# 60	0.250							
# 80	0.180							
# 100	0.149	133.31	64.45	38.67	220.00	2.08	0.83	39.50
# 140	0.105							
# 200	0.074	82.50	60.71	36.43	11.92	1.77	0.71	37.14

CUADRO – XXXII

UBICACIÓN EN KM. PARA CAPA SEMIPERMEABLE	GRANULOMETRIA % QUE PASA				LIMITES DE CONSISTENCIA			CLASIFICACION		PROCTOR MODIFICADO	
					L.L.	L.P.	IP			M.D.S.	C.H.O.
	# 200	# 40	# 4	# 2	(%)	(%)	(%)	SUCS	AASHTO	(gr/cc.)	(%)
LIGANTE (CONCUYOC) 60 % Y AGREGADO DE RIO CRUCERO 40 %	37.14	45.41	66.59	100.00	29.72	20.18	9.54	GM	A-4 (0)	2.21	8.20

4.4.13.2. DISEÑO DE CONCRETO (CANTERA RIO CRUCERO CA-01).

Las canteras propuestas para la realización de concreto hidráulicos son las siguientes:

El requerimiento promedio de resistencia a la compresión que se diseñaran serán a $F_c=140, 175, 210 \text{ Kg/Cm}^2$, entonces para nuestro diseño la resistencia promedio será de $210, 245, 294 \text{ Kg/Cm}^2$.

Las condiciones de colocación para las estructuras de nuestras obras la colocación de un asentamiento de 3" – 4" (76.2 mm. a 101.6 mm.).

En el caso del agregado grueso hay varios husos y se emplea el que se adecue más a la granulometría del agregado, o sea que comprenda el mayor número de tamices que incluya la muestra. Para graficar el huso y la granulometría del agregado.

Nuestro tamaño máximo será el diámetro del tamiz inmediato superior al que retiene 15% o más en porcentaje acumulado retenido en nuestras canteras tienen un tamaño máximo de 1 1/2" y 2" en algunos casos por esta razón en algunos casos se necesitaran zarandear utilizando la malla 1 1/2" para obtener un tamaño máximo de 1" y nuestro diseño será de 1".

El cemento que utilizaremos será el cemento portland tipo IP que es el más comercial y adecuado para nuestras estructuras que serán en obra, también la cantidad de bolsas son iguales por ser diseñados con un solo tamaño máximo que es 1". Tal como se observa en el cuadro siguiente:

CUADRO - XXXIII

ESFUERZO EN kg/cm ²	CANTERA AGREGADO 01 (CRUCERO)	
	CANTIDAD DE CEMENTO kg/m ³	CANTIDAD DE BOLSAS
140	289.32	6.81
175	326.67	7.69
210	379.63	8.93

Para esto además se indicara las pruebas de laboratorio para los agregados realizados previamente que son los siguientes:

4.4.13.2.1. MATERIAL DE AGREGADO 01

CUADRO - XXXIV

DESCRIPCION		UNIDAD	CEMENTO	AGREGADOS	
PROCEDENCIA	RIO CRUCERO		TIPO IP	FINO	GRUESO
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL		Pulg.		1/16	1"
PESO UNITARIO SUELTO		Kg/m ³		1527	1530
PESO UNITARIO COMPACTO		Kg/m ³		1722	1601
PESO ESPECIFICO		gr/cm ³	2.96	2.30	2.55
ABSORCION		%		3.35	2.32
MODULO DE FINURA				3.34	7.18
CONTENIDO DE HUMEDAD		%		4.57	3.63

Una vez determinado las cantidades de agua, cemento y agregados que constan en acápite de anexos certificado de diseño de mezclas, los materiales restantes para completar a un m³ de concreto consistirán en arena y el atrapado. La cantidad de arena requerida se puede determinar sobre la base del volumen absoluto como se muestra a continuación:

MATERIAL DE AGREGADO 01

140 Kg/Cm²

CUADRO – XXXV

DESCRIPCION	PESO ESTIMADO	VOLUMEN	DISEÑO	DISEÑO EN	DISEÑO UNIT.
	SECO/m ³	ABSOLUTO m ³	UNIT.SECO	OBRA	EN OBRA
CEMENTO	289.32	0.0977	1.00	289	1.00
AGREGADO FINO	697.56	0.3033	2.41	729	2.52
AGREGADO GRUESO	990.59	0.3890	3.42	1027	3.55
AGUA (Ltros.)	195.00	0.1950	0.67	174	0.60
AIRE	1.50	0.0150			

