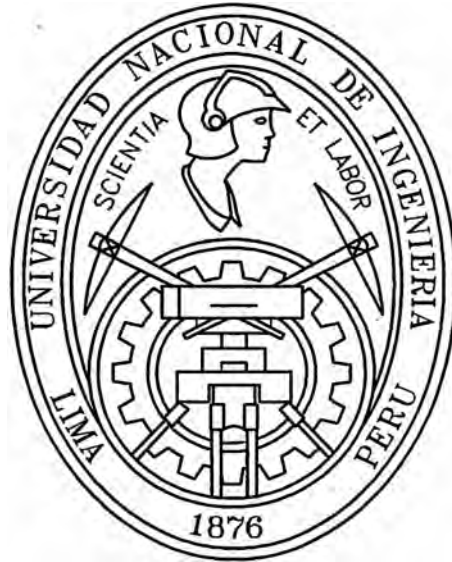


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**DISEÑO HIDRÁULICO DE LA PRESA
DE VIZCACHANI-CUSCO**

**INFORME DE COMPETENCIA
PROFESIONAL**

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

JOSÉ LEONCIO CARBAJAL QUISPE

Lima- Perú

2008

DEDICATORIA

Quiero dedicarle este trabajo A Dios que me ha dado la vida y fortaleza para terminarlo, a los seres que más amo en este mundo: mi esposa, Verónica y mis hijos, José Gabriel y Tania Maria, por ser la fuente de mi inspiración y motivación para superarme cada día más y así poder luchar para que la vida nos depare un futuro mejor.

A mis Padres; en especial a mi madre Ana por darme una carrera para mi futuro y por creer en mi, a mi suegra Urbelinda por su apoyo incondicional, a mis maestros, en especial al Ing. Edgar Rodríguez y al Ing. Roger Hidalgo, por sus consejos y por compartir desinteresadamente sus amplios conocimientos y experiencia.

(José Carbajal Quispe).

ÍNDICE

	Páginas
RESUMEN	3
INTRODUCCIÓN	5
LISTA DE CUADROS	6
LISTA DE FIGURAS	10
CAPITULO I: GENERALIDADES	
1.1 ANTECEDENTES	12
1.2 OBJETIVOS	12
1.3 ÁREA DEL PROYECTO	12
1.4 RESUMEN DE ESTUDIOS BÁSICOS	
1.4.1 Topografía	15
1.4.2 Hidrología	16
1.4.3 Geología	19
1.4.4 Geotecnia	21
1.4.5 Geofísica de Refracción Sísmica	23
1.4.6 Estudio de Canteras	26
CAPITULO II: INGENIERÍA DEL PROYECTO	
2.1 COMPONENTES DEL SISTEMA HIDRÁULICO	29
2.2 TRAZADO Y UBICACIÓN DE ESTRUCTURAS	31
2.3 DISEÑO HIDRÁULICO DE LA PRESA Y ESTRUCTURAS COMPLEMENTARIAS	
2.3.1 Curvas Características del Embalse	32
2.3.2 Vertedero de Demasías	33
2.3.3 Borde Libre	33
2.3.4 Altura de Presa	34
2.3.5 Ancho de la Corona de la Represa	35
2.3.6 Sistema de Captación y Conducción	35
2.3.7 Material de las Tuberías de Captación	39
2.3.8 Válvulas	40
2.3.9 Disipador de Impacto	40
2.3.10 Vertedero Lateral de Alivio	42
2.3.11 Transición al Canal de Servicio Vizcachani	43
2.3.12 Transición al Canal de Servicio Orccoma Lara	44

2.3.13 Canal del Vertedero de Demasías	44
2.4 CUERPO DE PRESA	
2.4.1 Material de Relleno y Taludes	47
2.4.2 Losa de Concreto: Talud Aguas Arriba	48
2.4.3 Lajas de Piedra (Protección): Talud Aguas Abajo	48
2.4.4 Cimentación	48
2.5 INSTRUMENTACIÓN	
2.5.1 Limnímetros	49
2.5.2 Piezómetros	50
2.5.3 Controles de Asentamiento	50
2.6 MEDIDAS PARA DISMINUIR LOS VOLÚMENES DE SEDIMENTOS TRANSPORTADOS POR EL RÍO	50
2.7 CONSIDERACIONES DE ANÁLISIS ESTRUCTURAL	
2.7.1 Placa de Concreto Armado en el Talud de Aguas Arriba	51
2.7.2 Plinto	51
2.7.3 Parapeto de Concreto Armado en la Corona de la Presa (H=1.0 m)	52
2.7.4 Diseño de la Caja de Captación	53
2.7.5 Caseta de Válvulas	55
CONCLUSIONES	58
RECOMENDACIONES	60
BIBLIOGRAFÍA	61
ANEXOS:	
ANEXO A1: LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO	A-1
ANEXO A2: HIDROLOGIA	A-7
ANEXO A3: VOLUMEN DE SOLIDOS	A-69
ANEXO A4: GEOLOGIA	A-74
ANEXO A5: GEOTECNIA	A-84
ANEXO A6: GEOFISICA DE REFRACCION SISMICA	A-149
ANEXO A7: ESTUDIO DE CANTERAS	A-171
ANEXO A8: PANEL FOTOGRÁFICO	A-175
ANEXO A9: PLANOS	A-182

RESUMEN

El presente trabajo, en la modalidad de Informe de Competencia Profesional para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, se desarrolla en base al diseño hidráulico de la presa VIZCACHANI en base a la información proporcionada por el Gobierno Regional del Cusco a través del Proyecto Especial Plan Meriss Inka, como parte del Proyecto de Riego Santo Tomás.

Geográficamente, el proyecto se desarrolla en la localidad de Vizcachani, Distrito de Santo Tomás, Provincia de Chumbivilcas Departamento de Cusco.

Después de hacer un estudio de alternativas se ha seleccionado diseñar una presa de relleno compactado, con una placa de concreto en el talud de aguas arriba, la capacidad del almacenamiento útil de la presa es 1.72 MMC de agua.

Las aguas almacenadas serán derivadas a dos canales de irrigación

- Canal situado en la margen derecha de la quebrada Hanccoyoc, con una capacidad de $Q = 0.18 \text{ m}^3/\text{s}$ (Captación Vizcachani)
- Canal situado en la margen izquierda de la quebrada Hanccoyoc, con una capacidad de $Q = 0.15 \text{ m}^3/\text{s}$ (Captación Orccoma Lara)

Las estructuras complementarias de la presa son:

Un sistema de captación en la margen izquierda, el cual consta de una tubería de polietileno de DN=16". Al final, aguas abajo de la presa se tiene una caseta de válvulas de donde parten dos tuberías que se dirigen a los dos canales mencionados, hacia Orccoma Lara por la margen izquierda y al canal Vizcachani por la margen derecha.

Antes que las aguas provenientes de las tuberías ingresen a los canales se tiene un dissipador de impacto, y un vertedero lateral de alivio, ambos de concreto armado, para casos particulares de operación; a presa llena y válvulas completamente abiertas. Después del vertedero lateral se tiene una transición hasta empalmar con el canal.

Un vertedero de demasías de 8 m. de longitud de cresta, situado en la margen derecha, para evacuar un caudal máximo de 8 m³/s. El ingreso al vertedero esta determinado por las condiciones hidráulicas y topográficas.

Un canal en escalera para evacuar las aguas provenientes del vertedero, aguas abajo, hacia la quebrada Hanccoyoc. El canal, de 5 m de ancho, será construido directamente en roca perfilada. Al final del canal no es necesario construir un dissipador de energía, pues la energía del agua se va dissipando en las escaleras, y además el canal termina en un estrato de roca de buena calidad.

Un parapeto de concreto armado en la corona de la presa, de 1m de altura y 0.25 m de espesor. El parapeto esta anclado en la losa de concreto del talud de aguas arriba.

El autor del informe de competencia profesional participó en el desarrollo de los trabajos de reconocimiento de campo para la formulación de la ubicación del eje de la presa y los diseños hidráulicos del sistema.

INTRODUCCIÓN

El Gobierno Regional del Cusco a través del Proyecto Especial Plan Meriss Inka, ha realizado el Estudio del Proyecto de Riego Santo Tomás, dentro del cual se plantea construir una presa de almacenamiento (Presa VIZCACHANI).

El presente trabajo desarrolla el diseño de la presa VIZCACHANI teniendo como referencia los estudios básicos de ingeniería proporcionados por el Proyecto Especial Plan Meriss Inka algunos de los cuáles se incluyen en el presente informe.

El primer capítulo, Generalidades, presenta los antecedentes, objetivos, ubicación y el resumen de los estudios básicos del proyecto.

El segundo capítulo, Ingeniería del Proyecto, describe los componentes del sistema hidráulico, criterio para el trazado y ubicación de estructuras, diseño hidráulico de la presa y sus estructuras complementarias, cuerpo de presa, instrumentación, medidas para disminuir los volúmenes de sedimentos transportados por el río, así como consideraciones de análisis estructural.

En los anexos se incluyen otros aspectos de los estudios básicos como topografía, hidrología, volumen de sólidos, geología, geotecnia, refracción sísmica, estudios de canteras, panel fotográfico y los planos.

LISTA DE CUADROS

Cuadro I.1: Resumen de Caudales Medios Mensuales.	17
Cuadro I.2: Caudales Máximos.	18
Cuadro I.3: Resultados Ensayos de Laboratorio.	26
Cuadro I.4: Características Físico Mecánicas de las Canteras de Material de Préstamo.	27
Cuadro I.5: Clasificación Mezcla N° 2.	28
Cuadro II.1: Coordenadas de la Poligonal Base de Apoyo.	31
Cuadro II.2: Calculo del Momento Resistente (Mr) Caja de Captación.	54
Cuadro II.3: Metrado de Cargas – Caseta de Válvulas.	55
Cuadro II.4: Análisis – Losa de Concreto.	56
Cuadro A1.1: Coordenadas – Estaciones de Partida.	A-5
Cuadro A1.2: Coordenadas de la Poligonal Base de Apoyo.	A-6
Cuadro A2.1: Resumen de Estaciones Meteorológicas.	A-27
Cuadro A2.2: Análisis Regional de Precipitación Ecuación de Regresión Precipitación – Altitud.	A-28
Cuadro A2.3: Ecuaciones de Influencia en Función a Estaciones Base	A-29
Cuadro A2.4: Registro Hidrometeorológico Precipitación Mensual Acumulada, Angostura.	A-30
Cuadro A2.5: Registro Hidrometeorológico Precipitación Mensual Acumulada, Livitaca.	A-31
Cuadro A2.6: Registro Hidrometeorológico Precipitación Mensual Acumulada, Yauri.	A-32
Cuadro A2.7: Registro Hidrometeorológico Precipitación Mensual Acumulada, Acomayo.	A-33
Cuadro A2.8: Registro Hidrometeorológico Precipitación Mensual Acumulada, Caylloma.	A-34
Cuadro A2.9: Registro Hidrometeorológico Precipitación Mensual Acumulada, Antabamba.	A-35
Cuadro A2.10: Registro Hidrometeorológico Precipitación Mensual Acumulada, Paruro.	A-36
Cuadro A2.11: Registro Hidrometeorológico Precipitación Mensual Acumulada, Tintaya.	A-37

Cuadro A2.12: Registro Hidrometeorológico Generado Precipitación Mensual Acumulada, Áreas de Cultivo.	A-38
Cuadro A2.13: Registro Hidrometeorológico Generado Precipitación Mensual Acumulada, Microcuenca Hanccoyoc.	A-39
Cuadro A2.14.a: Análisis de Doble Masa.	A-40
Cuadro A2.14.b: Gráfico De Doble Masa.	A-41
Cuadro A2.15: Variables Climáticas.	A-42
Cuadro A2.16: Temperatura Mínima Media Mensual.	A-43
Cuadro A2.17: Calculo de la Demanda de Agua con Proyecto.	A-44
Cuadro A2.18: Parámetros Fisiográficos e Hidrológicos.	A-45
Cuadro A2.19: Parámetros Geomorfológicos e Hidrológicos Microcuenca Hanccoyoc.	A-46
Cuadro A2.20: Generación de Caudales Mensuales Microcuenca Hanccoyoc.	A-47
Cuadro A2.21: Generación de Caudales Mensuales Para el Año Promedio Mediante el Modelo Hidrológico Microcuenca Hanccoyoc.	A-48
Cuadro A2.22: Calculo de la Regresión Triple en Base a los Valores del Año Promedio Microcuenca Río Llancopi.	A-49
Cuadro A2.23: Registro Hidrometeorológico Generado Precipitación Efectiva II (mm), Microcuenca Hanccoyoc.	A-50
Cuadro A2.24: Números Aleatorios $(0,1) * Z$	A-51
Cuadro A2.25: Caudales Generados Períodos Extendidos (mm), Microcuenca Hanccoyoc.	A-52
Cuadro A2.26: Caudales Generados Períodos Extendidos (m ³ /s), Microcuenca Hanccoyoc.	A-53
Cuadro A2.27: Resumen de Caudales Medios Mensuales Generados.	A-54
Cuadro A2.28: Registro de Evaporación Total Mensual (mm), Acomayo.	A-55
Cuadro A2.29: Registro de Evaporación Total Mensual (Mm), Anta.	A-56
Cuadro A2.30: Registro de Evaporación Total Mensual (Mm), K'ayra.	A-57
Cuadro A2.31: Registro de Evaporación Total Mensual (Mm), Paruro.	A-58
Cuadro A2.32: Registro de Evaporación Total Mensual (Mm), Sicuani.	A-59
Cuadro A2.33: Registros de Evaporación de Estaciones Base.	A-60
Cuadro A2.34: Estimación del Volumen Potencialmente Almacenable de Acuerdo al Vaso Receptor.	A-61

Cuadro A2.35: Operación Presa Hanccoyoc.	A-62
Cuadro A2.36: Balance Hídrico.	A-63
Cuadro A2.37: Registro de Precipitación Máxima en 24 Hr., Caylloma.	A-64
Cuadro A2.38: Precipitación Máxima - Método de Mac Math.	A-65
Cuadro A2.39: Análisis de Máximas Avenidas Según Mac Math Utilizando Precipitación Máxima de 24 Horas.	A-66
Cuadro A2.40: Caudales Máximos - Según Mac Math Para Distintos Periodos de Retorno.	A-67
Cuadro A2.41: Hidrograma Unitario Sintético de Zinder.	A-68
Cuadro A3.1: Resumen de Evaluación de Transporte de Sedimentos.	A-69
Cuadro A3.2: Caudales Sólidos Máximos.	A-70
Cuadro A3.3: Estimación de las Alturas de Sedimentación para 1, 10 y 20 Años de Vida de la Presa de Vizcachani.	A-71
Cuadro A5.1: Clasificación Geomecánica – Sondaje Diamantino S-1.	A-89
Cuadro A5.2: Clasificación Geomecánica – Sondaje Diamantino S-2.	A-92
Cuadro A5.3: Clasificación Geomecánica – Sondaje Diamantino S-3.	A-94
Cuadro A5.4: Clasificación Geomecánica de Bienawsky.	A-95
Cuadro A5.5: Cuadro Referencial de Propiedades Geomecánicas.	A-96
Cuadro A5.6: Capacidad de Carga Admisible.	A-123
Cuadro A5.7: Resultados de Laboratorio Eje de presa.	A-127
Cuadro A5.8: Cálculo del Asentamiento del Terreno (en el Centro del Eje de la Presa).	A-128
Cuadro A5.9: Factores de Seguridad.	A-130
Cuadro A5.10: Gradiente Admisible.	A-131
Cuadro A5.11: Cálculo del Gradiente Hidráulico Crítico.	A-132
Cuadro A5.12: Parámetros de Suelos.	A-139
Cuadro A5.13: Parámetro de Intensidad Sísmica Supuesta.	A-139
Cuadro A5.14: Coeficientes de Seguridad.	A-139
Cuadro A6.1: Velocidad de Ondas Sísmicas y Tipo Característico.	A-152
Cuadro A6.2: Longitud Superficial de los Perfiles Sísmicos.	A-153
Cuadro A6.3: Velocidades del Perfil Sísmico 1.	A-154
Cuadro A6.4: Velocidades del Perfil Sísmico 2.	A-155
Cuadro A6.5: Velocidades de los Perfiles Sísmicos 3 y 4.	A-156
Cuadro A6.6, Velocidad del Perfil Sísmico 5.	A-157
Cuadro A7.1: Resultados Ensayos de Laboratorio.	A-172

Cuadro A7.2: Características Físico Mecánicas Canteras de Material de Préstamo.	A-173
Cuadro A7.3: Clasificación Mezcla N° 2.	A-173

LISTA DE FIGURAS

Figura I.1: Zona del Proyecto.	14
Figura I.2: Perfil Sección Sísmica (A-A').	24
Figura I.3: Perfil Sección Sísmica (B-B').	25
Figura II.1: Curva Área – Volumen del Embalse Vizcachani.	32
Figura II.2: Esquema Ubicación del Parapeto y Muro del Canal del Vertedero.	35
Figura II.3: Esquema del Sistema de Captación.	36
Figura II.4: Esquema Hidráulico del Sistema de Captación.	37
Figura II.5: Esquema del Disipador de Impacto.	41
Figura II.6: Esquema del Vertedero Lateral.	43
Figura II.7: Esquema de la Transición.	43
Figura II.8: Esquema del Canal del Vertedero de Demasías.	45
Figura II.9: Sección Transversal de la Presa, en el Cauce de la Quebrada Hancocoyoc.	46
Figura II.10: Esquema de la Sección Transversal de la Boquilla Zona de la Presa.	49
Figura II.11: Esquema de Diques Transversales en Quebradas Tributarias.	51
Figura II.12 Esquema de Caja de Captación.	54
Figura A4.1: Proyección Estereográfica del Sistema de Diaclazamiento y Fracturamiento de la Presa Vizcachani.	A-83
Figura A5.1: Red de Flujo.	A-122
Figura A5.2: Diagrama Para el Cálculo del Asentamiento por Consolidación.	A-126
Figura A5.3: Esquema Para el Cálculo del Gradiente de Control.	A-133
Figura A5.4: Superficie de Falla Circular Método BISHOP Modificado.	A-136
Figura A5.5: Diagrama de Cuerpo Libre de la lesima Dobela.	A-136
Figura A5.6: Diagrama Para Determinar el Factor "fo" Para el Método de JANBU.	A-138
Figura A5.7: Análisis de Estabilidad de Taludes Método JANBU Estado Proyectoado - Pie de Talud ($K_h = 0.0$).	A-140
Figura A5.8: Análisis de Estabilidad de Taludes Método JANBU Estado Proyectoado - Pie de Talud ($K_h = 0.17$).	A-141

Figura A5.9: Análisis de Estabilidad de Taludes Método JANBU Estado Proyectado - Talud Aguas Abajo ($K_h = 0.0$).	A-142
Figura A5.10: Análisis de Estabilidad de Taludes Método JANBU Estado Proyectado - Talud Aguas Abajo ($K_h = 0.17$).	A-143
Figura A5.11: Análisis de Estabilidad de Taludes Método JANBU Estado Proyectado - Talud Aguas Arriba y Aguas Abajo ($K_h = 0.0$).	A-144
Figura A5.12: Análisis de Estabilidad de Taludes Método JANBU Estado Proyectado - Talud Aguas Arriba y Aguas Abajo ($K_h = 0.17$).	A-145
Figura A6.1: Perfil Sísmico 1, Margen Izquierda (Aguas Abajo).	A-158
Figura A6.2: Perfil Sísmico 2, Eje de Presa.	A-159
Figura A6.3: Perfil Sísmico 3, Margen Derecha (Aguas Abajo).	A-160
Figura A6.4: Perfil Sísmico 3, Margen Derecha (Aguas Abajo).	A-161
Figura A6.5: Perfil Sísmico 5, Parte Central del Vaso.	A-162
Figura A6.6: Curva Dromocrónica (RS-01).	A-163
Figura A6.7: Curva Dromocrónica (RS-02).	A-164
Figura A6.8: Curva Dromocrónica (RS-03).	A-165
Figura A6.9: Curva Dromocrónica (RS-04).	A-166
Figura A6.10: Curva Dromocrónica (RS-05).	A-167
Figura A6.11: Perfil Sección Sísmica (A-A') Transversal al Vaso.	A-169
Figura A6.12: Perfil Sección Sísmica (B-B') Longitudinal al Lecho del Río.	A-170

CAPITULO I GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

El Gobierno Regional del Cusco a través del Proyecto Especial Plan Meriss Inka, ha realizado el Estudio del Proyecto de Riego Santo Tomás, dentro del cual se plantea construir una presa de almacenamiento.

Después de ubicar el lugar más adecuado para la construcción de la presa, en la zona denominada VIZCACHANI, el Proyecto Especial Plan Meriss Inka tomó la decisión de realizar los estudios de topografía, hidrología, canteras y contrató al consorcio S y C para elaborar los estudios de geología, geofísica, y geotecnia en la zona de la boquilla y del vaso del embalse.

1.2 OBJETIVOS

El presente trabajo tiene la finalidad de elaborar los diseños definitivos a nivel constructivo de la Presa Vizcachani, cuya finalidad es atender la demanda de agua de 450 Has. de terreno agrícola, a través de una presa de relleno compactado con revestimiento de una placa de concreto en el talud de aguas arriba, con un volumen útil de almacenamiento de 1.72 MMC. Los diseños se efectuaron con el aporte de la información básica proporcionada por el Proyecto Especial Plan Meriss Inka.

1.3 ÁREA DEL PROYECTO

La Represa de Vizcachani, se halla ubicada en la quebrada de Hanccoyoc, localidad de Vizcachani, políticamente pertenece al Distrito de Santo Tomás Provincia de Chumbivilcas, Región Cusco.

Geográficamente se ubica entre los 14° 27' 30" Latitud Sur 72° 04' 50" y Longitud Oeste de Greenwich y se desarrolla al nivel altitudinal de 3830 m.s.n.m.

El Distrito de Santo Tomás posee una extensión de 1924.08 Km². y presenta los siguientes límites:

- Por el Norte : Distrito de Colquemarca.
- Por el Sur : Departamento de Arequipa.
- Por el Este : Distrito de Velille y Chamaca.
- Por el Oeste : Distrito Llusco.

La Figura I.1 muestra la zona del área del proyecto.

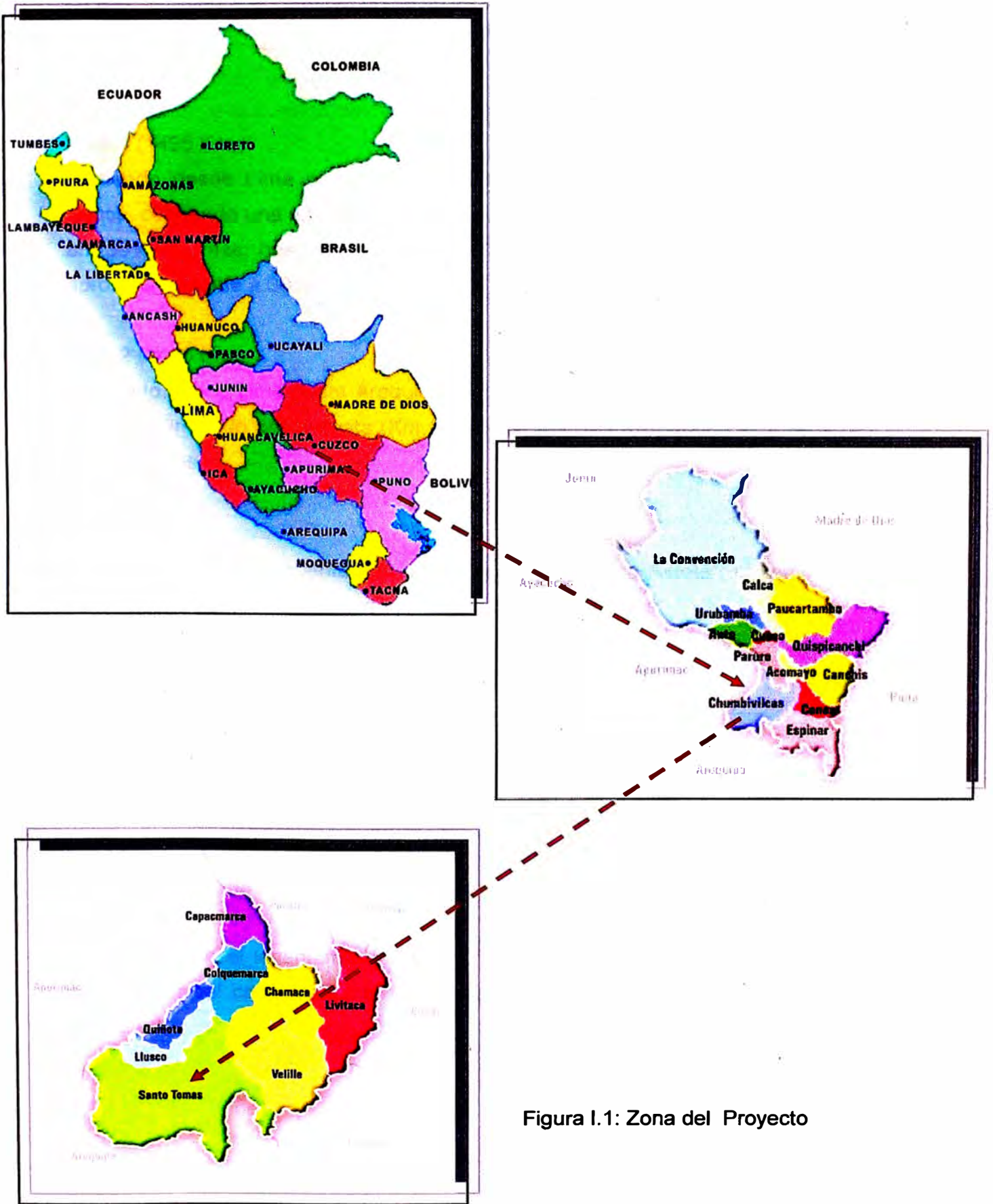


Figura I.1: Zona del Proyecto

La accesibilidad a la zona del proyecto es por medio de las siguientes rutas:

Vía Terrestre:

Ruta 1 (1495 Km.):

Partiendo desde Lima por la Carretera Panamericana Sur llegaremos hasta Nasca, cubriendo una ruta de 445 Km., continuando hasta Cusco (Km. 659) y de ahí 391 Km. mas, hasta llegar a Santo Tomás. La ubicación de la presa esta aproximadamente a 30 minutos de Santo Tomás por una carretera rural

Ruta 2 (1458 Km.):

Partiendo desde Lima hasta Arequipa por la carretera Panamericana Sur (1010 Km.), continuando hasta Imata (Km. 135) y de ahí 313 Km. mas, hasta llegar a Santo Tomás.

Vía Aérea:

La Ciudad de Cusco cuenta con un Aeropuerto "Velasco Astete", el tiempo de vuelo aproximado desde la ciudad de Lima es de 55 minutos.

El proyecto se encuentra a 391 Km. de Cusco.

1.4 RESUMEN DE ESTUDIOS BÁSICOS

Los estudios básicos fueron realizados por el Proyecto Especial Plan Meriss Inka y por el Consorcio S y C, de ellas se presenta algunos aspectos importantes

1.4.1 Topografía

Se cuenta con el levantamiento topográfico del vaso de almacenamiento con curvas de nivel cada metro, el cual ha sido plasmado en el plano PT-01 del Anexo A9.

1.4.2 Hidrología

Los volúmenes de agua a ser almacenadas por la Presa Vizcachani son las que corresponden a la cuenca de la quebrada Hanccoyoc (ver Plano IH-02, Anexo A9).

A partir del estudio hidrológico de la zona del proyecto, se puede describir las siguientes características:

- **Clima**

La zona se caracteriza por ser una zona fría con los siguientes niveles de temperatura.

- . Temperatura mínima media anual = - 0.6 °C
- . Temperatura media anual = 6.0 °C
- . Temperatura máxima media anual = 13.1 °C

- **Velocidad de Viento**

Se toma como estación patrón la estación Angostura, por presentar las condiciones geográficas, características morfológicas y físicas similares al del proyecto. En esta estación los registros de velocidad del viento a las 13 horas da un valor máximo de medio mensual de 6.4 m/s, el valor mínimo de 3.8 m/s, los vientos predominantemente soplan en dirección Sur – Oeste.

- **Precipitación**

La época húmeda con mayores precipitaciones corresponde a los meses de diciembre a marzo, siendo los meses de abril y noviembre los de transición; mientras la época de secas corresponde a los demás meses del año.

La precipitación mensual acumulada en la microcuenca Hanccoyoc varía en promedio desde 3.2 mm en el mes de julio hasta 212 mm en el mes de enero.

▪ Escorrentía en la Microcuenca en Estudio

La microcuenca Hanccoyoc, tiene un área de influencia total de 24,78 Km², el cual constituye la superficie receptora para la generación de la escorrentía superficial.

Para la generación del flujo superficial se ha utilizado un factor de escorrentía K=0,40 para la microcuenca, el resumen de caudales generados al 75% de persistencia se muestran en el Cuadro N° I.1.

Cuadro I.1
Resumen de Caudales Medios Mensuales

DATOS		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MEDIA
MICROCUEENCA HANCCHOYOC														
Nº datos		38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	
Q. PROMEDIO	m ³ /s	0.995	1.056	0.727	0.250	0.062	0.035	0.024	0.031	0.045	0.079	0.170	0.418	0.324
Desviación Estándar	m ³ /s	0.495	0.444	0.377	0.167	0.029	0.016	0.007	0.019	0.021	0.066	0.152	0.245	0.170
C.V.	%	0.498	0.420	0.519	0.669	0.461	0.474	0.293	0.608	0.464	0.838	0.891	0.586	0.560
Q. MINIMO	m ³ /s	0.180	0.306	0.117	0.043	0.024	0.020	0.015	0.015	0.021	0.025	0.042	0.070	0.073
Q. MAXIMO	m ³ /s	1.811	1.791	1.626	0.750	0.149	0.119	0.037	0.128	0.118	0.387	0.656	1.166	0.728
Q. 75%	m ³ /s	0.661	0.757	0.473	0.137	0.043	0.023	0.019	0.018	0.031	0.034	0.068	0.253	0.210
Oferta total	m ³ /mes	1,769,219	1,830,753	1,265,745	355,099	114,498	60,829	51,863	48,314	79,354	91,854	176,082	677,264	6,520,873

*** Para efectos de diseño se asumen los caudales Q 75%
Elaboración: Plan Meriss Inka

▪ Análisis de Eventos Extremos

El análisis de descargas máximas se ha evaluado mediante el método Mac Math, usando precipitaciones máximas de 24 hrs. de la estación Caylloma, corregido por un factor altitudinal, ajustada a una distribución Log Pearson Tipo III (ver Anexo A2).

De acuerdo al análisis, la avenida máxima, para un periodo de retorno de 100 años es de 35.70 m³/s, tal como lo indica el cuadro N° I.2.

Cuadro I.2
Caudales Máximos

ITEM	T Años	p	w	z	K	Q.MAX
						m ³ /s
1	1	1.0000	5.26	-4.75	-4.96	1.36
2	2	0.5000	1.18	0.00	0.01	12.78
3	5	0.2000	1.79	0.84	0.84	18.63
4	10	0.1000	2.15	1.28	1.28	22.63
5	20	0.0500	2.45	1.65	1.63	26.54
6	50	0.0200	2.80	2.05	2.02	31.71
7	100	0.0100	3.03	2.33	2.28	35.68
8	200	0.0050	3.26	2.58	2.52	39.73
9	500	0.0020	3.53	2.88	2.81	45.21
10	1000	0.0010	3.72	3.09	3.01	49.48
11	5000	0.0002	4.13	3.54	3.43	59.86
12	10000	0.0001	4.29	3.72	3.60	64.53

Elaboracion: Plan Meriss Inka

- Tránsito de Avenidas en el represamiento

Con la finalidad de encontrar el caudal de salida del vaso Vizcachani es necesario realizar la laminación del caudal de ingreso, este dato se debe usar para el diseño de las obras hidráulicas tanto del vertedor de demasías como de las obras hidráulicas que se pretendan plantear aguas abajo de la presa.

Para el desarrollo del tránsito de avenidas en el embalse, se emplearon los métodos analíticos, tomando como punto de partida los análisis realizados anteriormente. Así mismo se generaron curvas de ajuste de la topografía del vaso.

Del análisis desarrollado para la cuenca en estudio, el caudal máximo de salida por el vertedero es 8 m³/s (ver Anexo A2).

- Volumen de Sólidos

De acuerdo a los resultados del estudio de transporte de sedimentos proporcionado por el Plan Meris Inka, se tiene que el volumen de sólidos a generarse en la cuenca de Hanccoyoc en 20 años, sería de 254,127 m³. (ver Anexo A3).

- **Análisis de Calidad de Aguas**

El resultado del análisis de las muestras de agua del río Hanccoyoc, de acuerdo a las determinaciones fisicoquímicas, se concluye en que el agua es apta para fines de riego e incluso para consumo humano.

1.4.3 Geología

Los estudios de Geología de la zona del proyecto fueron realizados por el Consorcio S y C, los cuales se detallan en mayor profundidad en el Anexo A4, de este estudio podemos mencionar lo siguiente:

En la zona del eje de la Presa Vizcachani, se presentan formaciones geológicas tales como Volcánico Santo Tomás, Depósitos Eluviales de pie de Ladera y Depósitos Aluviales (ver anexo A4).

La columna estratigráfica en el área del Vaso, está constituida (de abajo hacia arriba) por un substrato rocoso competente e impermeable que esta constituido por rocas intrusivas del Terciario Medio, sobre el substrato mencionado, sobre-yacen en discordancia erosional, las rocas producto de actividades volcánicas mas recientes, constituidas por una secuencia de brechas, aglomerados, cenizas, tufos y tobas, de composición riolítica, riodacítica y andesítica, que se extienden por la zona, en forma de capas o estratos subhorizontales a inclinados, sobre estas rocas volcánicas e intrusivas, se emplazan a su vez las demás formaciones geológicas, constituidas por: Depósitos Aluviales, Eluviales y Coluviales, Sedimentos Lacustres Intercalados con Materiales Orgánicos (Turba), y finalmente las Capas Superficiales de Recubrimiento, que contienen raíces y vegetación, incluidos los bofedales.

Por otro lado el aliviadero de crecidas se ubica en el estribo derecho zona del eje de represa, y geologicamente está constituida por rocas volcánicas de tipo andesititas.

Así mismo podemos resaltar que en la zona del eje de la presa se han detectado pequeños sistemas de diaclasamiento, y fracturamiento en ambos estribos, los mismos que han sido ploteados en Proyección Estereográfica de la siguiente manera:

Estribo Izquierdo

Los sistemas de diaclasamiento encontrados, presentan un rumbo de NE – SW y un buzamiento promedio de 85 a 88 NW, los mismos que han sido ploteados, tal como se indica la figura A4.1 (ver Anexo A4).

Así mismo se han ubicado sistemas de fracturamiento por relajamiento de esfuerzos propia de la disyunción columnar presentes en este estribo. El rumbo promedio de este grupo de fracturas es NE – SW (42 a 48 respecto al norte).

Tanto el diaclasamiento como el fracturamiento de la roca, presentan un bajo grado de intemperismo y erosión. La distancia entre las juntas es menor a los 6.0 mm.

Estribo Derecho

El sistema de diaclasamientos está constituido por un número de 6 a 8 diaclasas y similar número de fracturas, ubicadas aproximadamente de 4 a 5 mm entre ellas. Su rumbo varía de 42 a 46 grados NE – SW y su buzamiento varía de 84 a 88 SE. La erosión y el intemperismo han penetrado pocos centímetros, siendo la abertura de las juntas no mayor a 8 mm.

Cauce del Río

No se observan diaclasas ni fracturas, por estar cubiertas por material coluvial.

1.4.4 Geotécnica

Se cuentan con los estudios de Geotecnia de la zona de estudio los cuales fueron realizados por el Consorcio S y C, los cuales se detallan en mayor profundidad en el Anexo A5, de este estudio podemos mencionar lo siguiente:

Evaluación Geotécnica del Eje de Presa

De acuerdo a lo indicado en el Estudio Geotécnico de la Compañía Consorcio S y C, existen 02 Formaciones Geológicas bien diferenciadas y definidas que son: (de arriba hacia abajo).

a). Limos inorgánicos de alta plasticidad (MH), con lentes de SM y ML color marrón rojizo, en estado húmedo, marrón claro en seco, en estado regularmente compacto, que engloban fragmentos rocosos subangulosos a subredondeados de diferentes tamaños (0.10 a 3.5m de diámetro).

Geológicamente son depósitos de suelos coluviales y eluviales que se emplazan en las laderas de ambos flancos al pie de los taludes y cauces del río.

Presentan las siguientes características físicas mecánicas representativas:

Clasificación SUCS	: MH con intercalación de SM y ML + Clastos.
Densidad Natural de la matriz	: 2.25 gr/cm ³ (Se considera este valor por la presencia de fragmentos de roca en un 60 % del volumen total).
Humedad Natural	: 50.50 % (Triaxial).
Densidad Seca Natural	: 1.45 gr/cm ³ (Triaxial).
Limite Líquido	: 65.00 % (Triaxial).
Limite Plástico	: 8.00 % (Triaxial).
Índice Plástico	: 27.00 % (Triaxial).

Peso Especifico Sólidos	: 2.14 (Triaxial).
Peso Especifico de Finos	: 1.95 (Triaxial).
Angulo de fricción	: 19.2° (ensayo de comprensión triaxial).
Cohesión	: 0.1 kg/cm ² .
Permeabilidad	: 2.72x10 ⁻⁶ m/seg (representativa de la calicata, muestra).
Gravas	
Arenas	: 15.90 %
Finos	: 84.10 %

b). Continuando con la profundidad a partir de 15.20 m hacia abajo en la zona del cauce del río se emplaza una roca volcánica andesitita, bastante porosa que de acuerdo a la evaluación de los parámetros geomecánicos, es clasificada como una Roca Clase III (mediana), con un RQD entre 50 – 75%.

Evaluación Geotécnica del Vaso

La zona del vaso está constituida con las siguientes formaciones geotécnicas.

Roca Intrusivas del substrato; El Substrato rocoso que es competente e impermeable esta constituido por rocas intrusivas del Terciario Medio, tal como al granodeorita y la microgranodeorita, que se emplazan a profundidad en el área del vaso y afloran en algunos sectores del mismo.

Rocas Volcánicas Suprayacentes; Sobre el substrato mencionado sobreyacen en discordancia erosional, las rocas producto de actividades volcánicas mas recientes, constituidas por una secuencia de brechas, aglomerados, cenizas tufos y tobas de composición de riolítica, riodasítica y andesitita, que son impermeables y forman la base de toda el área del vaso.

Formaciones Cuaternarias; Sobre las referidas rocas volcánicas e intrusivas se emplazan las formaciones cuaternarias, constituidas por depósitos aluviales, eluviales y coluviales, sedimentos lacustres, intercalados con materiales orgánicos (turba) y finalmente las capas

superficiales de recubrimiento, contiene raíces y vegetación incluidos los bofedales.

1.4.5 Geofísica de Refracción Sísmica

Se cuentan con los estudios de Geofísica de Refracción Sísmica de la zona de estudio realizados por el Consorcio S y C, los cuales se detallan en mayor profundidad en el Anexo A6, de este estudio podemos mencionar lo siguiente:

Sección A-A' Transversal al Vaso

En la sección sísmica (Figura I.2), se ha determinado cuatro estructuras principales bien definidas:

La primera correspondería a un suelo constituido por material orgánico, fluvio aluviales no compactos.

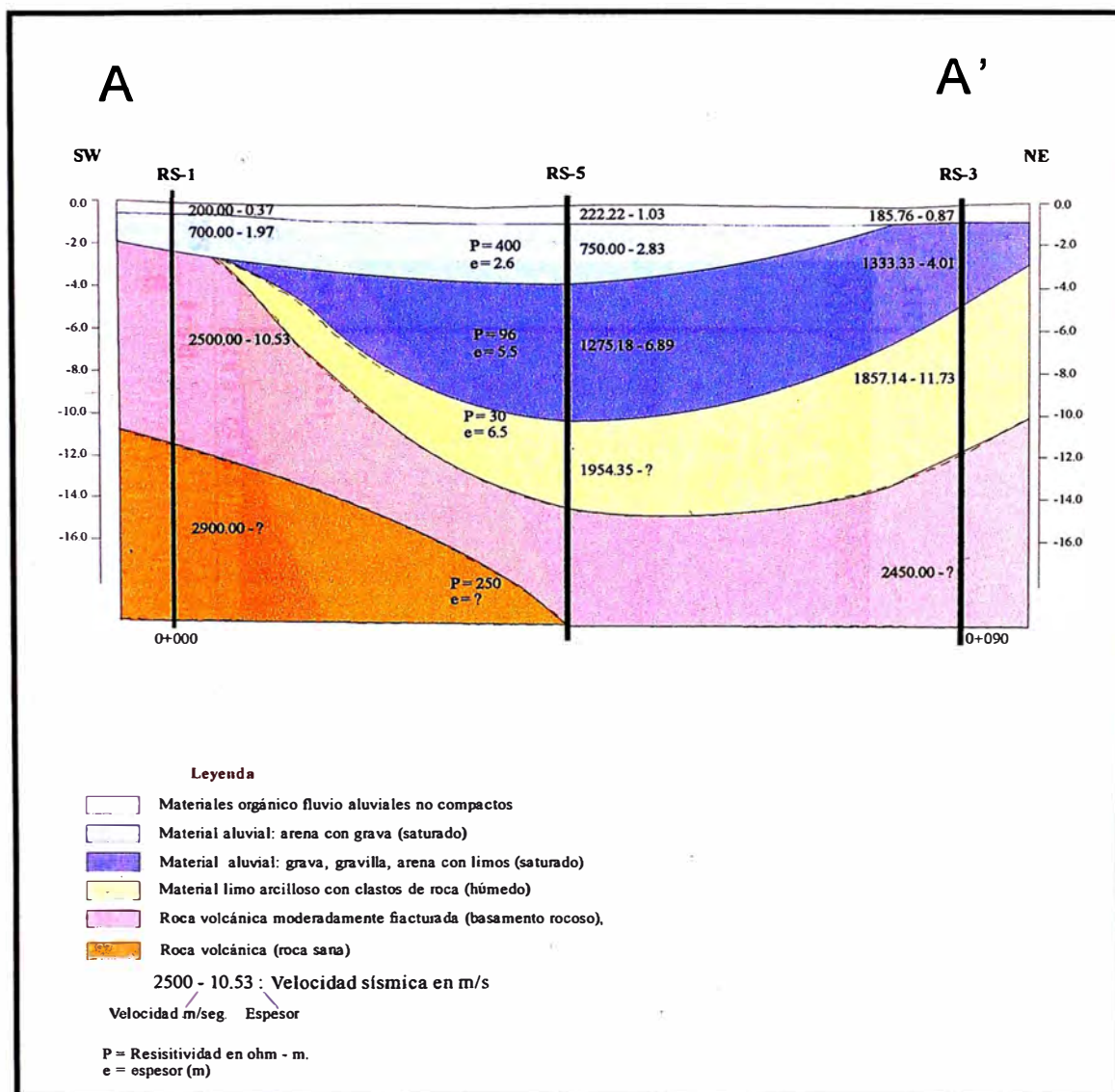
La segunda estructura solamente se presenta en RS-1 y RS-5, constituido por materiales aluviales: arenas y gravas en matriz areno-limosa.

En RS-5 (tercera estructura) y en RS-3 (segunda estructura), corresponde también a materiales aluviales constituido por: gravas, gravilla, arena en matriz limo – arcillosa.

Subyaciendo a los depósitos aluviales, se observa velocidades de 1859.14 y 1954.55 m/seg., que se relaciona a material limo arcilloso con clastos volcánicos. Su espesor en RS-5 es de 6.5 m (aprox.) este valor ha sido proporcionado de los resultados del sondaje eléctrico realizado en este punto.

En RS-1 (tercera estructura) y RS-3 (cuarta estructura) se tiene el basamento rocoso moderadamente fracturado.

Figura I.2: Perfil Sección Sísmica (A-A')



Sección B-B' Longitudinal al Lecho del Río (Figura I.3)

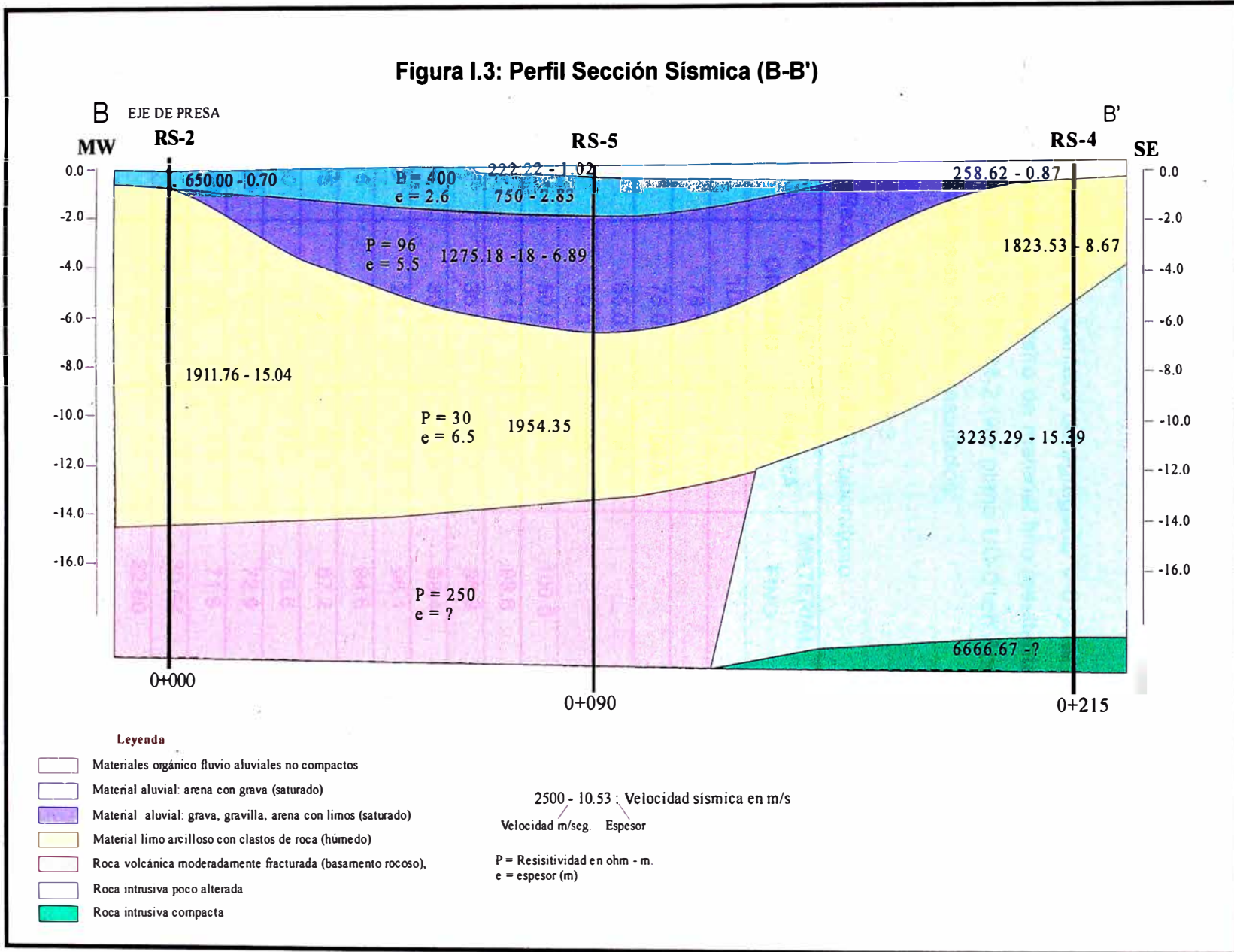
En este sentido se observa, que el basamento rocoso se localiza a una profundidad de 15 m., aproximadamente.