175 Kg/Cm2

DESCRIPCION	PESO ESTIMADO	VOLUMEN	DISEÑO	DISEÑO EN	DISEÑO UNIT.
	SECO/m ³	ABSOLUTO m ³	UNIT.SECO	OBRA	EN OBRA
CEMENTO	326.67	0.1104	1.00	327	1.00
AGREGADO FINO	683.84	0.2973	2.09	715	2.19
AGREGADO GRUESO	971.11	0.3813	2.97	1006	3.08
AGUA (Litros.)	196.00	0.1960	0.60	175	0.54
AIRE	1.50	0.0150			

210 Kg/Cm2

DESCRIPCION	PESO ESTIMADO	VOLUMEN	DISEÑO	DISEÑO EN	DISEÑO UNIT.
	SECO/m ³	ABSOLUTO m ³	UNIT.SECO	OBRA	EN OBRA
CEMENTO	379.63	0.1283	1.00	380	1.00
AGREGADO FINO	656.74	0.2855	1.73	687	1.81
AGREGADO GRUESO	932.62	0.3662	2.46	966	2.55
AGUA (Litros.)	205.00	0.2050	0.54	185	0.49
AIRE	1.50	0.0150			

Finalmente la dosificación por tandas será para mezcladoras de 9 pies³ y se detallan en el siguiente cuadro:

CUADRO - XXXVI

MATERIAL DE AGREGADO 01 (CRUCERO)						
DESCRIPCION	140 Kg/Cm ²		175 Kg/Cm ²		210 Kg/Cm ²	
	BOLSA / C= 42.5	PROPORCION	BOLSA / C= 42.5	PROPORCION	BOLSA / C= 42.5	PROPORCION
CEMENTO	42.5	1	42.5	1	42.5	1
AGREGADO FINO	107.15	2.48	93.03	2.15	76.88	1.78
AGREGADO GRUESO	150.8	3.48	130.93	3.03	108.2	2.5
AGUA	25.49	25.49 Lts.	22.76	22.76 Lts	20.69	20.69 Lts.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Las características geológicas-geomorfológicas y geotécnicas del vaso nos señalan que no deben presentarse mayores problemas con referencia a los ensayos de laboratorio.

- El material de tierras firmes del área de influencia del proyecto se encuentra constituido por depósitos aluviales y glaciofluviales, de composición heterogénea.
- Estructuralmente, Formación Ananea, se esta desarrollándose con dirección a la cabecera de la laguna Aricoma.
- La composición general del eje de presa presenta lutitas plumizas en matrices arcillosas de coloración plumiza, horizontes que se prolongan hasta profundidades mayores, proyectándose un primer tramo hasta los 7 metros.
- Las especificaciones del filtro están dadas en función de las granulometrías de los materiales por proteger y de los que forman el filtro, especificaciones dadas por Zagi y G. E. Bertram.
- En la zona de la cerrada de la presa Aricoma por sus características y la presencia de suelos y capas con mezcla de material orgánico y limo, tendrá una permeabilidad relativamente Alta en el margen derecho de la cerrada, Media a Baja y Muy baja en el margen Izquierdo de la cerrada, porque tenemos suelos de **ML; ML-CL**.
- Las canteras a utilizarse para núcleo de presa serán las canteras de concuyoc como principal opción, coitopina, vizyane orjo.
- Las canteras designadas para afirmado y capa semipermeable son las canteras de coitopina según ensayos nos da favorables para estas conformaciones de afirmado.
- Para realización de estructuras de concretos se utilizaran previo zarandeo en algunos casos por tener material de boloneria en las canteras que están ubicados a lo largo del rio Crucero.

RECOMENDACIONES

- El material impermeable a utilizarse para constituir el núcleo de presa será previo diseño y verificación de la cantera para que satisfagan los parámetros requeridos. Sin embargo se recomienda efectuar mezclas

adicionales antes y durante la ejecución de la obra.