Litológicamente estaría compuesto por la roca volcánica que aflora en los flancos de la boquilla y vaso de la represa proyectada.

Sobreyaciendo a esta estructura se ubica sedimentos limo – arcillosos con bloques de roca en estado húmedo. Su espesor es de 15 m aproximadamente en el eje de represa, disminuyendo hacia el vaso.

Seguidamente se ubica un deposito acuífero de origen aluvial compuesto por grava, gravilla, arena con limos, su espesor es mayor en el vaso (6.8 m).

Figura I.3: Perfil Sección Sísmica (B-B')



1.4.6 Estudio de Canteras

El estudio de material de cantera necesario para conformar el cuerpo de la presa, estuvo a cargo del Plan Meriss, los cuales se detallan en mayor profundidad en el Anexo A7, de este estudio podemos mencionar lo siguiente:

Se analizó las muestras de cantera de agregado V-0 y de arena V-3 del Río Hancocoyoc-Vaso y la muestra de material fino resultante de la mezcla de los pozos V-12, M-1 y V-2 - M-2 (ver plano UC-01 en Anexo A9), estas muestras presentan los siguientes resultados:

Cuadro I.3
Resultados Ensayos de Laboratorio

MALLA	AGREGADO GRUESO	ARENA	MATERIAL FINO
3"	100.0		
2"	78.6		
1 1/2"	75.0	100.0	
1"	65.0	86.6	
3/4"	59.3	82.7	
1/2"	50.6	78.1	100.0
3/8"	44.6	75.8	99.6
1/4"	36.8	72.3	98.9
Nº 4	33.5	71.0	98.4
Nº 8	26.7	68.0	96.1
Nº 16	21.0	64.1	94.6
Nº 25	15.2	55.6	87.2
Nº 50	5.7	21.2	76.6
Nº 100	1.2	2.9	72.9
Nº 200	0.9	1.8	71.8
LL	---	---	30.64
LP	---	---	22.60
IP	N.P.	N.P.	8.04
SUCS	GW	SP	CL

Elaboración: Plan Meriss Inka.

Luego se procedió a efectuar los ensayos de Proctor Modificado y ensayos de Corte Directo Remoldeados al 100% de la Máxima Densidad Seca del Proctor Modificado, con partículas menores de 3/8", obteniéndose los siguientes resultados que mostramos en el Cuadro I.4.

Cuadro I.4
Características Físico Mecánicas de las
Canteras de Material de Préstamo

PROYECTO : SANTO TOMAS

CALICATA ZONA	M. #	ANALISIS GRANULOMETRICO %			LIMITES DE CONSISTENCIA %			CLASIF. SUELOS SUCS	C.P. MODIFICADO		CORTE DIRECTO	
		GRAVA	ARENA	L.Y/O A.	LL	LP	IP		D.MAX gr/cm3	C.O.HUM %	C=Kg/cm2	ANGULO GRADOS
AGREGADO	1	66.50	32.60	0.90	NP	NP	NP	GW				
ARENA	1	29.00	69.20	1.80	NP	NP	NP	SP				
FINO C-12 M-1+ C-2M-2	1	1.80	26.60	71.80	30.64	22.60	8.04	CL				
MEZCLAS ACTUALES DE AGREGADO + MATERIAL DE PRESTAMO FINO EN LAS PROPORCIONES INDICADAS												
MEZCLA 1 (70,10,20)	1	67.70	17.00	15.30	27.50	20.10	7.40	GC	2.20	9.40	0.21	34
MEZCLA 2 (80,5,15)	1	74.20	13.30	12.50	27.00	19.89	7.11	GC	2.213	8.20	0.13	38
MEZCLA 3 (70,15,15)	1	69.10	18.60	12.30	26.60	19.60	7.00	GC	2.162	8.70	0.28	35
MEZCLAS ANTERIORES DE AGREGADO + MATERIAL DE PRESTAMO FINO EN PROPORCION 3:1 Y 4:1												
A+V-12 (3:1)	1	50.70	29.60	19.70	28.56	21.10	7.46	GC	2.176	9.07	0.221	29
A+V-2 (4:1)	1	47.50	44.80	7.70	29.85	22.65	7.20	GP-GC	2.106	5.45	0.095	31

Elaboración: Plan Meriss Inka

De donde se desprende que con la Mezcla N° 2 consistente en 80% de agregado grueso, 5% de arena, 15 % de arcilla, se obtiene parámetros de resistencia al esfuerzo cortante de:

$$\begin{aligned} \text{Cohesión (C)} &= 0.13 \text{ Kgs/cm}^2 \\ \text{Angulo de Fricción Interna } (\phi) &= 38^\circ \end{aligned}$$

Con la siguiente clasificación mostrada en el cuadro I.5:

Cuadro I.5
 Clasificación Mezcla N° 2

MALLA	% que Pasa
1 1/2"	100
1"	80.3
3/4"	67.5
1/2"	47.3
3/8"	41
1/4"	29.4
N° 4	25.8
N°10	21.7
N° 20	20.3
N° 40	19
N° 60	15.1
N° 100	12.9
N° 200	12.5

LL	27
LP	19.89
IP	7.11
SUCS	GC

Elaboración: Plan Meriss Inka

Considerando que en la conformación del cuerpo de la represa se emplearán partículas de 3" de tamaño máximo, los valores empleados en el diseño de $\phi=37^\circ$ y cohesión de $C=0.05 \text{ Kg/cm}^2$, se llegarán a encontrar sin ningún problema.

CAPITULO II INGENIERIA DEL PROYECTO

2.1 ELEMENTOS DEL PROYECTO

Después de hacer un estudio de alternativas se ha seleccionado diseñar una presa de relleno compactado, revestido con una placa de concreto en el talud de aguas arriba. La presa almacenará un volumen útil de $1.72 \times 10^6 \text{ m}^3$ de agua.

Las aguas almacenadas serán derivadas a dos canales de irrigación

- Canal situado en la margen derecha de la quebrada Hanccoyoc, con una capacidad de $Q = 0.18 \text{ m}^3/\text{s}$ (Captación Vizcachani)
- Canal situado en la margen izquierda de la quebrada Hanccoyoc, con una capacidad de $Q = 0.15 \text{ m}^3/\text{s}$ (Captación Orccoma Lara)

Las estructuras complementarias de la presa son:

Un sistema de captación en la margen izquierda, el cual consta de una tubería de polietileno de 16 " de diámetro, la tubería está protegida con concreto de $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$. Al final, aguas abajo de la presa se tiene una caseta de válvulas de donde parten dos tuberías que se dirigen a los dos canales mencionados, la tubería que se dirige al canal Orccoma Lara de la margen izquierda es de corta longitud y de 16" de diámetro, la tubería que se dirige al canal Vizcachani de la margen derecha tiene 41 m de largo y 14" de diámetro. Se tienen tres válvulas de regulación de tipo mariposa, una válvula principal, y una válvula para cada tubería.

Antes que las aguas provenientes de las tuberías ingresen a los canales se tiene un dissipador de impacto, y un vertedero lateral de alivio, ambos de concreto armado, para casos particulares de operación; a presa llena y válvulas completamente abiertas. Después del vertedero lateral se tiene una transición hasta empalmar con el canal.

Un vertedero de demasías de 8 m. de longitud de cresta, situado en la margen derecha, para evacuar un caudal máximo de 8 m³/s. El ingreso al vertedero está determinado por las condiciones hidráulicas y topográficas.

Un canal en escalera para evacuar las aguas provenientes del vertedero, aguas abajo, hacia la quebrada Hanccoyoc. El canal, de 5 m de ancho, será construido directamente en roca perfilada. Al final del canal no es necesario construir un dissipador de energía, pues la energía del agua se va disipando en las escaleras, y además el canal termina en un estrato de roca de buena calidad.

Un parapeto de concreto armado en la corona de la presa, de 1m de altura y 0.25 m de espesor. El parapeto está anclado en la losa de concreto del talud de aguas arriba.

Los planos DH-01 al DH-03 del Anexo 09 muestran el Esquema Integral, Planta y Perfil del Eje, así como la sección típica de la Presa Vizcachani.

2.2 CRITERIOS BÁSICOS PARA EL TRAZADO Y UBICACIÓN DE ESTRUCTURAS

Con la topografía básica entregada se tiene identificado los BM(s) o estaciones de control, los cuales corresponden a las siguientes coordenadas UTM zona 18 en el sistema PSAD 56.

Cuadro II.1
Coordenadas de la Poligonal Base de Apoyo

Estación	Este (m.)	Norte (m.)	Elevación (m.s.n.m.)
BM1	814501.99	8393446.15	3831.01
01	815,213.99	8,392,425.99	3857.15
02	814,883.72	8,392,494.48	3857.00
03	814,831.34	8,392,590.75	3850.00
04	814,535.89	8,392,976.68	3856.10
05	814,541.98	8,393,384.93	3846.20
06	814,501.99	8,393,446.15	3831.35
07	814,589.74	8,393,425.75	3848.20
08	814,612.94	8,393,364.92	3841.10
09	814,798.77	8,393,065.89	3865.50
10	814,846.89	8,392,874.82	3865.95

Estos puntos se muestran en el plano topográfico PT-01 del Anexo A9.

De acuerdo con la grilla respectiva se tiene referenciado en planimetría varios puntos de trazo, como es el eje de la presa, el eje del canal de demasías, el punto de captación, y otras estructuras, que se muestran en los planos respectivos.

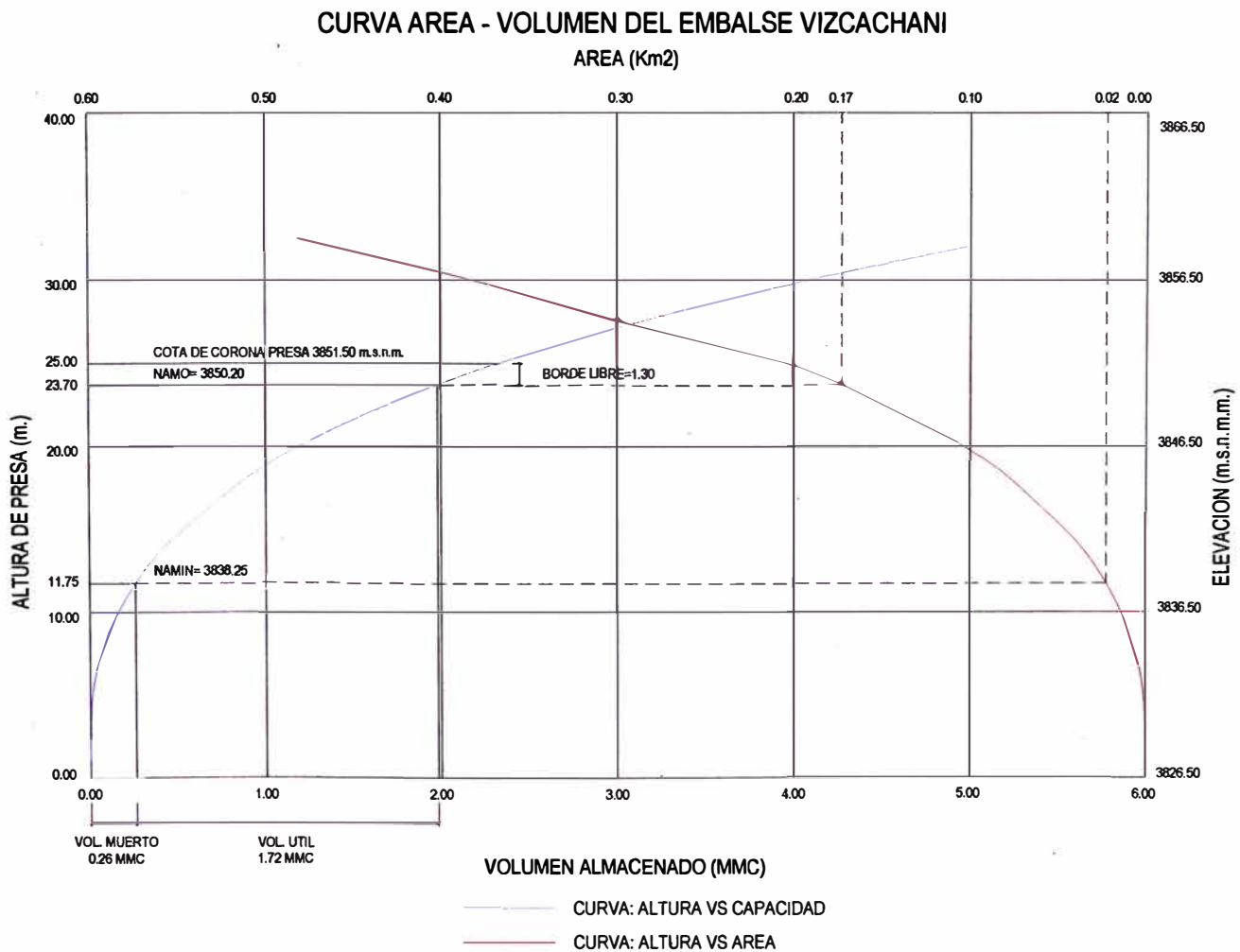
Para el trazado, y luego para el replanteo puesto que los puntos de referencia se ubican dentro del área afectada, será necesario realizar un trabajo de colocación de puntos de estación nuevos, referenciados además con su respectiva altimetría, para el control posterior durante la ejecución de los trabajos.

2.3 DISEÑO HIDRÁULICO DE LA PRESA Y SUS ESTRUCTURAS COMPLEMENTARIAS

2.3.1 Curvas Características del Embalse

A partir del levantamiento topográfico del vaso, con curvas de nivel cada metro se han trazado las curvas Altura .vs. Volumen y Altura .vs. Área.

Figura II.1



De esta figura observamos que el volumen útil de almacenamiento es 1.72 MMC, mientras que el volumen muerto considerado para el diseño es 0.25 MMC.

2.3.2 Vertedero de Demasías

La longitud de cresta del vertedero de demasías es 8.0 m. para un caudal máximo sobre la cresta del vertedero de $Q = 8 \text{ m}^3/\text{s}$

- Carga Hidráulica Sobre el Vertedero

La carga hidráulica se determina de la fórmula:

$$Q = \frac{2}{3} C_d \sqrt{2g} L H^{3/2}, \quad \text{Coeficiente de descarga } C_d = 0.65$$

La carga hidráulica es de $H = 0.65 \text{ m}$

2.3.3 Borde Libre

-

- Carga sobre el vertedero $H = 0.65 \text{ m}$
- Altura de ola debido al viento h_v

$$h_v = 0.00086 V^{1.1} \cdot F_e^{0.45}$$

Donde:

h_v	=	Altura de las olas	
V	=	Velocidad del viento	= 20 m/s
F_e	=	Fetch	= 870 m

Se obtiene: $h_v = 0.49 \text{ m}$.

- Altura de ola debido a sismos h_s

$$h_s = \frac{1}{2} k \cdot t \cdot (g H_0)^{1/2} / p$$

Donde:

H_0	=	23.7 m (altura hasta el nivel del volumen útil)
T	=	frecuencia $\approx 1 \text{ seg}$
k	=	intensidad ≈ 0.15
g	=	aceleración de la gravedad

Se obtiene $h_s = 0.36 \text{ m}$

Para la determinación del borde libre se tiene las siguientes sumas:

$$H + h_v = 1.14 \text{ m}$$

$$H + h_s = 1.01 \text{ m}$$

Se considera un borde libre hasta la cresta de la presa de $F = 1.3 \text{ m}$.

Se escoge este borde libre tomando en cuenta que se construirá un parapeto de concreto armado, de 1 m de altura, en la cresta de la presa. Este parapeto estará anclado en la losa de concreto de 0.3 m de espesor del talud de aguas arriba de la presa. Por otro lado el canal del vertedero de demasías tendrá un muro de concreto cuyo nivel superior coincide con el nivel de la cresta del parapeto. Estas estructuras complementarias darán una mayor seguridad a la presa.

2.3.4 Altura de Presa

Con la ayuda de la curva Altura .vs. Volumen se determina la altura de la presa:

La altura de la presa ha sido determinada tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

Para almacenar el volumen muerto más el volumen útil, que es de 1.974 MMC se necesita una altura hasta la cresta del vertedero de 23.7 m.

La carga sobre el vertedero de demasías es de 0.65m

Para definir la altura total de la presa se considera un borde libre de 1.3 m

A fin de darle mayor seguridad a la presa se construirá un parapeto de concreto armado en la cresta de la presa de 1.0 m de altura. Este parapeto estará anclado a la losa de concreto del talud de aguas arriba, además en la zona de ubicación del vertedero el nivel superior de los muros del canal coincidirán con el nivel superior del parapeto, esto evita cualquier riesgo en el talud de aguas abajo.

Por lo tanto:

Altura de la Presa de Relleno $H = 25 \text{ m}$.

Esta altura da las siguientes cotas:

- Cota de la corona de la presa 3851.5 msnm
- Cota de la cresta del vertedero 3850.2 msnm
- Cota de la cresta del parapeto 3852.0 msnm

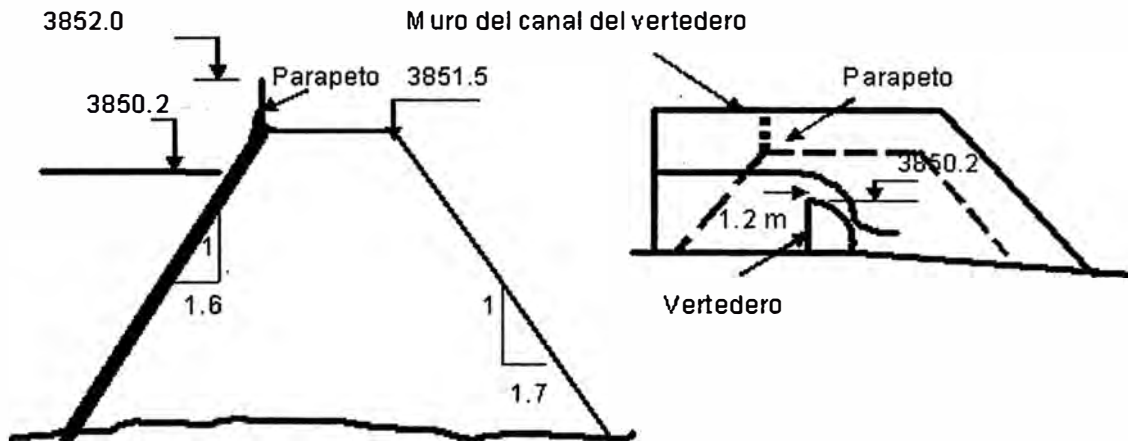


Figura II.2 Esquema Ubicación del Parapeto y Muro del Canal del Vertedero

2.3.5 Ancho de la Corona de la Presa

Según el Bureau of Reclamation:

$$b = (H/5 + 10) \text{ (pies)} \rightarrow b \approx 8.0 \text{ m}$$

Este valor obtenido nos da un orden de magnitud. Por las características del ancho de la boquilla, que es una zona angosta, y dado que la presa de relleno tendrá una cara de concreto de 0.3 m de espesor, y un parapeto de concreto armado, el ancho de corona adoptado es de **6.00 m**.

→ Ancho de la corona de la presa = 6.0 m.

2.3.6 Sistema de Captación y Conducción

El sistema de captación se ubica en la margen izquierda del talud de aguas arriba, el agua captada es conducida por una tubería de polietileno de 16" de diámetro. La tubería se apoya en el talud del cerro de la margen izquierda.

Luego en el talud de aguas abajo, en la margen izquierda, la tubería se divide en dos: Una tubería de 2.15 m de longitud, de 16" de diámetro, que se dirige al canal Orccoma Lara de 0.15 m³/s de capacidad, situado en la margen izquierda de la quebrada Hanccoyoc, otra tubería de polietileno, de 14" de diámetro y 41 m de longitud, que cruzando el cauce seco de la quebrada se dirige a la margen derecha, al canal Vizcachani de 0.18 m³/s de capacidad.

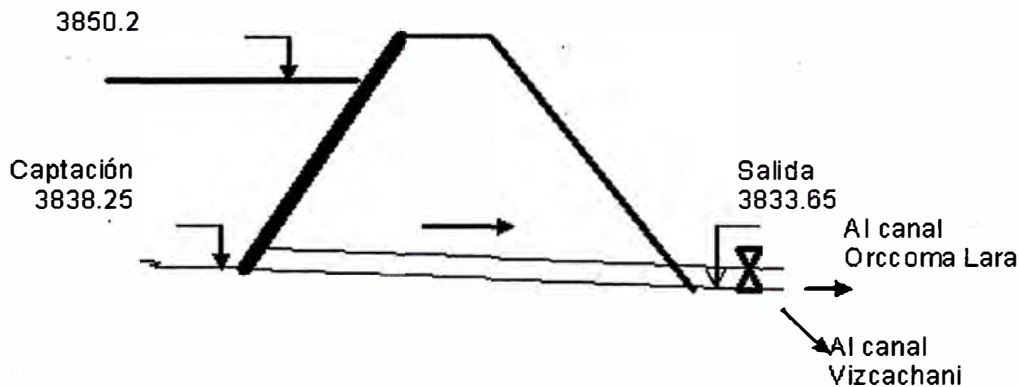


Figura II.3 Esquema del Sistema de Captación

Al final de la tubería principal se tiene una caseta de válvulas donde se ubican tres válvulas tipo mariposa, una válvula principal, otra para el control de flujo al canal Orccoma Lara, y la tercera para el control de flujo al canal Vizcachani. En el tramo donde están ubicadas las válvulas las tuberías son de acero SCH 40.

Para verificar el funcionamiento del sistema se tienen dos condiciones:

- Sistema de captación con un volumen mínimo en el reservorio
- Funcionamiento del sistema de captación a reservorio lleno

Para los cálculos se tiene el siguiente esquema:

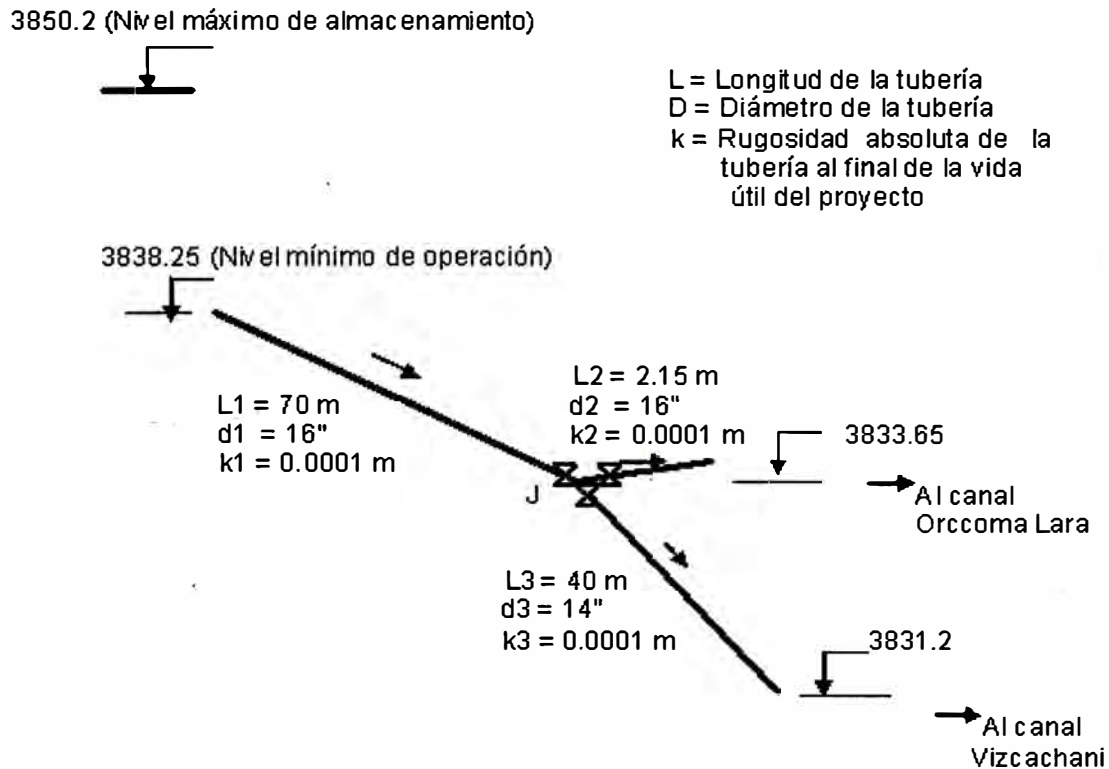


Figura II.4 Esquema Hidráulico del Sistema de Captación

- Pérdidas locales:

La pérdida local se calcula de $h_L = K \frac{V^2}{2g}$

Donde K es el coeficiente del accesorio o singularidad

En cada tubería la suma de los coeficientes K es de:

-Tubería 1: $\sum K = 3.8$ (Válvula completamente abierta, codos y otros accesorios)

-Tubería 2: $\sum K = 5.0$ (Válvula parcialmente cerrada, y otros accesorios)

-Tubería 3: $\sum K = 13.8$ (Válvula parcialmente cerrada, codos y otros accesorios)

En las tuberías 2 y 3 se cierran parcialmente las válvulas, a fin de hacer llegar a los canales sus caudales de diseño

- Pérdidas de carga por fricción

Para el cálculo de las pérdidas por fricción se usa la fórmula de Darcy

$$h_f = 0.0826 f \frac{L}{d^5} Q^2$$

El coeficiente de fricción se calcula de la fórmula de Colebrooke & White

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \text{Log} \left(\frac{k/d}{3.71} + \frac{2.51}{\text{Re} \sqrt{f}} \right)$$

Las tuberías están en transición entre hidráulicamente lisas y rugosas y se obtiene un valor del coeficiente de fricción de $f = 0.016$

a. Sistema de Captación con un volumen mínimo en el reservorio

Considerando que las válvulas de las tuberías que van a los canales están parcialmente cerradas donde:

$$K_2 = 3.4 \quad \text{y} \quad K_3 = 10$$

Es decir la regulación de los caudales para abastecer a los canales de riego se hará con el sistema de válvulas instaladas en la caseta ubicada aguas abajo, en la margen izquierda de la quebrada Hanccoyoc.

Se obtienen los siguientes resultados:

- Cota de energía en el nudo J $E_J = 3834,5$ msnm

Caudales: $Q_1 = 0.42$ m³/s $Q_2 = 0.22$ m³/s $Q_3 = 0.20$ m³/s

Estos resultados indican que con el nivel de cota mínima en la superficie del embalse, llegarán a los canales de riego los caudales de diseño

b. Funcionamiento del sistema de captación a reservorio lleno

En este caso se calculan los caudales máximos que pueden fluir por el sistema cuando todas las válvulas estén completamente abiertas

En este caso las pérdidas locales son:

-Tubería 1: $\sum K = 3.8$ (Válvula completamente abierta, codos y otros accesorios)

-Tubería 2: $\sum K = 1.6$ (Válvula completamente abierta, y otros accesorios)

-Tubería 3: $\sum K = 3.8$ (Válvula completamente abierta cerrada, codos y otros accesorios)

Se obtienen los siguientes resultados:

- Cota de energía en el nudo J $E_J = 3834.9$ msnm

Caudales: $Q_1 = 0.84$ m³/s $Q_2 = 0.49$ m³/s $Q_3 = 0.35$ m³/s

Las válvulas se pueden abrir completamente con el fin de limpiar los sedimentos a la entrada de la captación.

Dado que los canales de riego tienen capacidades de conducción máximas entre 0.15 m³/s y 0.18 m³/s, se colocan vertederos laterales de alivio al inicio de los canales de conducción.

2.3.7 Material de las Tuberías de Captación

Las tuberías son de polietileno de alta densidad.

Para un caudal máximo de 1.2 m³/s, y carga estática de $H = 15.25$ m, y tomando en cuenta las sobrepresiones por el golpe de ariete, las tuberías serán de Polietileno de alta densidad HDPE PN-6.

2.3.8 Válvulas

Las válvulas son tipo mariposa, y sus características son para resistir cargas estáticas de $H = 15.25$ m, y el efecto del golpe de ariete.

Válvulas de hierro fundido, con eje de acero ASTM A 316

Caseta de Válvulas

Con el fin de proteger las tres válvulas del sistema se construirá una caseta de válvulas, las dimensiones de la caseta son

Largo = 4.0 m

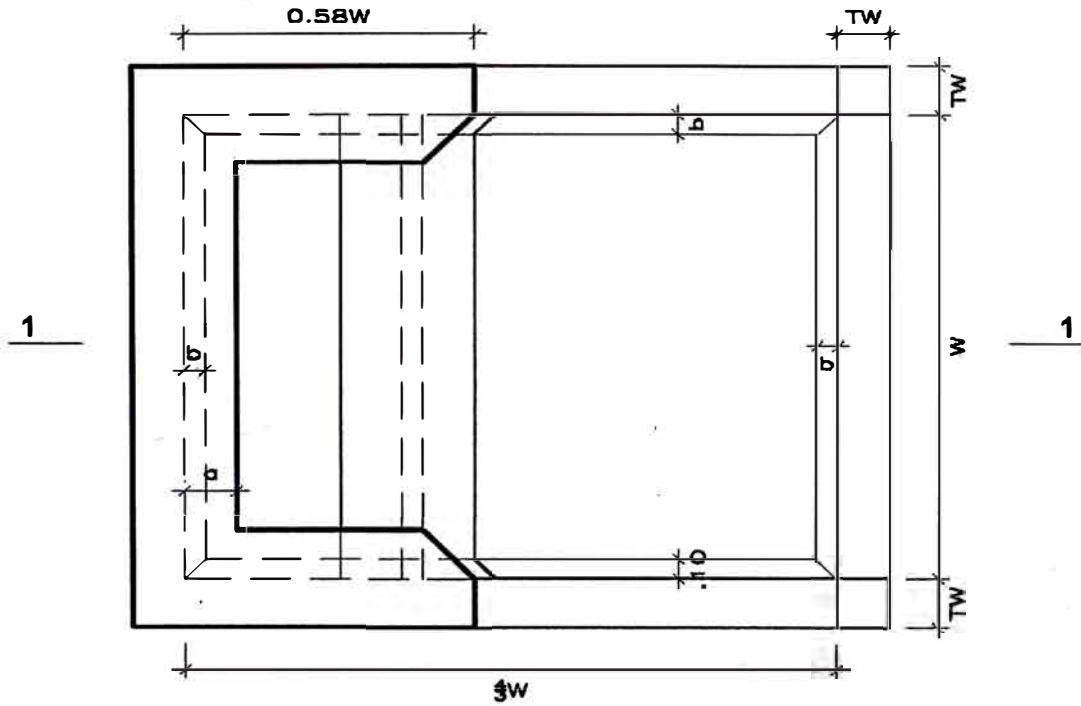
Ancho = 2.5 m

Altura = 2.35 m

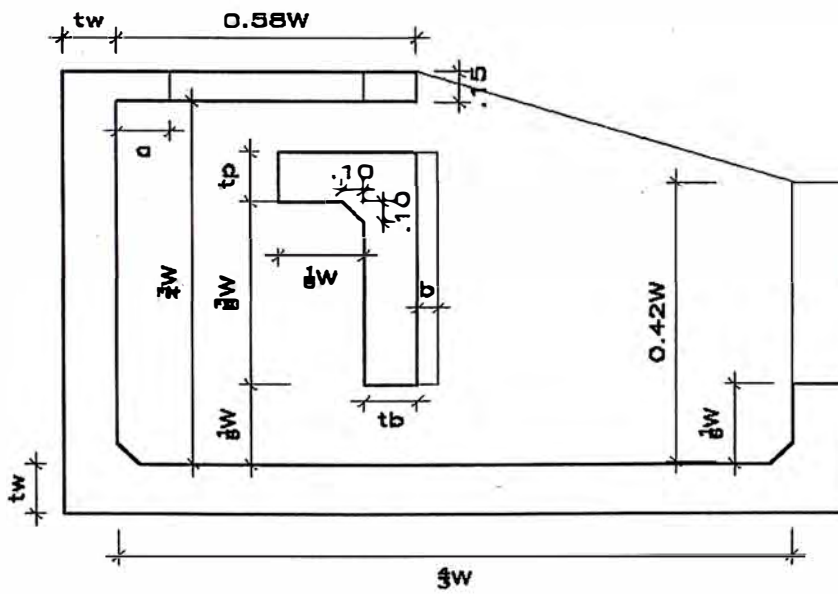
2.3.9 Disipador de Impacto

Cuando el reservorio está completamente lleno y el sistema funciona con las válvulas completamente abiertas, o una combinación de las mismas (cerrado – abierta), es necesario disipar la energía del agua a la salida de las tuberías, para evitar fluctuaciones en la superficie libre de los canales. Por lo tanto antes que las tuberías entreguen los flujos a los canales se coloca un Disipador de impacto.

El sustento del cálculo hidráulico para el disipador de energía de las aguas provenientes de la tubería de servicio, está en los siguientes cálculos y resultados, que fundamentan el diseño del plano respectivo. El diseño del disipador de impacto, es un diseño estándar, y se basa en los diseños y recomendaciones presentados por el U.S. Bureau of Reclamation – Design of Small Canal Structures.



DISIPADOR DE IMPACTO
 PLANTA



DISIPADOR DE IMPACTO
 CORTE 1-1

Figura II.5 Esquema del Disipador de Impacto

A continuación se presentan las dimensiones del dissipador de impacto:

Diseño de Dissipador de Impacto

Cálculo de W:

Caudal $Q = 1,45 \text{ m}^3/\text{s} = 51,21 \text{ ft}^3/\text{s}$
(asumiendo situación máxima)

Entrando al abaco pag. N° 336 USBR

Para $Q = 51,21 \text{ ft}^3/\text{s}$ tenemos: $W = 7,60 \text{ ft}$

es decir $W = 2,32 \text{ m}$ asumimos $W = 2,40 \text{ m}$

Espesor del Concreto:

recomiendan que el $0,15 \text{ m}$ asumimos $0,25 \text{ m}$

Calculo de a, b, c, tw, tf, tb, tp:

Para $Q = 51,21 \text{ ft}^3/\text{s}$ asumimos los siguientes valores:

a =	9	plg =	0,23	asumimos	0,25
b =	3	plg =	0,08	asumimos	0,10
c =	3	ft =	0,91	asumimos	1,00
tw =	8	plg =	0,20	asumimos	0,25
tf =	8	plg =	0,20	asumimos	0,25
tb =	9	plg =	0,23	asumimos	0,25
tp =	8	plg =	0,20	asumimos	0,25

2.3.10 Vertedero Lateral de Alivio

A la salida del dissipador de impacto, y antes del inicio de los canales de irrigación se coloca un vertedero lateral de alivio, a fin de evacuar el exceso de agua que puede estar llegando del reservorio por válvulas completamente abiertas, El exceso de agua regresa a la quebrada Hanccoyoc.

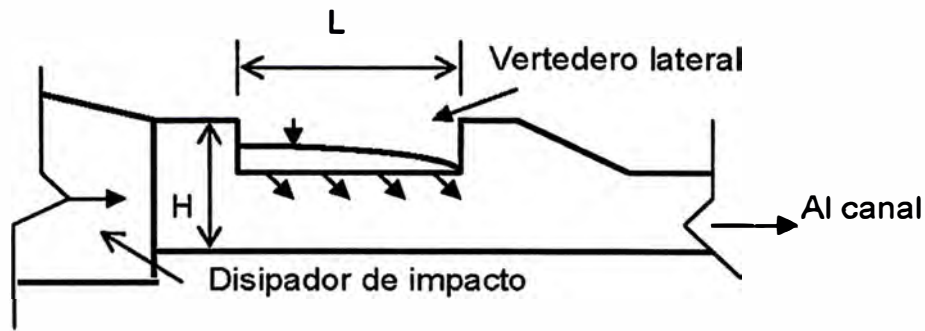


Figura II.6 Esquema del Vertedero Lateral

A reservorio lleno puede llegar a uno de los canales un caudal máximo en promedio de $Q = 1.2 \text{ m}^3/\text{s}$.

Considerando una longitud de vertedero lateral de $L = 3.5 \text{ m}$, se tiene que la carga del vertedero para evacuar un exceso de flujo de $Q_1 = 1.05 \text{ m}^3/\text{s}$ en la zona del canal Orccoma Lara, y de $Q_2 = 1.02 \text{ m}^3/\text{s}$ en la zona del canal Vizcachani se tiene que la carga promedio sobre el vertedero lateral es de $H = 0.33 \text{ m}$.

Por lo tanto:

$$\text{Longitud del vertedero lateral } L = 3.5 \text{ m}$$

2.3.11 Transición al Canal de Servicio Vizcachani

Después del vertedero lateral de alivio se tiene una transición al canal Vizcachani

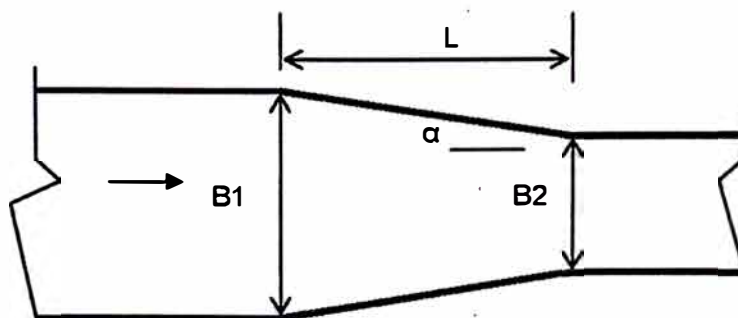


Figura II.7 Esquema de la Transición

Para dimensionar la transición entre el vertedero y el canal de servicio utilizamos la siguiente ecuación:

$$\tan(\alpha) = \left(\frac{\frac{B1 - B2}{2}}{L} \right)$$

Donde $\alpha = 12.5^\circ$ (como máximo); y para este caso en particular:

$$\begin{aligned} B1 &= 2,40 \text{ m} \\ B2 &= 0,60 \text{ m} \end{aligned}$$

reemplazando en la ecuación anterior tendríamos:

$$L = 4,06 \text{ m}$$

Asumimos $L = 4.10 \text{ m}$.

2.3.12 Transición al Canal de Servicio Orccoma Lara

Para dimensionar la transición entre el vertedero y el canal de servicio utilizamos la siguiente ecuación:

$$\tan(\alpha) = \left(\frac{\frac{B1 - B2}{2}}{L} \right)$$

Donde $\alpha = 12.5^\circ$ (como máximo); y para este caso en particular:

$$\begin{aligned} B1 &= 2,40 \text{ m} \\ B2 &= 0,65 \text{ m} \end{aligned}$$

reemplazando en la ecuación anterior tendríamos:

$$L = 3,95 \text{ m}$$

Asumimos $L = 4.00 \text{ m}$.

2.3.13 Canal del Vertedero de Demasías

El caudal proveniente del vertedero de demasías es de $Q = 8 \text{ m}^3/\text{s}$.

Inicialmente el flujo discurre por un canal de concreto AB de sección rectangular de ancho $b = 8.0$ m, longitud $L = 18.9$ m, pendiente $S_o = 0.02$

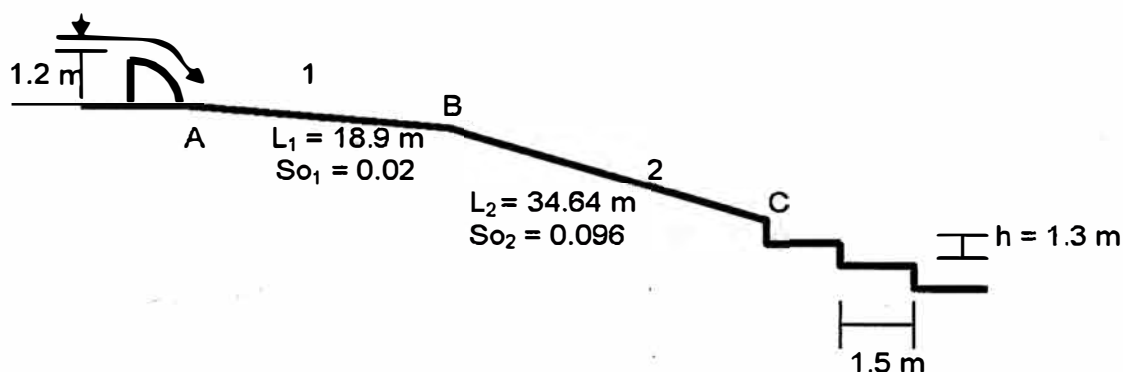


Figura II.8 Esquema del Canal del Vertedero de Demasías

Luego a partir de B se tiene una transición de $B_1 = 8$ m a $B_2 = 5$ m, y pendiente $S_o = 0.096$.

Luego el flujo discurre por un canal de $b = 5$ m, longitud $L = 19.64$ m, pendiente $S_o = 0.096$ hasta el punto C.

A partir del punto C el flujo discurre por gradas de ancho $b = 5$ m, altura promedio $h = 1.3$ m, longitud promedio 5.0 m, hasta su desembocadura en la quebrada Hanccoyoc.

No es necesario construir un dissipador de energía al pie del talud, pues la energía del flujo se va disipando en los escalones

A partir del punto B, el canal se construye en roca perfilada, sin ningún revestimiento.

El tirante normal en el canal AB de concreto, de sección rectangular, se calcula con la fórmula de Manning:

$$Q = \frac{AR^{2/3}S^{1/2}}{n}$$

Donde: $S_o = 0.02$, $n = 0.014$

Se obtiene un tirante de $Y_n = 0.26$ m, este tirante hace que el vertedero de demasías funcione como un vertedero libre.

A partir de "C" el flujo discurre por la ladera del cerro, en un canal construido en un estrato de roca sana. Este estrato está situado 1.0 m por debajo de la superficie del terreno actual. Por lo tanto no hay peligro de desborde del flujo de agua del canal del vertedero.

2.4 CUERPO DE PRESA

La presa es de relleno, con cara de concreto armado en el talud de aguas arriba

Altura	$H = 25$ m
Ancho de corona	$B = 6$ m.
Espesor de la cara de concreto	$e = 0.3$ m

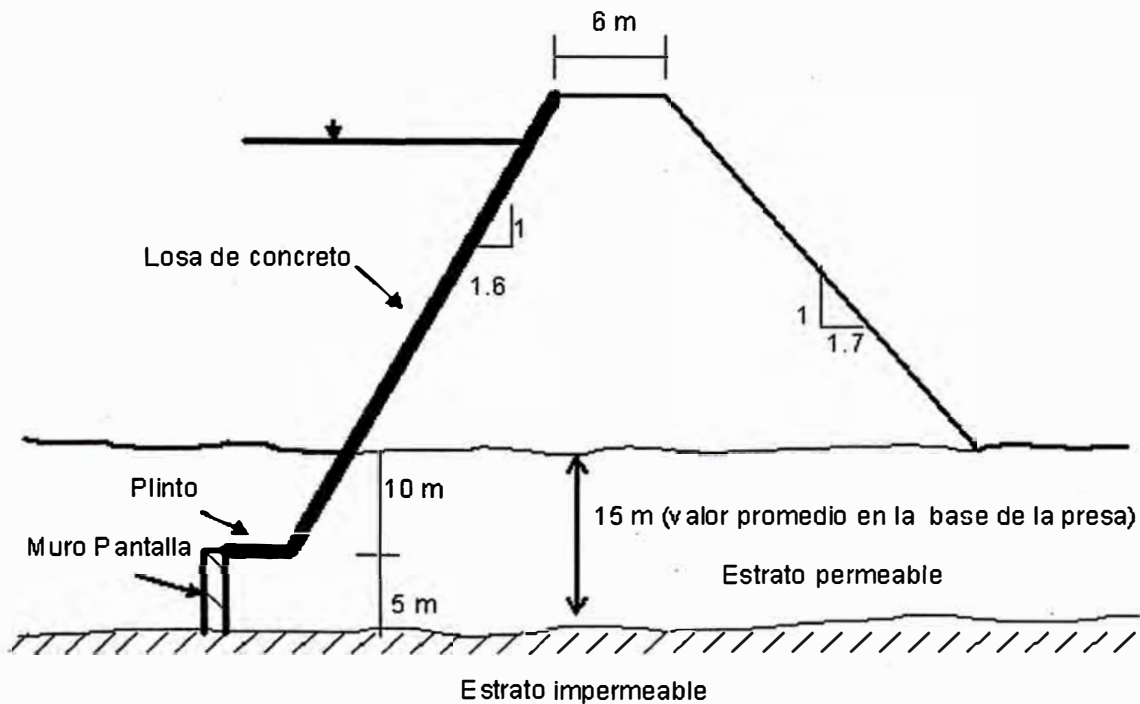


Figura II.9 Sección Transversal de la Presa,
en el Cauce de la Quebrada Hancocoyoc

2.4.1 Material de Relleno y Taludes

El material de relleno se obtiene de canteras situadas en el vaso de la presa. En el Anexo A5 se tiene en detalle el diseño del cuerpo de presa.

El material a utilizar para el cuerpo de presa consiste en un relleno conformado en 80% de grava (Tamaño máximo de 3"), 5% de arena y 15 % de arcilla.

El análisis de estabilidad de taludes para la presa de relleno con cara de concreto en el talud de aguas arriba, indica que los taludes de la presa deben ser:

- Talud de aguas arriba 1 V : 1.6 H
- Talud de aguas abajo 1V : 1.7 H

Las investigaciones de campo nos dan como resultado que existe en el cauce del río, aguas arriba de la presa, material adecuado, en cantidad y calidad, para construir una presa de relleno compactado.

El material de relleno estará compuesto por agregados con las siguientes características:

Grava	Arena	Arcilla
SUCS = GW	SUCS = SP	SUCS = CL
Retiene N° 4 = 66.5%	Retiene N° 4 = 29.0%	LL = 30.64 %
Pasa N° 200 = 0.9 %	Pasa N° 200 = 1.8 %	IP = 8.08 %
LL = NT	LL = NT	
IP = NP	IP = NP	

El tamaño máximo de la grava será de 3"

El Relleno Compactado al 100% de la máxima densidad seca del proctor modificado tiene que cumplir con las siguientes características:

Mezcla	= 80% de grava, 5% de arena y 15 % de arcilla
Retiene N° 4	= 47.2%
Pasa N° 200	= 12.5 %
LL	= 27%
IP	= 7.11%
MDS	= 2.213 gr/cm ³
OCH	= 8.20%

El diseño y el detalle de la Presa, del plinto y el sistema de protección e impermeabilización se indican en los planos DH-03 Y DH-04 del Anexo A9.