- Para utilizar estas canteras, se deberá efectuar un desbroce promedio de 0,30 m para eliminar el material intemperizado.
- Las canteras de roca no tienen mayores inconvenientes en cuanto a su durabilidad y utilidad para la ejecución de las diferentes estructuras que compondrá el proyecto en mención.
- Debido a las características de los agregados, se recomienda que la dosificación tanto de la arena como de la grava se realice en forma separada.
- El clima debe ser un factor a considerarse en durante el manejo del concreto, puesto a que las temperaturas mínimas afectaran el resultado de los diseños (considerando que las temperaturas del agua de mezcla se recomienda que deben estar entre los rangos de 23°C a +/- 15°C.
- Durante la etapa de explotación de las canteras deberá de proseguirse con los ensayos, puesto que los estratos y horizontes siempre tendrán variaciones.
- Deberá realizarse pruebas fisicoquímicas, las fuentes de agua a emplearse en la preparación del concreto, porque la composición de la misma puede variar por el discurso de las aguas subterráneas que provienen de lugares distantes, atravesando diversas formaciones.
- De los análisis de suelos (químicos) realizados a la muestra del suelo donde irán desplantadas las cimentaciones de los canales principales y laterales, Bocatoma, Presa y obras de arte en la zona del Proyecto se recomienda el uso de CEMENTO PORTLAND TIPO IP.

BIBLIOGRAFÍA

1. **BROWLES J.E. “MANUAL DE LABORATORIO DE SUELOS”** 1978.
Ediciones Lerner Mexico
2. **BROWLES J.E. “PROPIEDADES GEOFÍSICAS DE LOS SUELOS”** 1982
Ediciones Lerner México
3. **BROWLES J.E. “MANUAL DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS”**
1982. Editorial mc Graw – hill latinoamericana Bogotá – Colombia.
4. **CRESPO V. C. “MECÁNICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES”** 1990 Editorial
limusa noriega. Mexico
5. **DELGADO V. “INGENIERÍA DE CIMENTACIONES”** 1996 Editorial alfa omega.
México
6. **Instituto geológico minero y metalúrgico (INGEMMET)**, Boletín N° 84
“geología del Perú “cuadrángulo LIMBANI 29X
7. **MARTINES V. A. J. “GEOTECNIA PARA INGENIEROS”** 1991. Editorial UNI.
Lima – PERÚ
8. **TRONCOSO J. H. – 1997 –** Fundamentos de ingeniería geotécnica antisísmica,
segunda edición, ediciones universidad católica de chile 144p.
9. **UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO PUNO 2004.** Manual para
elaborar proyectos y tesis en pregrado. Coordinación de investigación de la
carrera profesional de ingeniería geológica. Puno – Perú 59p
10. **UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA: “MANUAL DE LABORATORIO
DE SUELOS”** 1975. UNI – Lima – PERÚ
11. **WASHINGTON SANDOVAL E. PH.D.** 2012 presas de tierra y enrocamiento –
43p.
12. **JUÁREZ B. E.** 1996 mecánica de suelos tomo II
12. **JUÁREZ B. E.** 1996 mecánica de suelos tomo I
13. **KRYNINE P.D. – 1972** principios de la geología y la geotecnia para ingenieros.

14. **WASHINGTON D.C.** -1976 diseño de pequeñas presas.
15. **LUIS I. DE GONZALES DE VALLEJO** ingeniería geológica.
16. **BRAJA M. DAS – 2001 – FUNDAMENTOS DE LA INGENIERÍA DE GEOTECNIA.** California Estate Sacramento.
17. **BRIONES GUTIÉRREZ J.** “presas de tierra y enrocamiento y resistencia a la falla por filtración”, lima Diciembre 1994.
18. **CHEREQUE M. W.** “HIDROLOGÍA” 1990. Editorial PUC. Lima – Perú
19. **DEERE, DON U.** 1963, “Technical description of Rock Core for Technical purposes”.
20. **ESQUIVEL Z.** “ANÁLISIS GEOTÉCNICO Y PROPUESTA DE CIMENTACIÓN DEL PROYECTO HUANCARAMA, PRESA SOCTACOCHA” 1999. Apurimac-peru.
21. **GOBIERNO DE ESPAÑA, MINISTERIO DE FOMENTO** “GUÍA DE CIMENTACIONES EN OBRAS DE CARRETERAS”, 2009.
22. **HEREDIA M. H. (2002)** – MANUAL PRÁCTICO DEL INGENIERO CIVIL. Primera edición lima 197p.
23. **HUANCA B. A.** – 1991 – mecánica de suelos-impreso en el Perú, 412p.
24. **COSSIO V. J. L.** – 2001-mecánica de suelos teoría y problemas-edición corregido y aumentado-lima-peru-180p.
25. **BERRY P. L.** – 1993-mecánica de suelos – Colombia – 415p.