2.4.2 Losa de Concreto en el Talud de Aguas Arriba

Con el fin de impermeabilizar la presa se coloca en el talud de aguas arriba una losa de concreto armado de 0.3 m de espesor. La losa continúa en el estrato impermeable hasta 10 m. de profundidad y termina en un plinto.

2.4.3 Lajas de Piedra de Protección en el Talud de Aguas Abajo

El talud de aguas abajo será protegido con lajas de piedra de 0.15 m de espesor, con dimensiones de arista entre 0.3 m a 0.50 m.

2.4.4 Cimentación

Antes de comenzar a colocar el material de relleno, se efectúa una limpieza del terreno eliminando una capa de materias del terreno de 1.0 m de espesor. Las rocas grandes que se encuentran en la zona no se eliminan, pero si deben ser limpiadas de todo material orgánico. Estas grandes piedras pasan a formar parte del cuerpo de la presa. En el esquema siguiente se muestra la ubicación del muro pantalla de concreto ciclópeo.

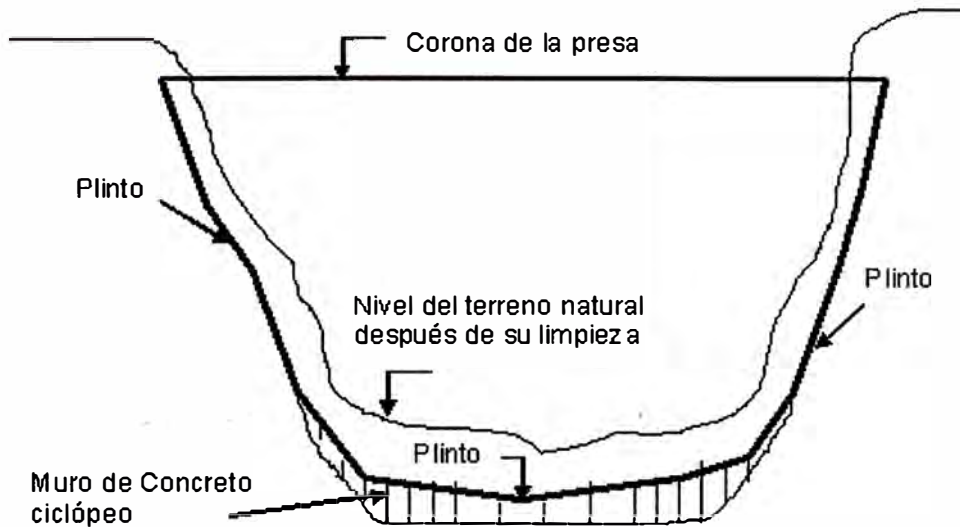


Figura II.10 Esquema de la Sección Transversal de la Boquilla Zona de la Presa

- En la base de la presa, después del plinto se construye un muro de concreto ciclópeo, de aproximadamente 5 m. de altura máxima, hasta llegar al estrato de roca impermeable.
- En los taludes laterales de los cerros, en la boquilla, y en la zona del cuerpo de presa, no existe un estrato permeable de gran espesor, por lo tanto la cimentación termina en el Plinto (ver Plano DH-04 del Anexo A9).

2.5 INSTRUMENTACIÓN

2.5.1 Limnímetros

-
- Con el fin de determinar las cotas de los niveles de agua en el reservorio se coloca un limnómetro, escalera y rampa, en el talud de la margen derecha del reservorio, cerca de la presa. La longitud del sistema es de 53 m.
- Para determinar las cargas sobre el vertedero de demasías se coloca un limnómetro a la altura de la cresta del vertedero. La longitud de este limnómetro es de 1.0 m. (ver Planos DH-27 y DH-28 del Anexo A9).

2.5.2 Piezómetros

Se colocará tres piezómetros en el cuerpo de la presa. (ver Planos DH-27 y DH-28 del Anexo A9).

2.5.3 Controles de Asentamiento

A fin de efectuar estudios de control de asentamientos, se colocará en la presa 08 dados de concreto, con un perno en el centro. Los dados se ubicarán de la siguiente forma: 05 dados en la corona de la presa, y 03 dados en el talud de aguas abajo de la presa, 6.1 m mas abajo que el nivel de la corona de la presa.

El primer año de funcionamiento de la presa el control de asentamientos debe ser cada 30 días.

2.6 MEDIDAS PARA DISMINUIR LOS VOLÚMENES DE SEDIMENTOS TRANSPORTADOS POR EL RÍO

Es muy importante un tratamiento integral de la cuenca de la quebrada Hancayoc, mediante trabajos comunitarios, con el fin de disminuir el transporte de sedimentos, y así incrementar la vida útil de la presa. Estas medidas no están consideradas en el presupuesto, sin embargo se tienen las siguientes recomendaciones:

Se debe dar charlas a las comunidades interesadas sobre la importancia que tiene la conservación de cuencas

Se debe prohibir la quema del ichu y demás pastos naturales

Se debe hacer un estudio integral de la microcuenca a fin de identificar las zonas de mayor producción de sedimentos

En las quebradas tributarias se deben construir pequeños diques transversales de piedra para atrapar los sedimentos, y disminuir la energía de los flujos de escorrentía.

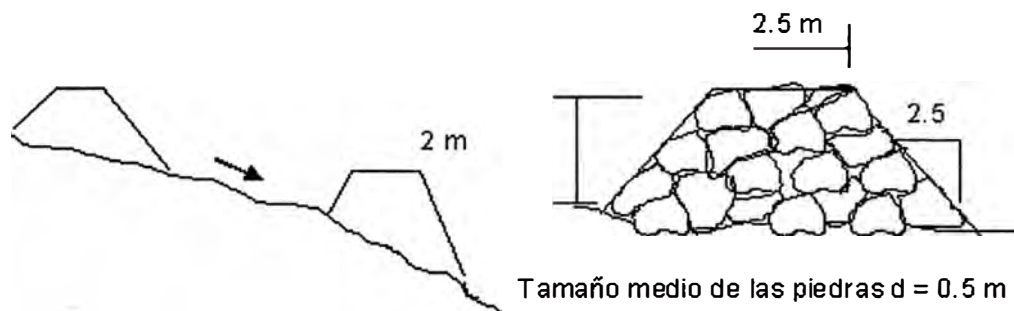


Figura II.11 Esquema de Diques Transversales en Quebradas Tributarias

2.7 CONSIDERACIONES DE ANÁLISIS ESTRUCTURAL

2.7.1 Cara de Concreto Armado en el Talud de Aguas Arriba

Carga vertical Losa Inclinada.

Longitud = 63.87

Ancho = 1 m (para el diseño)

Espesor = 0.30 m

Cuantía de diseño = 0.0018 (losas)

Acero Longitudinal = $0.0018 \times 30 \times 100 = 5.4 \text{ cm}^2$

Usar fierro de 1/2 " @ 0.20 m Longitudinal y Transversal

2.7.2 Plinto

Predimensionamiento de la altura del plinto.

Carga vertical Losa Inclinada.

Longitud = 63.87

Ancho = 1 m (para el diseño)

Espesor = 0.30 m

Peso = $63.87 \times 1 \times 0.30 \times 2.4 = 45.98 \text{ ton.}$

Acero Longitudinal = $0.0025 \times 40 \times 100 = 10 \text{ cm}^2$

Usar fierro de 3/4" @ 0.25 m (en 2 capas espesor > 0.25 m)

Análisis por Fuerza cortante.

Cortante en el extremo del Plinto.

$$\theta = 32^\circ \text{ (ángulo de inclinación de la losa)}$$

$$\text{Fuerza Horizontal} = 45.98 \times \cos(32) = 39 \text{ ton}$$

$$F_u/\phi = 39/0.75 = 52 \text{ ton.}$$

Cálculo de la resistencia al corte del plinto.

$$V_c = 0.5 \times \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d \cdot (1 + 0.0071 \text{ Nu}/A_g)$$

Donde:

$$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$b_w = 100 \text{ cm}$$

$$d = 55 \text{ cm}$$

$$\text{Nu} = 52 \text{ ton}$$

$$A_g = 0.60 \times 1.0 = 0.60 \text{ m}^2$$

Remplazando en la fórmula tenemos.

$$V_c = 41 \text{ ton} > 39 \text{ ton} \quad \text{ok cumple}$$

2.7.3 Parapeto de Concreto Armado en la Corona de la Presa (H = 1.0 m)

Fuerza perpendicular al plano.

Fuerza de sismo en el muro por metro lineal.

$$V = Z \cdot U \cdot C \cdot S / R \cdot P$$

Donde

$$Z = 0.30 \text{ (zona 2)}$$

$$U = 1$$

$$C = 2.5$$

$$R = 6$$

$$S = 1.20$$

$$P = 1.20 \times 0.25 \times 1 \times 2.4 = 0.72 \text{ ton.}$$

$$V = 0.3 \times 1 \times 2.5 \times 1.2 / 6 \times 0.72 = 0.1 \text{ ton}$$

Momento Calculado para un metro de ancho

Modelado como un voladizo.

Momento = $0.10 \times 0.60 = 0.060$ ton-m

$M_u = 1.25 \times 0.060 = 0.075$ ton-m

Cálculo del refuerzo Vertical usando la fórmula del método de rotura.

$$A_s = \frac{M_u}{\phi * f_y * \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$a = \frac{A_s * f_y}{0.85 * f'_c * b}$$

Donde.

$d = 20.5$ cm

$F_y = 4200$ Kg./cm²

$f'_c = 210$ Kg./cm²

$b = 100$ cm

$\phi = 0.90$

$M_u = 0.06$ ton-m

$A_s = 0.07$ cm²

Diseño por Cuantía Mínima.

Refuerzo Vertical.

$\rho_{min.} = 0.0015$

$A_s = 0.0015 \times 25 \times 100 = 3.75$ cm²

Usar fierro de 1/2 " @ 0.30 m

Refuerzo Horizontal.

$\rho_{min.} = 0.0020$

$A_s = 0.0020 \times 25 \times 100 = 5$ cm²

Usar fierro de 1/2 " @ 0.25 m

2.7.4 Diseño de la Caja de Captación

Ancho de la captación = 0.80 m

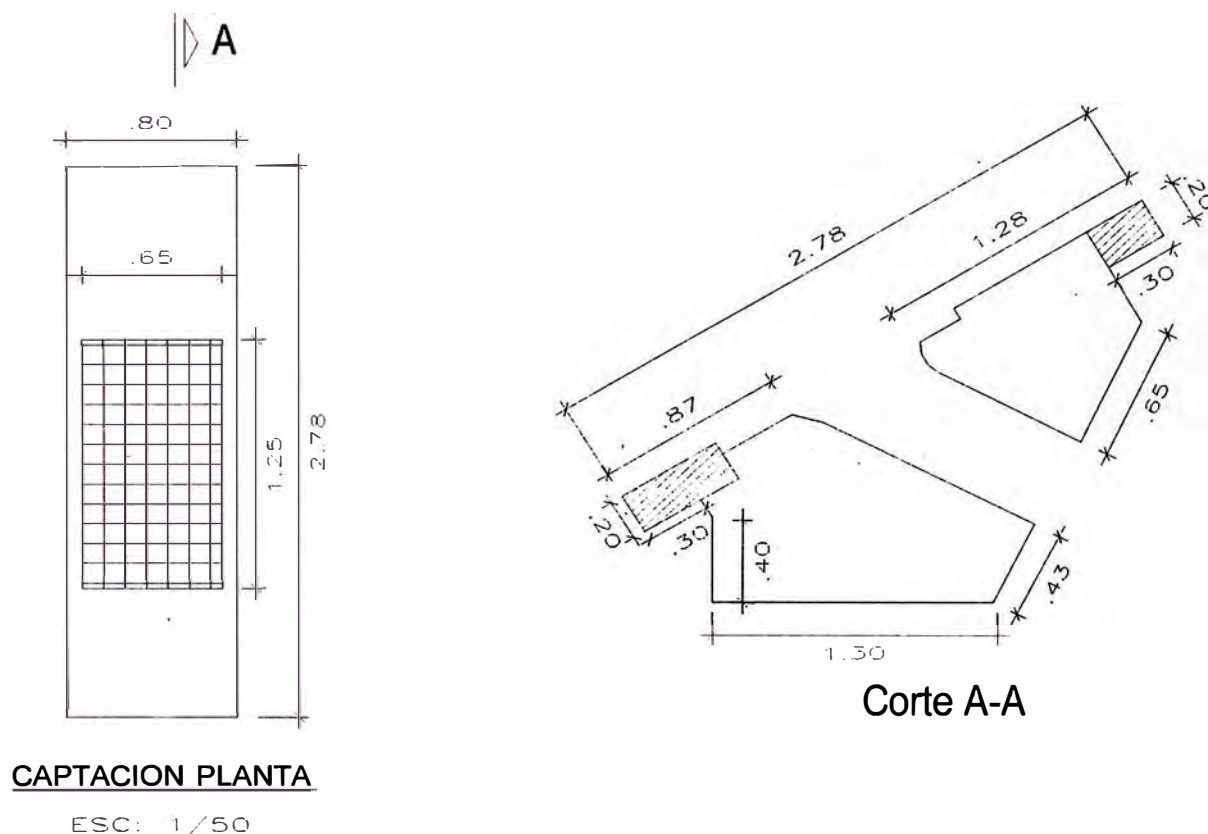


Figura II.12 Esquema de Caja de Captación

Verificación de estabilidad.

Presión Hidrostática.

Profundidad crítica = 12.00 m

Presión Hidrostática = Peso Especifico * Profundidad = 1.0 ton/m³ x 12 m = 12 ton/m²

Fuerza Horizontal = 12*1.45*0.80 = 13.92 ton

Fuerza Vertical = 12*2.35*0.80 = 22.56 ton

Peso del macizo = 4.01 ton

Cuadro II.2: Calculo del Momento Resistente (Mr) – Caja de Captación

	Fuerza ton	Brazo m	Momento (Mr) ton-m
Fuerza Hidros. Horiz	13.96	0.50	-7.0
Fuerza Hidros. Vert.	22.56	1.24	28.0
Macizo	4.01	0.34	1.4
			22.4

$$FSV = \frac{Mr}{Ma} > 1.75$$

Donde:

Mr: 22.40 ton-m

Ma: 7.0 ton-m

FSV= 22.40/7.0 = 3.20 > 1.75 OK cumple

Verificación del ancho de las alas de anclaje (Ver Área Achurada en el corte A-A Mostrado anteriormente)

Fuerza Perpendicular al plano

Fuerza Hidrostática = 12ton/m² * 0.80*2.78 =26.69 ton.

Fuerza Perpendicular al plano = Fuerza Hidrostatica *cos(θ)

Fuerza Perpendicular al plano = 26.69*cos(32°) = 22.63 ton.

Cortante/0.75 = 0.53*raiz(f'c)*a*b = .53*raiz(210)*10*1.6*h

30.17 = 141.89*h

h= 0.25 m

2.7.5 Caseta de Válvulas

Metrado de cargas.

Peso muerto:

Cuadro II.3: Metrado de Cargas – Caseta de Válvulas

	CANTIDAD	LARGO (M)	ANCHO (M)	ESPESOR (M)	PESO (TON)
MURO X	2	4.45	3	0.2	12.82
MURO Y	2	2.5	3	0.2	7.20
LOSA	1	4.45	2.5	0.15	4.01
ACABADOS	1	2.5	3	S/C=0.10t/m ²	0.75
					24.77

Sobrecarga: 0.20t/m²x2.5x3 = 1.50 ton

Carga por Sismo = Peso Muerto + 0.30 x Peso Vivo.

Carga por Sismo = 24.77 + 0.30 x 1.50 = 25.22 ton.

$$V = Z.U.C.S / R * P$$

Donde

Z = 0.30 (zona 2)

$$U = 1$$

$$C = 2.5$$

$$R = 6$$

$$S = 1.20$$

$$V = 0.3 \times 1 \times 2.5 \times 1.2 / 6 \times 25.22 = 3.80 \text{ ton}$$

Cortante en cada muro X:

$$\text{Muro X} : 3.80 / 2 = 1.90 \text{ ton.}$$

$$\text{Muro Y} : 3.80 / 2 = 1.90 \text{ ton.}$$

Diseño por Cortante.

$$V_c = 0.53 \times \sqrt{f'c} \times a \times b = 0.53 \times \sqrt{210} \times 10 \times 1.6 \times .20 = 24.57 \text{ ton} \gg 1.90 \text{ ton.}$$

Diseño por Cuantía Mínima.

Refuerzo Horizontal.

$$\rho_{\text{min.}} = 0.0025$$

$$A_s = 0.0025 \times 20 \times 100 = 5 \text{ cm}^2$$

Usar fierro de 3/8" en 2 mallas @ 0.30 m

Refuerzo Vertical.

$$\rho_{\text{min.}} = 0.0015$$

$$A_s = 0.0015 \times 20 \times 100 = 3 \text{ cm}^2$$

Usar fierro de 3/8" @ 0.30 m

Losa de concreto.

Predimensionamiento:

$$\text{Espesor de la losa} = \text{luz} / 25 = 4.0 / 25 = 0.16 \text{ m}$$

Usaremos espesor de losa = 0.15 m.

Análisis para un ancho de losa armada en dos sentidos:

Cuadro II.4: Análisis – Losa de Concreto

	CANTIDAD	ANCHO (M)	TON/M
LOSA	1	1	0.18
ACABADOS	1	1	0.05
			0.23

Sobrecarga: 0.050 t/m (para un metro de ancho)

$$W = 1.50 * W_d + 1.8 W_l = 1.5 * 0.23 + 1.8 * 0.050 = 0.44 \text{ ton/m}$$

$$\text{Momento Máximo} = W * L^2 / 8 = 0.44 * 42 / 8 = 0.88 \text{ ton - m}$$

Calculó de l refuerzo Vertical usando las formula del método de rotura.

$$A_s = \frac{M_u}{\phi * f_y * \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$a = \frac{A_s * f_y}{0.85 * f'_c * b}$$

Donde.

$$d = 9.5 \text{ cm}$$

$$F_y = 4200 \text{ Kg./cm}^2$$

$$f'_c = 210 \text{ Kg./cm}^2$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$\phi = 0.90$$

$$M_u = 0.88 \text{ ton-m}$$

$$A_s = 2.26 \text{ cm}^2$$

Usar fierro de 3/8" en 2 mallas @ 0.25 m

CONCLUSIONES

1. La presa de Vizcachani será de relleno compactado, con una placa de concreto de 30cm. de espesor en el talud de aguas arriba, ancho de corona de 6.0 m. y una altura de 25.0 m.
2. La capacidad del almacenamiento útil de la presa es 1.72 MMC. cuya finalidad es atender la demanda de agua de 450 Has. de terreno agrícola a través de dos canales de irrigación, el primero situado en la margen derecha de la quebrada Hanccoyoc, con una capacidad de $Q = 0.18 \text{ m}^3/\text{s}$ (Captación Vizcachani) y el segundo situado en la margen izquierda de la quebrada Hanccoyoc, con una capacidad de $Q = 0.15 \text{ m}^3/\text{s}$ (Captación Orccoma Lara).
3. El material de relleno para el cuerpo de la presa será compactado al 100% de la máxima densidad seca del proctor modificado y estará conformado por suelos gravosos bien graduados del vaso de la presa, mezclados en 80% de grava (tamaño máximo de 3"), 5% de arena y 15 % de arcilla; además deberán de cumplir con las siguientes características:

Retiene N° 4	= 47.2%
Pasa N° 200	= 12.5 %
LL	= 27%
IP	= 7.11%
MDS	= 2.213 gr/cm^3
OCH	= 8.20%

4. El análisis de estabilidad de taludes para la presa, indica que el talud de aguas arriba debe ser 1.6 H : 1.0 V, y el talud aguas abajo 1.7 H :1.0 V.
5. Con el fin de impermeabilizar la presa se colocara en el talud de aguas arriba una losa de concreto armado de 0.3 m de espesor, la cual continúa en el estrato impermeable hasta 10 m. de profundidad y termina en un plinto,

- así mismo el talud de aguas abajo será protegido con lajas de piedra de 0.15 m de espesor, con dimensiones de arista entre 0.3 m a 0.50 m.
6. El cuerpo de la presa se cimentara a una profundidad mínima de 1.00 m, a fin cortar los suelos orgánicos, raíces y materiales sueltos.
 7. La excavación necesaria para la construcción del muro de concreto ciclópeo de 5.0 m. de altura y espesor de 1.5 m. se realizará, considerando el mismo talud de la presa es decir 1.6 H : 1.0V y de 1.43 H: 1.0 V, en al excavación hasta la profundidad máxima de 10.00 m.
 8. La presa de vizcachani contempla como estructura complementaria a un sistema de captación en la margen izquierda, un dissipador de impacto, caseta de válvulas, un vertedero demasías de 8 m. de longitud de cresta, situado en la margen derecha, para evacuar un caudal máximo de 8 m³/s, un canal en escalera de 5 m de ancho, construido directamente en roca perfilada para evacuar las aguas provenientes del vertedero y finalmente un parapeto de concreto armado en la corona de la presa, de 1m de altura y 0.25 m de espesor, el cual estará anclado en la losa de concreto del talud de aguas arriba.
 9. Considerando la importancia de la instrumentación en el control del funcionamiento de la presa vizcachani, se ha instalado un limnómetro, escalera y rampa, en el talud de la margen derecha del reservorio cerca de la presa para medir los niveles de agua en el reservorio, así mismo para determinar las cargas sobre el vertedero de demasías se colocara un limnómetro a la altura de la cresta del vertedero. También se ha considera la instalación de 03 piezómetros hidráulicos verticales tipo Casagrande donde los niveles de agua son medidos por un indicador de nivel de agua, adicionalmente a fin de efectuar estudios de control de asentamientos, se colocará en la presa 08 dados de concreto, con un perno en el centro.

RECOMENDACIONES

1. Considerando la escasa información hidrológica que cuenta la zona de estudio y aprovechando su excelente potencial en el aprovechamiento de los vasos naturales existentes en el ámbito, es recomendable instalar una red hidrometeorológica que permita su adecuado conocimiento. Esta red meteorológica, deberá estar equipada con los equipos mínimos como son pluviógrafos, termómetros, evaporímetros, aforos, etc., que nos permita contar con los registros necesarios para realizar el balance hídrico y la operación del embalse.
2. Cada cinco años deben realizarse trabajos de batimetría y topografía de campo para definir volumen real del embalse y controlar el proceso de sedimentación. Para este fin a lo largo del embalse se debe establecer el sistema de secciones permanentes que se controlarán regularmente.
3. Al verificar una escasa vegetación, es recomendable y oportuno concienciar y trabajar en proyectos de manejo integral de cuencas, especialmente en la reforestación y obras de control como diques transversales de piedra para atrapar los sedimentos, y disminuir la energía de los flujos de escorrentía.

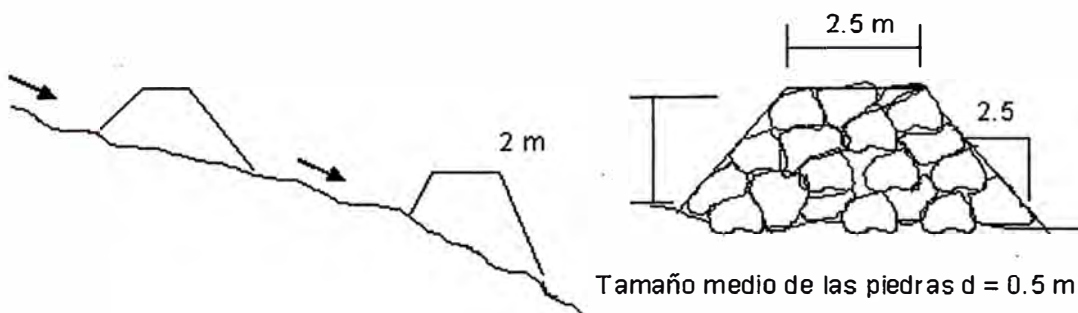


Figura 1 Esquema de Diques Transversales en Quebradas Tributarias

BIBLIOGRAFIA

1. CONSORCIO S y C
ESTUDIO GEOLOGICO
Perú, 2004

2. CONSORCIO S y C
ESTUDIO GEOTECNICO
Perú, 2004

3. CONSORCIO S y C
ESTUDIO DE REFRACCION SISMICA
Perú, 2004

4. PONCE, VICTOR MIGUEL
ENGINEERING HIDROLOGY: PRINCIPLES AND PRACTICES
Edición N° 1, PRENTICE-HALL
New Jersey, U.S.A., 1989

5. PROYECTO ESPECIAL PLAN MERISS INKA
ESTUDIO DE CANTERAS
Perú, 2005

6. PROYECTO ESPECIAL PLAN MERISS INKA
ESTUDIO HIDROGEOLOGICO
Perú, 2005.

7. PROYECTO ESPECIAL PLAN MERISS INKA
ESTUDIO TOPOGRAFICO
Perú, 2005

8. PROYECTO ESPECIAL PLAN MERISS INKA
ESTUDIO VOLUMEN DE SÓLIDOS
Perú, 2005

9. UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR BUREAU OF
RECLAMATION

DESIGN OF SMALL CANAL STRUCTURES

Edición N° 1, UNITED STATES GOVERNMENT PRINTING OFFICE

Denver, 1974

10. UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR BUREAU OF
RECLAMATION

DISEÑO DE PRESAS PEQUEÑAS

Edición N° 1, Compañía Editorial Continental S.A

Argentina, 1966 .

ANEXOS

ANEXO A1

LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

GENERALIDADES

El objeto de la presente etapa del estudio, es realizar el levantamiento topográfico del área del Embalse con curvas de nivel cada metro y a nivel de detalle, el cual servirá para la ejecución de las obras de Construcción de la Presa Vizcachani.

El área del estudio se halla ubicada en la quebrada de Hanccoyoc, de la localidad de Vizcachani, políticamente pertenece al Distrito de Santo Tomás Provincia de Chumbivilcas Región Cusco.

Geográficamente se ubica entre los 14° 27' 30" Latitud Sur 72° 04' 50" y Longitud Oeste de Greenwich y una altitud media de 3830 m.s.n.m. (Ver plano de Ubicación UG-01 en el Anexo A9).

Recopilación de Información

Previamente al inicio del Estudio de Topografía se procedió a recopilar toda la información existente, tanto Cartográfica como Geodésica del área de estudio; sin embargo dichas informaciones no han podido consolidarse debido a la carencia de registros tanto de Instituto Geográfico Nacional (IGN) así como de la Municipalidad del Distrito de Santo Tomás.

Recursos

El personal requerido para la elaboración del estudio fue el siguiente:

- 01 Ingeniero Coordinador de campo
- 01 Técnico Operador de equipo topográfico
- 01 Asistente de topografía
- 05 Operadores de miras y porta prismas

Equipos Topográficos

Los equipos utilizados en campo para la elaboración del estudio fueron:

- 01 Estación Total Topcon.
- 03 Prismas
- 01 Lap top Toshiba
- 01 Nivel.
- 02 Miras.
- 03 Radios de alcance de 1 km.

Materiales

Para la monumentación de los BMs se requirió de:

Agregados: Las canteras se ubican en las playas del riachuelo Hanccoyoc.

Cemento: Adquirido en Santo Tomas.

Agua: Abundante en la zona de estudio.

Estacas: Metálicas llevadas desde Cusco y de madera fabricadas in situ.

Materiales de Oficina y Dibujo

Equipos de cómputo y programas para procesamiento de datos.

METODOLOGIA

Geodesia y Topografía

a) Control Horizontal

Los planos de una determinada área de trabajo, deben ser referidos a la Red Geodésica Nacional, con este propósito se desarrolla, un Control Horizontal que permita determinar puntos de referencia con coordenadas y altura conocida.

b) Observación de Direcciones (Ángulos Horizontales)

La medición de direcciones se efectúa haciendo uso de una Estación Total y con plomada óptica de precisión $\pm 0.5 - 1$ mm, midiendo cuatro reiteraciones por estación y tomándose para ello el promedio de las comprendidas entre los ± 5 segundos con respecto a la media.

c) Medición de Ángulos Verticales

Se observan ángulos verticales recíprocos midiéndose las alturas instrumentales y de señales. Se empleó una Estación Total al segundo, tomándose el promedio de las lecturas, y descartando aquellas que excedieran en ± 10 segundos del menor valor obtenido.

d) Medición de Distancias

Se miden distancias inclinadas entre la Estación Base y los puntos a ser poseionados, utilizándose una Estación Total, tomando como dato definitivo el promedio de 05 mediciones, paralelamente se toman lecturas de información meteorológica (temperatura y presión) las mismas que se utilizan con la finalidad de efectuar correcciones por refracción.

Repitiendo estos pasos en cada estación se relaciona el área de trabajo al sistema de referencia de uso nacional. Posteriormente, se efectúan los cálculos de las coordenadas de los puntos medidos y las líneas azimutales requeridas.

Topografía

Con el propósito de registrar los datos necesarios para ejecutar la representación de los diferentes rasgos naturales y artificiales de la zona de estudio; se realiza un levantamiento topográfico que consiste en medir en forma rápida ángulos y distancias (taquimetría) a los puntos de interés para determinar su posición y cota correspondiente.

Cartografía

Los planos se presentan usando la Proyección Cartográfica Universal Transversa de Mercator, Datum Provisional para América del Sur, La Canoa Venezuela 1956.

Trabajos de Gabinete

Los trabajos de gabinete comprendieron las siguientes actividades:

- a) Revisión de las libretas de Control Horizontal y Cálculos de coordenadas.
- b) Elaboración de cuadros y gráficos
- c) Elaboración y Revisión de planos

RESULTADOS DEL ESTUDIO

Geodesia y Topografía

Control Horizontal

Para determinar los puntos de apoyo que sirvan para dar posición exacta al levantamiento topográfico, se tiene que enlazar la poligonal de apoyo con una Estación Geodésica establecida por el Instituto Geográfico Nacional (IGN).

Como el IGN carece de una Estación Geodésica en el Distrito de Santo Tomás, se procedió de la siguiente manera:

Se tomó información de las coordenadas UTM del Sistema PSAD 56 mediante el GPS para las estaciones "05" y "07" de la poligonal de apoyo (Ver Plano PT-01, del Anexo A9), mediante el cual se orientó el norte magnético. Tomando como coordenada conocida del punto "BM1" y después de haber medido la distancia entre los puntos 05-07, se ubicaron las coordenadas correspondientes, para luego trasladarlas a los puntos de apoyo.

En el Cuadro A1.1 se muestran las coordenadas de las estaciones mencionadas en el Sistema PSAD-56.

Cuadro A1.1
Coordenadas – Estaciones de Partida

Estación	Este (m.)	Norte (m.)	Elevación (m.s.n.m.)
BM1	814501.99	8393446.15	3831.01
05	814541.98	8393384.93	3846.20
07	814589.74	8393425.75	3848.20

Llegando a determinar un azimut de partida de: 310° 31' 04"

Topografía

Se realizó el levantamiento topográfico de las zonas adyacentes al área de interés utilizando una estación total, levantando planimétricamente por el método mixto (ángulo y distancia).

Trabajos de Gabinete

El procesamiento de la información topográfica se realizó con el software Autocad Land 2004, el cual es un programa asistido por computadora que trabaja con el entorno del Autocad, en cuanto a la metodología del programa, la describimos a continuación:

Se importa al programa Autocad Land la información topográfica.

Seguidamente se procede a generar las curvas de nivel mediante una triangulación de los puntos, tomando como criterio para la unión la mínima distancia entre dichos puntos.

Se genera el enmallado y orientación al Norte Magnético.

Compensación y Cálculo de Coordenadas Planas UTM de los Puntos de Control Horizontal y Vertical (BM y Poligonal de Apoyo).

Luego de realizar las compensaciones y cálculos en gabinete, se muestran en los cuadros A1.2 y en los planos T-01 las coordenadas planas UTM en el sistema PSAD 56 los puntos de control Horizontal y Vertical.

Cuadro A1.2
Coordenadas de la Poligonal Base de Apoyo

Estación	Este (m.)	Norte (m.)	Elevación (m.s.n.m.)
01	815,213.99	8,392,425.99	3857.15
02	814,883.72	8,392,494.48	3857.00
03	814,831.34	8,392,590.75	3850.00
04	814,535.89	8,392,976.68	3856.10
05	814,541.98	8,393,384.93	3846.20
06	814,501.99	8,393,446.15	3831.35
07	814,589.74	8,393,425.75	3848.20
08	814,612.94	8,393,364.92	3841.10
09	814,798.77	8,393,065.89	3865.50
10	814,846.89	8,392,874.82	3865.95

ANEXO A2 HIDROLOGIA

INTRODUCCION

El contenido del presente estudio, tiene como finalidad determinar las características hidrológicas más importantes, de la microcuenca que corresponde a quebrada del riachuelo Hanccoyoc, el que se proyecta represar como parte del proyecto de irrigación Santo Tomás.

Para cubrir la demanda del proyecto, se ha visto por conveniente optimizar las aguas de escurrimiento superficial, provenientes de las precipitaciones pluviales, durante la época de lluvias (al no existir escurrimiento de importancia en periodo de estiaje), las cuales se almacenarán en el vaso existente, a través de la construcción de un dique, ubicado en la boquilla y/o garganta del vaso de la quebrada Hanccoyoc (sector denominado Vizcachani).

Como en la mayoría de las subcuencas y microcuencas del río Apurímac, la escasa existencia de información hidrometeorológica, hace que en el presente estudio se recurra a métodos estadísticos y probabilísticos para evaluar y cuantificar los diferentes parámetros hidrometeorológicos (principalmente los relacionados con el escurrimiento superficial) y resolver los requerimientos necesarios para estimar el balance hídrico del proyecto, y contar con parámetros para el diseño de las obras hidráulicas.

La información base lo constituyen los registros de las diferentes estaciones administradas por SENAMHI (datos hidrometeorológicos de cuencas adyacentes al proyecto).

OBJETIVOS

Determinar e identificar el proceso hidrológico de la microcuenca Hanccoyoc, para determinar sus principales características hidrológicas, magnitud y volumen del mismo en el estado actual y futuro; así como del uso y destino

que se le dará al recurso hídrico en el proyecto de irrigación Santo Tomás.

Además, como resultado del presente estudio, se tendrán determinados los parámetros hidrológicos más importantes para la formulación del proyecto de irrigación Santo Tomás, los mismos que serán empleados en los diseños de las obras hidráulicas de la presa, captaciones y canales que se plantean ejecutar en el proyecto.

HIDROLOGIA DEL PROYECTO

Hidrográficamente la cuenca del estudio pertenece a la Vertiente del Atlántico, Cuenca del Ucayali. Tiene como cuenca mayor la cuenca del río Apurímac, cuenca mediana a la cuenca alta del río Apurímac y como Subcuencas a Santo Tomás, Livitaca y Velille.

1.1 La Cuenca

La zona en estudio hidrográficamente forma parte de la cuenca del río Santo Tomás, subcuenca de río Tucuquire y microcuenca del río Hanccoyoc, ubicados en el distrito de Santo Tomás, comprendida entre los 3.700 m.s.n.m. (zona de las áreas de cultivo) y los 4.600 m.s.n.m. (punto mas alto de la microcuenca Hanccoyoc).

- Microcuenca Hanccoyoc

El área de influencia hasta la ubicación del dique es de 24.69 Km², su altitud media está ubicada en 4.141 m.s.n.m, geográficamente su centroide está en 14°32'53" Latitud Sur y 72°04'21" Longitud Oeste.

Morfológicamente está emplazada en la geoforma denominada "Altas Cumbres", que se caracteriza por presentar picos pronunciados y colinas con pendientes fuertes, que disminuyen en zona aledañas al vaso. El punto más alto se ubica en el cerro Quirhuiri (señal geodésica) a 4.600 m.s.n.m, siendo el punto más bajo la zona de la boquilla del dique a 3.826,52 m.s.n.m (sector de Vizcachani). La pendiente media evaluada de la cuenca es de 302 m/Km (criterio de Alvord), y la longitud del curso principal 12,5 Km.

El sistema de drenaje, está constituido principalmente por 3 quebradas: Cacarahue, Huarccaya y Pucuchala, los cuales al confluir sus acuíferos, forman el río Hanccoyoc. De acuerdo a las observaciones de campo y análisis de las quebradas afluentes, la quebrada Huarccaya es de mayor extensión y la que más aporta en rendimiento hídrico y gasto sólido o de arrastre en la microcuenca (Ver Plano IH-01 en el Anexo A9).

La precipitación promedio anual en la microcuenca, de acuerdo a la regionalización de datos pluviométricos de estaciones cercanas, alcanza a 940.82 mm, presentándose lluvias intensas especialmente de diciembre a marzo. Los parámetros geomorfológicos, fisiográficos e hidrológicos, se observan en los cuadros A2.18 y A2.19.

- Ecología

• Zonas de Vida Natural

Para aproximarnos a la realidad ecológica de la cuenca, se utilizó el Mapa Ecológico del Perú (ONERN, 1976; Holdridge, 1956) y el estudio realizado por la ONERN ¹ (1986), en las zonas altoandinas del departamento del Cusco.

La caracterización ecológica del área de estudio, así como la información climática y de vegetación de la cuenca y la interrelación entre ambas, permite la delimitación de ecosistemas homogéneos (zonas de vida), así como las interrelaciones biológicas de los mismos, con énfasis en las actividades humanas.

Los resultados obtenidos como consecuencia de la aplicación del método, permite una caracterización rápida de una determinada área, sobre la base de la cual se pueden establecer escenarios para el desarrollo de las actividades: agrícola, pecuario y forestal de la zona, también sirve como complemento a estudios edafológicos, de cobertura vegetal y orientar las políticas de ocupación humana.

1.2 Clima

La descripción general de los registros climatológicos de temperatura, humedad relativa, duración diaria de la radiación, velocidad de viento, evaporación, precipitación media mensual, etc, se explicarán más adelante; dicha información proporcionará una idea clara de las condiciones climatológicas predominantes en las zonas de interés del estudio.

En el cuadro A2.15 se presenta un resumen de las variables climáticas

¹ ONERN, 1986. Diagnóstico de los Recursos Naturales en la Zona Altoandina - Departamento del Cusco.

utilizadas para el ámbito del proyecto.

Información Disponible

La información utilizada en el presente estudio, proviene de los registros oficiales, para diferentes períodos, del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) Cusco, las cuales han sido utilizadas en estudios hidrológicos de diferentes proyectos ejecutados por PLAN MERISS – INKA.

La relación de las estaciones utilizadas; se muestran en el cuadro A2.1.

Temperatura

En el estudio y análisis de la temperatura, se consideran las estaciones seleccionadas en el cuadro A2.16; las cuales, al ser regionalizadas mediante ecuaciones de regresión simple $T = f(H)$, se obtienen relaciones lineales para la temperatura media, mínima y máxima mensual y anual. Las relaciones (1), (2) y (3) siguientes han sido obtenidas de este análisis:

- **Temperatura Media Mensual y Anual**

La relación (1) para la temperatura media anual es la siguiente:

$$T = 37,41 - 0,00754 \times H \quad r = 0,99 \quad (1)$$

Donde:

T	:	Temperatura media mensual y anual en °C
H	:	Altitud en m.s.n.m.
r	:	Coefficiente de correlación

Aplicando la relación (1), la temperatura media anual para las áreas de cultivo del proyecto alcanza a +8,95 y para la microcuenca Hanccoyoc de +6,05°C.

- **Temperatura Mínima Media Mensual y Anual**

La ecuación de regresión, que corresponde a la temperatura mínima media anual, es la siguiente:

$$T = 23,74 - 0,00585 \times H \quad r = 1,00 \quad (2)$$

Donde:

T	Temperatura mínima media mensual y anual en °C
H	Altitud en m.s.n.m.
r	Coefficiente de correlación

De la aplicación de la ecuación de regresión (2), las temperaturas mínima media anual para las áreas de cultivo es de $-1,68^{\circ}\text{C}$ y para la microcuenca Hancocoyoc $-0,58^{\circ}\text{C}$.

El proyecto, de acuerdo al análisis regional se caracteriza como zona frígida, siendo el período más frígido entre los meses de mayo a julio, con presencia de heladas fuertes.

- **Temperatura Máxima Media Anual**

La ecuación (3) de regresión calculada es la siguiente:

$$T = 47,12 - 0,00817 \times H \quad r = 0,95 \quad (3)$$

Donde:

T	Temperatura máxima media mensual y anual en °C
H	Altitud en m.s.n.m.
r	Coefficiente de correlación

En el cuadro A2.16 se muestra el análisis regional para las temperaturas máximas medias mensuales.

Humedad Relativa

La humedad relativa, como parámetro tiene una fluctuación estacional muy pequeña en la zona de interés. La estación (CO) de Paruro ubicada a 3.084 m.s.n.m. es tomada como estación base para el presente estudio.

El valor medio anual es de 68,44%, el valor medio mensual máximo de 74,0% corresponde a febrero y el mínimo 64,0% a octubre. Los valores diarios de la humedad por lo general siguen los ciclos de la temperatura. En el día la humedad es baja, mientras que en la noche la humedad tiende a aumentar como consecuencia de las temperaturas bajas predominantes en alturas superiores a los 3.000 m.s.n.m.

En el cuadro A2.15 (variables climáticas) se ve la variación mensual y la media anual de la humedad relativa.

Horas de Sol Mensual

En zonas por arriba de los 3.000 m.s.n.m., donde la precipitación se hace más notable, la variación de la duración diaria de la radiación solar alcanza valores entre 4 y 6 horas diarias.

En la zona de estudio, la duración diaria de las horas de sol ha sido tomada de las estaciones (CP) K'ayra y Perayoc, pertenecientes a la cuenca del río Vilcanota y la estación (CP) de Abancay, correspondiente a la cuenca de Apurímac; las cuales al promediarlas dan los resultados que se muestran en el cuadro A2.15, donde el mes con más horas de sol, corresponden a julio con 246,97 hr y el mes más bajo a febrero con 133.30 hr.

Velocidad del Viento

La estación (CP) de Angostura, es considerada estación base, por presentar las condiciones geográficas, características morfológicas y físicas similares al del proyecto. La velocidad del viento registrada en la estación base, a las 13 horas, da un valor máximo medio mensual de 6,4 m/s; el valor mínimo de 3,8 m/s, los vientos predominantemente soplan en dirección de Sur – Oeste y

ocurren a partir de las 13 hasta las 17 horas; soplando el resto de horas del día en forma constante un promedio diario de 3 m/s (ver cuadro A2.15).

Una vez más se incide, que la falta de estaciones que registran este tipo de parámetros es escaso; por lo que nos conllevan a utilizar registros de estaciones muy distantes a las zonas de estudio, con la posibilidad de cometer errores en su cuantificación real.

Evaporación

Los registros utilizados para la zona de estudio, corresponden a las estaciones de Acomayo, Anta, K'ayra, Paruro y Sicuani. Cuyo análisis se encuentran en los cuadros A2.28 al A2.33.

El promedio anual alcanza un valor de 1.173,23 mm, siendo el máximo valor de 124,25 mm, registrado en el mes de agosto y el mínimo de 62,56 mm en el mes de febrero.

- Factor de Relación Entre Evaporación Media y de Reservorio

Existen muchos métodos para el cálculo de la evaporación, nomogramas, fórmulas empíricas, etc., las cuales para su aplicación requieren de parámetros meteorológicos adicionales, con cuyos registros como se explicó anteriormente no se cuentan en la zona del proyecto, haciendo que las fórmulas más complejas se hagan vulnerables por la falta de consistencia en los datos base. El método más común, lo constituyen los evaporímetros, a cuyos registros se le afectan por coeficientes de corrección, el cual esta en función de las características del instrumento.

Los registros de evaporación que obtiene el SENAMHI, son a través del evaporímetro de Piché (del tipo tanque flotante). Las tasas de evaporación registradas con dicho instrumento se consideran como máximas, aplicando a dichas tasas coeficientes de reducción, se puede deducir los valores más probables. Para la zona de estudio los registros de evaporación con instrumento Piché han sido transformados a Tanque Clase A (U.S. Weather

Bureau) a través del coeficiente de reducción $C_1 = 0,88$ (utilizado en múltiples estudios hidrológicos). Asimismo para hallar la evaporación de los embalses propuestos, se emplea un coeficiente anual de $C_2 = 0,70$ (recomendado por muchos autores).

La evaporación simulada para un reservorio natural a partir de los registros de un instrumento Piché resulta ser la relación (4) siguiente:

$$\begin{aligned} C_m &= C_1 \times C_2 \\ E_r &= C_m \times E_m \end{aligned} \quad (4)$$

Donde:

E_r	:	Evaporación real en la laguna
C_m	:	Coficiente de reducción de Piché
E_m	:	Evaporación media

- Pérdida por Evaporación de Embalses

Es conocido, que las pérdidas por evaporación son mayores si las superficies son inundadas. Este aumento de evaporación corresponde a la diferencia entre la actual evapotranspiración (antes del represamiento) y la evaporación desde la superficie líquida del reservorio.

En la zona de estudio, la evapotranspiración pre – existente al reservorio, puede expresarse en forma más simple mediante la relación (5) siguiente:

$$E_i = P_i \times (1 - C_e) \quad (5)$$

Donde:

E_i	:	Evapotranspiración (mm)
P_i	:	Precipitación (mm)
C_{ei}	:	Coficiente de escorrentía
i	:	Índice mensual

Para el análisis de la evaporación real de la laguna se asume la relación (6) lineal siguiente:

$$E_R = C_m \times E_m \quad (6)$$

Donde:

- E_m : Evapotranspiración real desde el reservorio (mm)
- C_m : Coeficiente Piché C_1 * Tanque Clase A Pan $C_2 = 0.70$
- E_m : Evaporación medida (mm)

El incremento de las pérdidas por evaporación como consecuencia del embalsamiento inicial en la laguna puede desarrollarse combinando las fórmulas (5) y (6), que da como resultado final la ecuación (7), que servirá para la obtención de la evaporación neta.

$$E_{Ni} = C_m \times E_{mi} - (1 - C_i) \quad (7)$$

Donde:

- E_{Ni} : Evaporación neta (mm)
- P_i : Precipitación mensual (mm)
- C_i : Coeficiente de escorrentía mensual
- C_m : Coeficiente Piché $C_1 = 0,62$ * Tanque Clase A Pan $C_2 = 0,70$
- E_{mi} : Evaporación medida (mm)

La evaporación real para el embalse de la laguna, se obtiene considerando que los registros se efectuaron con evaporímetro Piché, afectando los valores medidos con un coeficiente igual a 0,616. Los resultados del análisis realizado, con relación a la variación mensual se muestran en el cuadro A2.33

1.3 Precipitación

La precipitación como parámetro muy importante en la hidrología, se origina parcialmente por las corrientes húmedas que suben a través de la evaporación a la atmósfera, donde las temperaturas predominantes son frías, lo que hace provocar la caída de las lluvias, por efecto del enfriamiento brusco de este.

Las lluvias por encima de los 3.500 a 5.000 m.s.n.m. pueden ser de características sólidas o líquidas, evidenciando a mayores alturas precipitaciones generalmente sólidas.

La época húmeda con mayores precipitaciones se da entre los meses de diciembre a marzo, siendo los meses de abril y noviembre los meses de transición; mientras la época de secas corresponde a los demás meses del año.

En la microcuenca de interés, no existen registros de lluvias, por este motivo, para estimar las precipitaciones en la zona en estudio, fue necesario recurrir a la información de estaciones ubicadas en la cuenca del río Apurímac y cuencas vecinas, que registren parámetros hidrometeorológicos, debido a esta limitación se han considerado a las estaciones de: Angostura, Acomayo, Antabamba, Caylloma, Livitaca, Paruro, Tintaya y Yauri siendo consideradas como estaciones índice a las estaciones de Angostura, Antabamba y Yauri, que son las que más influencia tiene en el ámbito del proyecto.

Fuente de Información

La selección de las estaciones que registran este parámetro, se encuentra ubicadas en la cuenca del río Apurímac; las estaciones meteorológicas en general, presentan registros de lluvias en el período 1.964 – 2.001, que en su mayoría tienen registros discontinuados en varios años y otras que dejaron de funcionar por motivo desconocido. A efectos de contar con información de referencia la Estación Santo Tomás ubicado en el distrito de Llusco, a 3.200 m.s.n.m. cuenta con registros a partir del año 1.999 los cuales son considerados insuficientes para ser considerado como estación índice.

Revisión y Extensión de los Registros

La revisión, análisis y extensión de la información pluviométrica de las estaciones consideradas, fueron evaluadas mediante el software para hidrología HEC4 del Hydrological Engineering Center.

Análisis Regional de la Precipitación

Para la obtención de la ecuación de regresión de precipitación regional general, se correlacionaron la altitud de las estaciones seleccionadas con la precipitación media anual resultando después del análisis regresión la ecuación (8) siguiente:

$$P^2 = 1,63 E+06 - 246 x H \quad r = 0,97 \quad (8)$$

Donde:

P	:	Precipitación en mm
H	:	Altitud en m.s.n.m.
r	:	Coefficiente de correlación

Por otro lado para la extensión de registros a los puntos de interés del proyecto, se ha procedido sobre la base de los datos completados mediante el software HEC4 (cuadros A2.4 al A2.11) y la obtención de ecuaciones de influencia (en base al cálculo de los factores de influencia altitudinal y geográfica de las estaciones índice consideradas), generar datos para el área de los cultivos y la microcuenca Hanccoyoc, ver cuadros A2.12 y A2.13).

El período de registros generados de precipitación media mensual y anual para las zonas de interés son de 38 años, período entre (1964 - 2001).

Distribución Estacional de las Precipitaciones

La precipitación media mensual generada para las áreas de cultivo y la microcuenca Hanccoyoc presentan variaciones notables en su volumen durante el año. Estas variaciones, generalmente son estacionales, resaltando la época húmeda con precipitaciones que comienza en el mes de diciembre a marzo, continuando una época de transición que son los meses de abril y noviembre; llevándose a cabo la época de secas de mayo a octubre.

1.4 Escorrentía

Para el análisis de la escorrentía en las zonas de interés (microcuenca Hanccoyoc), así como los afluentes a la misma, se realizaron aforos durante el período de 1.999 - 2.001, esta información de registros hidrométricos registrados resulta reducida.

Empleando la metodología precipitación – escurrimiento y la utilización del modelo “Generación de Caudales Mensuales para la Sierra Peruana”, se obtuvieron las series sintéticas de los caudales medios mensuales y anuales del período (1.964 – 2.002) para las zonas de interés. Ver cuadro A2.26

Información Existente

Dentro del ámbito del estudio, no se cuenta con registro alguno de información hidrométrica de sus ríos y manantiales, ni controles de niveles de agua en las lagunas; los únicos registros puntuales de información hidrométrica que existen, son los realizados por Plan Meriss, que por necesidad de contar con registros hidrométricos de las principales fuentes hídricas de interés ha efectuado aforos puntuales durante los años 1.999 al 2.002.

Generación de Información

La estimación teórica de los caudales medios mensuales se desarrolló empleando el método matemático estocástico “Precipitación Escurrimiento”, utilizando el modelo Markoviano del tipo I. “Generación de Caudales en la Sierra Peruana”, desarrollada en 1980 por la Misión Técnica Alemana, como parte de un convenio con el Programa Nacional de Pequeñas y Medianas Irrigaciones.

Este método genera caudales para periodos extendidos, empleando la información de precipitación previamente analizada y las características físicas de las cuencas; así como la utilización de las fórmulas empíricas del modelo, dando como producto la información básica para la Generación de

Caudales para el año promedio.

Con la información básica y los caudales para el año promedio se toman los valores del caudal actual Q_t como valor dependiente, el caudal anterior Q_{t-1} y la precipitación efectiva PE_t como valores independientes. Con estas variables se realiza una regresión múltiple para obtener los parámetros estadísticos B_1 , B_2 , B_3 , S y r , los mismos que dan origen a la ecuación (9) siguiente:

$$Q_t = B_1 + B_2 \times Q_{t-1} + B_3 \times PE_t + Z \times S \sqrt{1 - r^2} \quad (9)$$

Donde:

Q_t	:	Caudal del mes actual (m^3/s)
Q_{t-1}	:	Caudal del mes anterior (m^3/s)
PE_t	:	Precipitación efectiva (mm)
B_1, B_2 y B_3	:	Parámetros estadísticos
S	:	Desviación de los residuos
r	:	Coefficiente de correlación
Z	:	Número aleatorio con media igual a cero y desviación estándar igual a uno (0, 1).

A esta ecuación (9) también se le conoce con el nombre de proceso Markoviano de primer orden, que a su vez, es la generadora de los caudales medios mensuales para períodos extendidos.

Generación de Caudales (Desarrollo de la Metodología)

La metodología antes descrita, consiste en:

- Completación de registro de precipitaciones de las estaciones índice Angostura, Antabamba, Acomayo, Caylloma, Livitaca, Paruro, Tintaya y Yauri (ver cuadros A2.4 al A2.11)
- Cálculo de los factores de influencia altitudinal y geográfico de las estaciones índice con respecto a las estaciones en estudio – microcuenca Hancocoyoc y las áreas de cultivo de los 2 subsistemas propuestos (ver cuadro A2.3).

Se somete a las precipitaciones de las estaciones índice a un análisis de Doble Masa con sus gráficos respectivos (ver cuadros A2.14.a y A2.14.b)
Generación de precipitaciones en la microcuenca en estudio, a través de las ecuaciones de influencia (ver cuadros A2.12 al A2.13).

Cálculo de los parámetros fisiográficos e hidrológicos de la cuenca en estudio (ver cuadros A2.18 y A2.19).

Estimación del coeficientes de escorrentía y agotamiento, ETP, Tc, etc. para la microcuenca en estudio (ver cuadro A2.20).

Generación de caudales mensuales para el año promedio mediante las ecuaciones de balance hídrico, para la microcuenca en estudio (ver cuadro A2.21).

Cálculo de los coeficientes de la ecuación de extensión Marcoviana de I orden, mediante ecuaciones de regresión triple, para la microcuenca en estudio (ver cuadro A2.22).

Estimación de la precipitación efectiva II (hidrológica) mensualizada para la microcuenca en estudio (ver cuadro A2.23).

Estimación de los valores aleatorios a ser utilizados (ver cuadro A2.24).

Generación de caudales para periodos extendidos en mm y m³/s para la microcuenca en estudio (ver cuadros A2.25 y A2.26).

Cálculo de los volúmenes generados en la microcuenca (ver cuadro A2.34).

Escorrentía en la Microcuenca en Estudio

La microcuenca Hanccoyoc, tiene un área de influencia total de 24,69 Km², el cual constituye la superficie receptora para la generación de la escorrentía superficial.

Para la generación del flujo superficial se ha utilizado un factor de escorrentía K=0,40 para la microcuenca.

El resumen de caudales generados al 75% de persistencia se muestra en el cuadro A2.27

Disponibilidad Hídrica y Balance Hídrico

La disponibilidad hídrica con que contará el proyecto, está constituido principalmente por el río Hanccoyoc el cual, en la situación actual no cubre las necesidades de riego en los meses de máxima demanda, por lo que se plantea el represamiento del vaso Vizcachani, con la finalidad de embalsar en los meses húmedos y poder ofertar en los meses críticos de máxima demanda.

Balance Hídrico

Con los caudales provenientes del represamiento del vaso Vizcachani, se ha efectuado el balance hídrico, para el proyecto de irrigación Santo Tomás, el mismo que se muestra en el cuadro A2.36; en dicho balance se aprecia que no se presenta déficit de agua en ningún mes del año, con lo que se concluye que las 450 has del proyecto serán satisfechas plenamente. Se debe indicar que el balance hídrico mensual, se efectúa en base a la operación de la presa, donde se considera volúmenes dinámicos de almacenamiento y no un volumen estático (ver cuadro A2.35), debido a que se considera el aporte de caudales al almacenamiento en época de estiaje, cuando la presa está en operación.

1.5 Análisis de Eventos Extremos

Dado que las aguas provenientes de las precipitaciones en la cuenca se almacenarán en periodos húmedos, consideramos que no es de mucha importancia la evaluación de las descargas mínimas en época seca, puesto que precisamente para esta época crítica se prevé la alimentación hídrica a las zonas de riego con el agua almacenada.

Para el análisis de descargas máximas, se han evaluado mediante el método Mac Math, usando precipitaciones maximas de 24 hrs de la estación Caylloma (ver cuadro A2.37), corregido por un factor altitudinal, ajustada a una distribución Log Pearson Tipo III. En el caso de producirse avenidas máximas los embalses regularán dichos caudales, atenuando sus efectos mediante el

tránsito de avenidas.

De acuerdo al análisis, la avenida máxima, para un periodo de retorno de 100 años es de 35.68 m³/s. (ver cuadros A2.38 al A2.41).

Transito de Avenidas en el represamiento

Con la finalidad de encontrar el caudal de salida del vaso Vizcachani es necesario realizar la laminación del caudal de ingreso, este dato se debe usar para el diseño de las obras hidráulicas tanto del vertedor de demasías como de las obras hidráulicas que se pretendan plantear aguas abajo de la presa.

Para el desarrollo del tránsito de avenidas en el embalse, se emplearon los métodos analíticos, tomando como punto de partida los análisis realizados anteriormente. Así mismo se generaron curvas de ajuste de la topografía del vaso.

Del análisis desarrollado para la cuenca en estudio, el caudal máximo de salida resulta en 8 m³/s, con este dato se diseñó el vertedor de la presa siendo las dimensiones finales de L = 5,00 m y H = 0.30 m.

1.6 Estudio de Operación de Embalse

Para el estudio definitivo del proyecto Santo Tomás, se ha tomado en cuenta la operación del embalse, considerando los elementos principales como los caudales generados, la precipitación, demanda de agua de proyecto, pérdida de agua por evaporación. Las pérdidas por infiltración se desprecian puesto que estas se equilibran con las precipitaciones ocurridas en los meses fuera del almacenamiento (periodo de transición y época seca).

Este estudio de operación, está basado en la ecuación (11) fundamental de la hidrología mostrada a continuación:

$$\pm \Delta V = V_P + VQ_a - V_E - VQ_e - VD_r \quad (11)$$

Donde:

$\pm\Delta V$	Cambio de almacenamiento m^3
VP	Volumen generado por la precipitación m^3
VQ_a	Volumen generado por el escurrimiento superficial m^3
E	Volumen generado por la evaporación en el espejo m^3
VQ_e	Volumen generado por la infiltración m^3
VD_r	Volumen de agua requerido por los cultivos m^3

Operación del Embalse

En el cuadro A2.35 se muestra el desarrollo de la operación del embalse de la laguna en estudio con el total de su capacidad, el cual alcanza alturas efectivas de 23,5 m, a partir del actual nivel del lecho del río en el eje, en dichos cuadros en ninguno de los casos los volúmenes de almacenamiento a fines de cada mes son negativos, lo que determina y garantiza el funcionamiento durante la época crítica de máxima demanda.

Interpretación de Resultados de Operación del Embalse de la Laguna en Estudio

En el cuadro N° 1.2.35, los volúmenes finales después de la época crítica son positivos, lo que significa que cuando el embalse está lleno al principio del período de uso o demanda, no se seca aún durante la época seca (abril – noviembre); por lo que se puede concluir que la demanda de riego de campo queda satisfecha, siempre que el embalse se encuentre lleno al inicio de la campaña de riego (abril).

1.7 Análisis de Calidad de Aguas

El agua elemento primordial para el hombre, para la vida animal y la vida vegetal que con el crecimiento cultural de la humanidad su utilización se ha hecho cada vez mayor. Por tal motivo el resultado del análisis de la muestra del río Hancocoyoc de acuerdo a las determinaciones fisicoquímicas, concluye en que el agua es apta para fines de riego e incluso para consumo humano.

CONCLUSIONES:

- Los caudales disponibles en la cuenca Hanccoyoc son suficientes para cubrir la demanda de agua de las 450 há, que se pretenden regar.
- De acuerdo a la demanda potencial, el proyecto requiere un volumen total para los meses críticos (abril - noviembre) de 2.175.907 m³, considerando pérdidas por evaporación (108.098 m³) y por infiltración (89.387 m³), mediante el represamiento, la oferta disponible para el mismo período alcanza a 6.520.873 m³, lo que demuestra, que la oferta satisface plenamente la demanda del recurso.
- De los resultados obtenidos después del tránsito en el embalse se llegó a encontrar un caudal máximo laminada de 8 m³/s, diseñándose 01 vertedor de excedencias, cuyas dimensiones finales son: H = 0,30 m y L = 5,00 m.
- Los análisis que en este estudio se efectúan tienen una probabilística, los cuales deberán ser contrastados con mediciones hechas in situ, cuyas conclusiones permitirán afinar la metodología o descartarla (según sea el caso) y buscar nuevos métodos que se adapten al ámbito de intervención.

RECOMENDACIONES:

- Considerando la escasa información hidrológica que cuenta la zona de estudio y aprovechando su excelente potencial en el aprovechamiento de los vasos naturales existentes en el ámbito, es recomendable instalar una red hidrometeorológica que permita su adecuado conocimiento. Esta red meteorológica, deberá estar equipada con los equipos mínimos que cuenta nuestra institución, como pluviógrafos, termómetros, evaporímetros, reglas de control de la variación de la laguna, aforos, etc., que nos permita contar con los registros necesarios para realizar este tipo de estudios y afinar la metodología empleada.

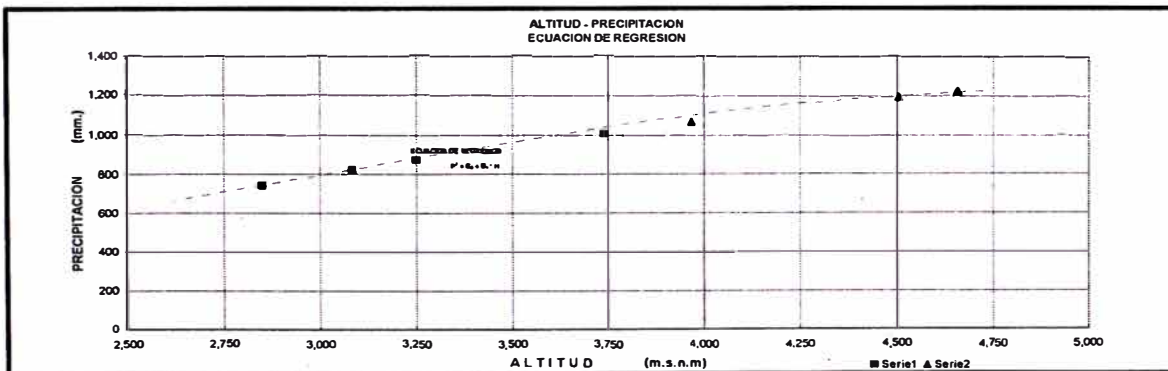
CUADROS

**CUADRO A2.2: ANALISIS REGIONAL DE PRECIPITACION
EQUACION DE REGRESION PRECIPITACION - ALTITUD**

NOMBRE ESTACION	ALTITUD MEDIA msnm	PRECIPITACION MEDIA ANUAL mm	EQUACION DE REGRESION $P^2 = B_0 + B_1 \cdot H$				PRECIPITACION MEDIA ANUAL CORREGIDA mm
			X ²	Y ²	X*Y ²	Y ³	
ABANCAY	2,398.00	577.50	5.75E+06	3.34E+05	8.00E+08	1.11E+11	557.93
ACOMAYO	3,250.00	861.20	1.06E+07	7.42E+05	2.41E+09	5.50E+11	871.84
CHALHUANCA	2,850.00	715.10	8.12E+06	5.11E+05	1.46E+09	2.61E+11	741.21
LIVITACA	3,741.00	1,018.40	1.40E+07	1.03E+06	3.88E+09	1.07E+12	1,009.33
PARURO	3,084.00	832.20	9.51E+06	6.93E+05	2.14E+09	4.60E+11	820.15
SUMA	15,323.00	4,002.40	4.79E+07	3.31E+06	1.07E+10	2.47E+12	4,000.45
n	5	5	5	5	5	5	5
PROMEDIO	3,064.60	800.48	9.59E+06	6.62E+05	2.13E+09	4.94E+11	800.09

FORMULAS PARA EL CALCULO DE PARAMETROS DE REGRESION			VALORES DE PARAMETROS DE REGRESION		
A= SUM X	1.53E+04	G = C-(A*2)/n	9.83E+05	COEF. INDEPENDIENTE	B ₀ = -9.52E+05
B= SUM Y	4.00E+03	H = F-A*D/n	5.18E+08	COEF. DEPENDIENTE	B ₁ = 5.27E+02
C= SUM X*2	4.79E+07	I = F-(D*2)/n	2.76E+11	COEF. DE CORRELACION	r = 0.995
D= SUM Y*2	3.31E+06	J = H*G	5.27E+02		
E= SUM X*Y*2	1.07E+10	K = (D-J*A)/n	-9.52E+05		
F= SUM Y*4	2.47E+12				
FORMULAS DE PARAMETROS DE REGRESION			PRECIP. MEDIA ANUAL EN LAS MICROCUENCAS		
COEF. INDEPENDIENTE	B ₀ = (D-J*A)/n		AREA CULTIVOS	3,775.00	msnm = 1,018.16
COEF. DEPENDIENTE	B ₁ = H/G		MICROCUENCA HANCCOYOC	4,141.00	msnm = 1,108.81
COEF. DE CORRELACION	r = H*SQRT(G*I)				
DESVIACION ESTANDAR	S = (D-A*2/n)-(K*(A*D-A*B)/n)				

Elaboración: Proyecto Especial Plan Merías Inca



CUADRO A2.3: ECUACIONES DE INFLUENCIA EN FUNCION A ESTACIONES BASE

CODIGO	ESTACION	Latitud				Longitud				Altitud	FACTORES DE CORRECCION ALTITUDINAL (a1)				FACTORES DE INFL. GEOGRAFICA (b1)			
		°	'	''		°	'	''		Media	CULTIVOS	HANCCOYOC			CULTIVOS	HANCCOYOC		
ESTACIONES BASE (Ei)																		
E1	ANGOSTURA	15	11	0	15.183	71	35	0	71.583	4,155.00	0.91	1.00			0.249	0.262		
E2	ANTABAMBA	14	25	0	14.417	72	52	0	72.867	3,838.00	0.98	1.08			0.448	0.424		
E3	YAURI	14	17	0	14.283	71	25	0	71.417	3,915.00	0.96	1.06			0.303	0.314		
ESTACIONES EN ESTUDIO (E.E.)																		
E. Cultivos	SANTO TOMAS - Area de Cultivos	14	28	58	14.483	72	5	24	72.09	3,775.00	$E_{CULTIVOS} = 0.226 \times E1 + 0.441 \times E2 + 0.292 \times E3$							
E. HANCCO	MICROCUENCA HANCCOYOC	14	32	53	14.548	72	4	21	72.073	4,141.14	$E_{HANCC} = 0.261 \times E1 + 0.457 \times E2 + 0.332 \times E3$							

pto Especial Plan Meriss Inka

CUADRO A2.4: REGISTRO HIDROMETEOROLOGICO
Precipitación Mensual Acumulada (mm)

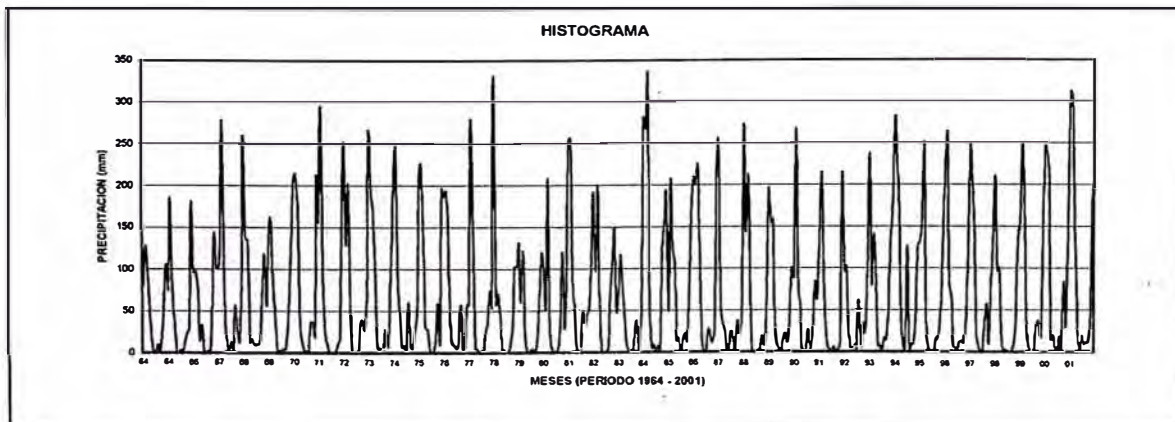
ESTACION: ANGOSTURA LAT: 15° 11' S Departamento: AREQUIPA
TIPO: CO LONG: 71° 35' W Provincia: CAYLLOMA
CUENCA: APURIMAC ALT: 4.155 msnm Distrito: CAYLLOMA

ITEM	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	MEDIA
1	1964	79.0	127.0	101.0	61.0	14.0	0.0	0.0	9.0	0.0	27.0	65.0	106.0	589.00	49.08
2	1965	77.0	185.0	76.0	35.0	0.0	0.0	3.0	0.0	15.0	24.0	28.0	180.0	623.00	51.92
3	1966	96.0	99.0	83.0	15.0	33.0	0.0	0.0	2.0	1.0	46.0	143.0	102.0	620.00	51.67
4	1967	103.0	149.0	276.0	38.0	14.0	1.0	11.0	3.0	56.0	26.0	13.0	80.0	770.00	64.17
5	1968	259.0	137.0	135.0	11.0	15.0	8.0	8.0	9.0	15.0	73.0	118.0	56.0	844.00	70.33
6	1969	125.0	161.0	90.0	42.0	0.0	2.0	2.0	4.0	3.0	32.0	78.0	132.0	671.00	55.92
7	1970	207.0	214.0	169.0	27.0	13.0	0.0	2.0	0.0	36.0	36.0	20.0	209.0	933.00	77.75
8	1971	157.0	294.0	104.0	24.0	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	16.0	137.0	750.00	62.50
9	1972	252.0	129.0	201.0	59.0	3.0	0.0	1.0	0.0	37.0	38.0	27.0	72.0	819.00	68.25
10	1973	263.0	192.0	170.0	105.0	6.0	2.0	4.0	4.0	27.0	7.0	66.0	124.0	970.00	80.83
11	1974	215.0	243.0	80.0	42.0	5.0	7.0	0.0	60.0	4.0	3.0	24.0	47.0	730.00	60.83
12	1975	190.0	226.0	152.0	30.0	28.0	4.0	0.0	1.0	16.0	59.0	13.0	196.0	915.00	76.25
13	1976	186.0	193.0	158.0	34.0	8.0	9.0	3.0	8.0	57.0	4.0	1.0	58.0	719.00	59.92
14	1977	57.0	278.0	145.0	4.0	4.0	0.0	2.0	0.0	26.0	34.0	74.0	55.0	679.00	56.58
15	1978	331.0	58.0	70.0	42.0	1.0	2.0	0.0	0.0	8.0	31.0	103.0	103.0	749.00	62.42
16	1979	130.0	60.0	121.0	20.0	1.0	0.0	3.0	3.0	0.0	19.0	72.0	119.0	548.00	45.67
17	1980	105.0	54.0	208.0	26.0	2.0	0.0	1.0	3.0	34.0	120.0	28.0	87.0	668.00	55.67
18	1981	253.0	256.0	69.0	56.0	6.0	0.0	0.0	47.0	33.0	47.0	53.0	114.0	934.00	77.83
19	1982	192.0	97.0	199.0	58.0	0.0	0.0	0.0	3.0	65.0	107.0	147.0	50.0	918.00	76.50
20	1983	72.0	117.0	82.0	39.0	8.0	1.0	1.0	0.0	24.0	36.0	2.0	55.0	437.00	36.42
21	1984	280.0	267.0	329.0	55.0	4.0	8.0	1.0	7.0	0.0	116.0	154.0	190.0	1411.00	117.58
22	1985	49.0	206.0	127.0	105.0	12.0	16.0	0.0	9.0	21.0	11.0	74.0	177.0	807.00	67.25
23	1986	209.0	200.0	223.0	122.0	11.0	0.0	0.0	27.0	18.0	11.0	26.0	207.0	1054.00	87.83
24	1987	252.0	54.0	35.0	22.0	1.0	2.0	23.0	13.0	1.0	37.0	20.0	40.0	500.00	41.67
25	1988	271.0	144.0	212.0	103.0	3.0	0.0	0.0	0.0	2.0	18.0	7.0	75.0	835.00	69.58
26	1989	194.0	154.0	158.0	43.0	8.0	3.0	1.0	14.0	22.0	11.0	48.0	101.0	757.00	63.08
27	1990	89.0	267.0	72.0	59.0	0.0	1.0	2.0	26.0	0.0	25.0	84.0	62.0	687.00	57.25
28	1991	116.0	215.0	119.0	39.0	4.0	3.0	0.0	5.0	1.0	2.0	11.0	214.0	729.00	60.75
29	1992	96.0	103.0	41.0	4.0	0.0	7.0	2.0	61.0	5.0	34.0	23.0	96.0	472.00	39.33
30	1993	237.0	82.0	141.0	99.0	6.0	7.0	0.0	17.0	14.0	46.0	130.0	169.0	948.00	79.00
31	1994	281.0	226.0	187.0	43.0	8.0	0.0	126.0	0.0	9.0	9.0	40.0	128.0	1057.00	88.08
32	1995	131.0	149.0	249.0	45.0	4.0	0.0	0.0	0.0	15.0	16.0	55.0	130.0	794.00	66.17
33	1996	222.0	259.0	85.0	68.0	5.0	4.0	1.0	9.0	11.0	9.0	31.0	124.0	828.00	69.00
34	1997	245.0	205.0	148.0	21.0	8.0	0.0	0.0	39.0	56.0	9.0	86.0	128.0	945.00	78.75
35	1998	210.0	97.0	101.0	15.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	10.0	44.0	129.0	608.00	50.67
36	1999	160.0	248.0	170.0	46.0	9.0	0.0	0.0	0.0	32.0	37.0	19.0	142.0	863.00	71.92
37	2000	245.0	234.0	203.0	13.0	19.0	4.0	1.0	17.0	3.0	84.0	29.0	116.0	968.00	80.67
38	2001	311.0	303.0	211.0	92.0	18.0	1.0	18.0	8.0	10.0	10.0	32.0	198.0	1212.00	101.00
N° DATOS		38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00
MEDIA		182.82	175.84	144.74	46.37	7.61	2.47	5.68	10.74	17.82	33.53	52.74	118.63	798.97	66.58
DES.V.STD		77.16	71.96	65.78	29.87	7.47	3.51	20.36	15.91	18.07	30.13	42.08	50.45	196.59	16.38
C.V.		0.42	0.41	0.45	0.64	0.98	1.42	3.58	1.48	1.01	0.90	0.80	0.43	0.25	0.25
P.MAXIMA		331.00	303.00	329.00	122.00	33.00	16.00	126.00	61.00	65.00	120.00	154.00	214.00	1411.00	117.58
P.MINIMA		49.00	54.00	35.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	1.00	40.00	437.00	36.42

Fuente: SENAMHI - TC

FECHA: 11/09/2008 08:30

diciembre - marzo 622.03 78%
abril - noviembre 176.95 22%



CUADRO A2.5: REGISTRO HIDROMETEOROLOGICO
Precipitación Mensual Acumulada (mm)

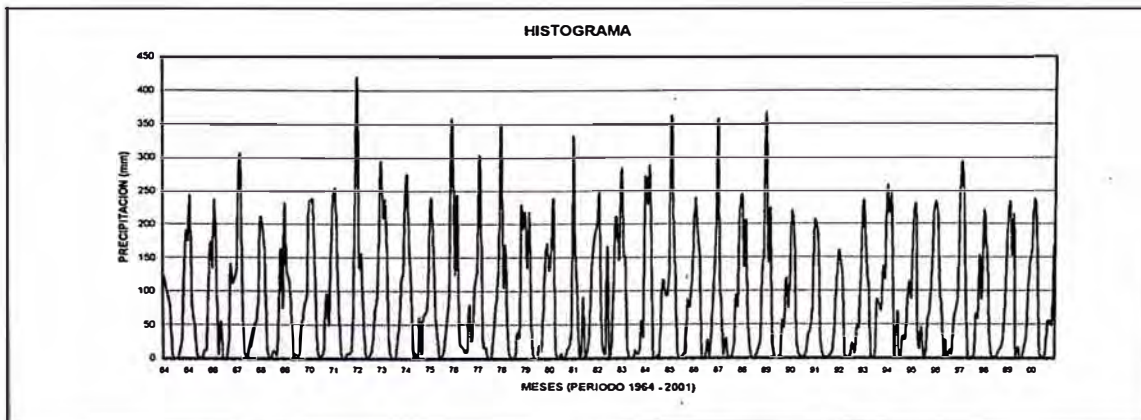
ESTACION: LMITACA LAT: 14° 19' S Departamento : CUSCO
TIPO: CO LONG: 71° 41' W Provincia : CHUMBIVILCAS
CUENCA: APURIMAC ALT: 3.741 msnm Distrito : LMITACA

ITEM	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	MEDIA
1	1964	122.0	106.0	91.0	73.0	7.0	0.0	0.0	1.0	15.0	30.0	121.0	189.0	755.00	62.92
	1965	175.0	241.0	83.0	50.0	10.0	0.0	1.0	2.0	12.0	12.0	91.0	172.0	849.00	70.75
2	1966	135.0	236.0	157.0	8.0	54.0	0.0	0.0	0.0	27.0	137.0	112.0	117.0	983.00	81.92
3	1967	134.0	270.0	302.0	101.0	11.0	0.0	12.0	21.0	36.0	50.0	58.0	103.0	1098.00	91.50
4	1968	209.0	190.0	156.0	21.0	0.0	1.0	10.0	9.0	5.0	60.0	163.0	75.0	899.00	74.92
5	1969	231.0	131.0	118.0	78.0	0.0	6.0	3.0	5.0	47.0	58.0	83.0	95.0	855.00	71.25
6	1970	233.0	235.0	237.0	126.0	15.0	2.0	3.0	8.0	70.0	96.0	51.0	165.0	1241.00	103.42
7	1971	241.0	252.0	176.0	74.0	3.0	0.0	0.0	6.0	6.0	10.0	71.0	208.0	1047.00	87.25
8	1972	419.0	136.0	155.0	76.0	6.0	0.0	3.0	9.0	29.0	74.0	93.0	188.0	1188.00	99.00
9	1973	294.0	210.0	235.0	143.0	17.0	0.0	0.0	0.0	23.0	54.0	117.0	126.0	1219.00	101.58
10	1974	235.0	273.0	161.0	99.0	3.0	8.0	1.0	60.0	7.0	61.0	66.0	78.0	1052.00	87.67
11	1975	168.0	239.0	162.0	64.0	35.0	0.0	0.0	9.0	32.0	62.0	91.0	350.0	1212.00	101.00
12	1976	276.0	124.0	242.0	24.0	17.0	15.0	8.0	9.0	79.0	25.0	53.0	112.0	984.00	82.00
13	1977	132.0	302.0	197.0	16.0	16.0	0.0	1.0	0.0	36.0	71.0	101.0	161.0	1033.00	86.08
14	1978	350.0	110.0	168.0	58.0	6.0	1.0	0.0	0.0	38.0	31.0	226.0	193.0	1181.00	98.42
15	1979	216.0	134.0	216.0	54.0	6.0	0.0	1.0	19.0	11.0	59.0	149.0	170.0	1035.00	86.25
16	1980	130.0	153.0	234.0	13.0	0.0	1.0	6.0	0.0	0.0	13.0	16.0	40.0	606.00	50.50
17	1981	330.0	165.0	103.0	2.0	7.0	90.0	0.0	14.0	37.0	117.0	162.0	184.0	1211.00	100.92
18	1982	201.0	246.0	66.0	10.0	6.0	166.0	0.0	16.0	102.0	210.0	208.0	147.0	1378.00	114.83
19	1983	284.0	152.0	151.0	14.0	2.0	0.0	0.0	11.0	5.0	12.0	56.0	33.0	720.00	60.00
20	1984	267.0	229.0	287.0	156.0	1.0	0.0	3.0	1.0	79.0	116.0	93.0	94.0	1326.00	110.50
21	1985	135.0	362.0	189.0	111.0	8.0	0.0	0.0	5.0	6.0	86.0	75.0	108.0	1085.00	90.42
22	1986	176.0	239.0	191.0	143.0	4.0	0.0	0.0	26.0	3.0	48.0	103.0	177.0	1110.00	92.50
23	1987	357.0	127.0	70.0	5.0	29.0	0.0	1.0	0.0	20.0	93.0	77.0	216.0	995.00	82.92
24	1988	242.0	136.0	204.0	63.0	12.0	0.0	0.0	2.0	12.0	23.0	121.0	173.0	988.00	82.33
25	1989	367.0	145.0	222.0	48.0	2.0	0.0	1.0	0.0	55.0	45.0	118.0	74.0	1077.00	89.75
26	1990	136.0	219.0	172.0	37.0	7.0	3.0	1.0	2.0	10.0	34.0	44.0	81.0	746.00	62.17
27	1991	205.0	200.0	170.0	26.0	5.0	2.0	1.0	2.0	5.0	10.0	47.0	121.0	794.00	86.17
28	1992	159.0	142.0	112.0	4.0	1.0	1.0	3.0	21.0	6.0	49.0	44.0	124.0	666.00	55.50
29	1993	233.0	192.0	128.0	97.0	0.0	0.0	4.0	86.0	79.0	71.0	136.0	119.0	1145.00	95.42
30	1994	255.0	216.0	242.0	96.0	1.0	69.0	2.0	0.0	31.0	27.0	86.0	113.0	1138.00	94.83
31	1995	91.0	194.0	226.0	48.0	13.0	45.0	2.0	2.0	54.0	69.0	124.0	216.0	1084.00	90.33
32	1996	233.0	217.0	104.0	74.0	2.0	26.0	0.0	11.0	5.0	55.0	69.0	91.0	887.00	73.92
33	1997	239.0	293.0	236.0	86.0	0.0	0.0	1.0	1.0	65.0	59.0	153.0	89.0	1222.00	101.83
34	1998	218.0	170.0	139.0	27.0	0.0	1.0	0.0	6.0	13.0	18.0	43.0	105.0	740.00	61.67
35	1999	198.0	232.0	153.0	209.0	0.0	15.0	0.0	0.0	12.0	30.0	92.0	142.0	1083.00	90.25
36	2000	155.0	236.0	221.0	110.0	5.0	2.0	0.0	13.0	54.0	55.0	48.0	167.0	1066.00	88.83
37	2001	318.0	258.0	154.0	154.0	3.0	0.0	10.0	10.0	51.0	106.0	159.0	321.0	1544.00	128.67
Nº DATOS		38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00
MEDIA		223.66	202.95	174.47	68.37	8.26	11.95	2.05	10.18	30.97	58.84	97.89	143.08	1032.68	86.06
DES.V.STD		76.63	59.24	57.37	50.14	10.81	31.73	3.09	16.60	26.49	40.30	46.66	65.25	202.95	16.91
C.V.		0.34	0.29	0.33	0.73	1.31	2.66	1.50	1.63	0.86	0.68	0.48	0.46	0.20	0.20
P.MAXIMA		419.00	362.00	302.00	209.00	54.00	166.00	12.00	86.00	102.00	210.00	226.00	350.00	1544.00	128.67
P.MINIMA		91.00	106.00	66.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00	16.00	33.00	606.00	50.50

Fuente: SENAMHI - TC

FECHA: 11/09/2008 08:32

diciembre - marzo 744.16 72%
abril - noviembre 288.53 28%



CUADRO A2.8: REGISTRO HIDROMETEOROLOGICO
Precipitación Mensual Acumulada (mm)

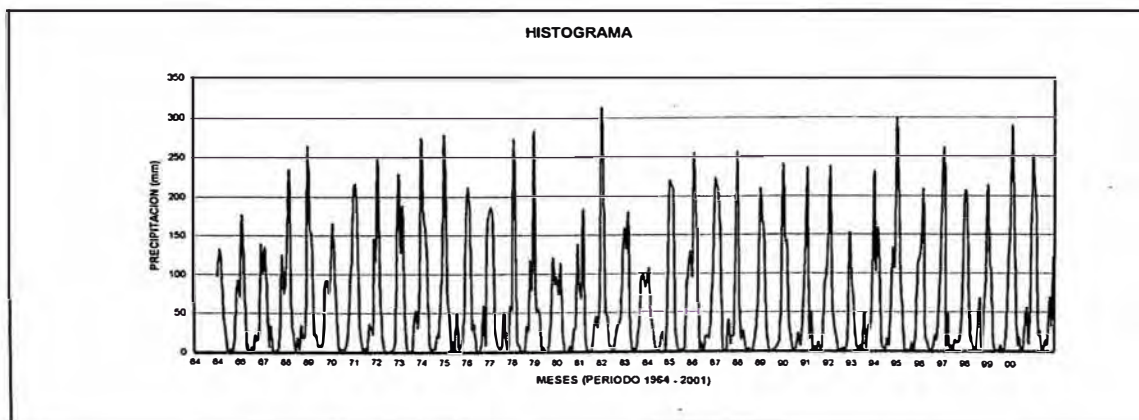
ESTACION: CAYLLOMA LAT: 15° 11' S Departamento : AREQUIPA
TIPO: CO LONG: 71° 46' W Provincia : CAYLLOMA
CUENCA: APURIMAC ALT: 4,320 msnm Distrito : CAYLLOMA

ITEM	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	MEDIA
1	1964	98.0	132.0	112.0	48.0	26.0	0.0	0.0	4.0	1.0	20.0	71.0	92.0	604.00	50.33
2	1965	73.0	176.0	115.0	25.0	2.0	1.0	6.0	0.0	21.0	15.0	22.0	137.0	593.00	49.42
3	1966	101.0	134.0	80.0	8.0	33.0	0.0	0.0	2.0	4.0	40.0	124.0	76.0	602.00	50.17
4	1967	98.0	156.0	231.0	42.0	21.0	0.0	18.0	4.0	34.0	18.0	19.0	69.0	710.00	59.17
5	1968	263.0	157.0	151.0	21.0	22.0	7.0	8.0	7.0	23.0	86.0	91.0	76.0	912.00	76.00
6	1969	111.0	165.0	98.0	47.0	0.0	3.0	3.0	3.0	10.0	28.0	89.0	119.0	676.00	56.33
7	1970	209.0	216.0	164.0	31.0	11.0	0.0	5.0	2.0	35.0	30.0	23.0	144.0	870.00	72.50
8	1971	119.0	250.0	100.0	24.0	4.0	0.0	0.0	1.0	0.0	3.0	15.0	134.0	650.00	54.17
9	1972	229.0	128.0	187.0	58.0	5.0	0.0	1.0	1.0	43.0	53.0	32.0	95.0	832.00	69.33
10	1973	273.0	173.0	160.0	107.0	12.0	1.0	4.0	3.0	21.0	19.0	72.0	113.0	958.00	79.83
11	1974	275.0	220.0	65.0	46.0	1.0	13.0	3.0	49.0	4.0	6.0	17.0	73.0	772.00	64.33
12	1975	189.0	211.0	151.0	29.0	35.0	3.0	0.0	2.0	13.0	59.0	11.0	160.0	863.00	71.92
13	1976	178.0	185.0	166.0	32.0	12.0	5.0	2.0	11.0	51.0	3.0	1.0	58.0	704.00	58.67
14	1977	54.0	272.0	145.0	12.0	8.0	0.0	1.0	0.0	33.0	28.0	117.0	83.0	753.00	62.75
15	1978	283.0	53.0	55.0	46.0	1.0	6.0	0.0	1.0	14.0	51.0	120.0	87.0	717.00	59.75
16	1979	96.0	74.0	113.0	31.0	0.0	0.0	0.0	7.0	0.0	29.0	32.0	137.0	519.00	43.25
17	1980	80.0	70.0	182.0	21.0	1.0	1.0	0.0	3.0	29.0	45.0	30.0	77.0	539.00	44.92
18	1981	310.0	205.0	51.0	45.0	5.0	6.0	0.0	9.0	25.0	36.0	44.0	111.0	847.00	70.58
19	1982	158.0	132.0	176.0	33.0	2.0	3.0	0.0	19.0	44.0	93.0	98.0	82.0	840.00	70.00
20	1983	92.0	106.0	45.0	31.0	11.0	1.0	3.0	5.0	21.0	24.0	2.0	74.0	415.00	34.58
21	1984	219.0	214.0	208.0	38.0	8.0	2.0	1.0	2.0	3.0	76.0	106.0	128.0	1005.00	83.75
22	1985	99.0	254.0	170.0	111.0	3.0	10.0	0.0	19.0	19.0	17.0	56.0	114.0	872.00	72.67
23	1986	222.0	213.0	199.0	125.0	3.0	0.0	0.0	40.0	9.0	19.0	19.0	137.0	986.00	82.17
24	1987	255.0	68.0	16.0	26.0	9.0	0.0	3.0	1.0	1.0	15.0	35.0	87.0	516.00	43.00
25	1988	207.0	169.0	154.0	47.0	10.0	0.0	0.0	2.0	3.0	8.0	12.0	82.0	694.00	57.83
26	1989	240.0	141.0	142.0	37.0	21.0	1.0	1.0	7.0	23.0	7.0	32.0	73.0	725.00	60.42
27	1990	134.0	233.0	18.0	50.0	1.0	6.0	1.0	11.0	0.0	11.0	88.0	98.0	651.00	54.25
28	1991	160.0	235.0	68.0	33.0	20.0	3.0	0.0	2.0	4.0	2.0	13.0	150.0	690.00	57.50
29	1992	96.0	68.0	29.0	9.0	0.0	7.0	1.0	49.0	3.0	32.0	28.0	105.0	427.00	35.58
30	1993	231.0	104.0	158.0	106.0	9.0	5.0	1.0	16.0	8.0	69.0	132.0	109.0	948.00	79.00
31	1994	295.0	223.0	93.0	56.0	2.0	1.0	1.0	0.0	10.0	1.0	33.0	111.0	826.00	68.83
32	1995	120.0	141.0	204.0	17.0	13.0	1.0	1.0	4.0	19.0	15.0	56.0	116.0	707.00	58.92
33	1996	224.0	257.0	10.0	49.0	4.0	7.0	0.0	14.0	10.0	12.0	27.0	103.0	717.00	59.75
34	1997	206.0	202.0	90.0	19.0	10.0	0.0	0.0	35.0	67.0	4.0	53.0	97.0	783.00	65.25
35	1998	214.0	120.0	95.0	13.0	0.0	1.0	0.0	7.0	0.0	2.0	36.0	112.0	600.00	50.00
36	1999	170.0	289.0	177.0	58.0	8.0	18.0	0.0	2.0	37.0	55.0	10.0	99.0	923.00	76.92
37	2000	248.0	217.0	167.0	22.0	26.0	3.0	1.0	13.0	8.0	69.0	33.0	121.0	928.00	77.33
38	2001	307.0	301.0	192.0	72.0	13.0	2.0	12.0	9.0	15.0	18.0	33.0	109.0	1083.00	90.25
N° DATOS		38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00
MEDIA		182.53	175.37	124.66	42.76	9.79	3.08	2.03	9.63	17.50	29.42	48.21	103.89	748.87	62.41
DESV.STD		74.23	64.92	59.66	28.06	9.36	3.97	3.64	12.75	16.08	24.81	37.22	24.83	160.22	13.35
C.V.		0.41	0.37	0.48	0.66	0.96	1.29	1.80	1.32	0.92	0.84	0.77	0.24	0.21	0.21
P.MAXIMA		310.00	301.00	231.00	125.00	35.00	18.00	18.00	49.00	67.00	93.00	132.00	160.00	1083.00	90.25
P.MINIMA		54.00	53.00	10.00	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	58.00	415.00	34.58

Fuente: SENAMHI - TC

FECHA: 11/09/2008 08:32

diciembre - marzo 586.45 78%
abril - noviembre 162.42 22%



CUADRO A2.9: REGISTRO HIDROMETEOROLOGICO
Precipitación Mensual Acumulada (mm)

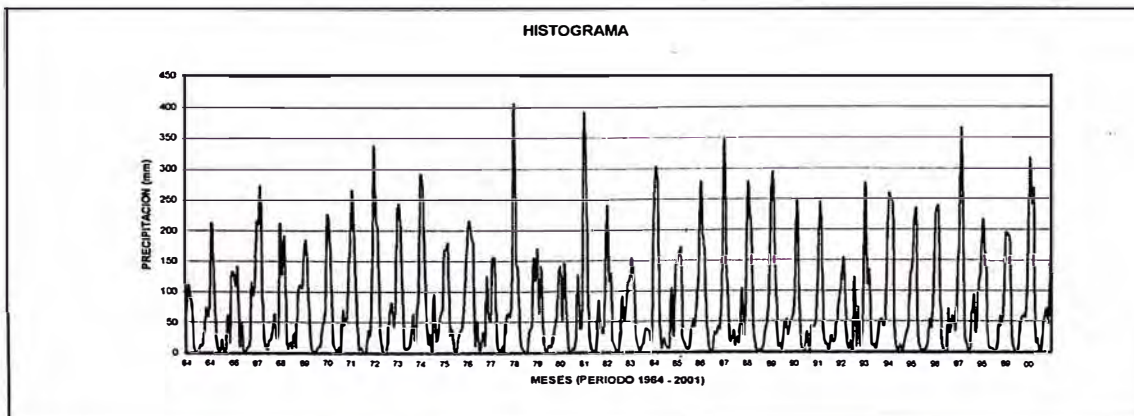
ESTACION: ANTABAMBA LAT: 14° 25' S Departamento : Apurímac
TIPO: CO LONG: 72° 52' W Provincia : Antabamba
CUENCA: APURIMAC ALT: 3.838.00 msnm Distrito : Antabamba

ITEM	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	MEDIA
1	1964	70.0	111.0	90.0	77.0	8.0	0.0	4.0	13.0	12.0	34.0	73.0	59.0	551.00	45.92
	1965	92.0	212.0	106.0	27.0	9.0	1.0	22.0	1.0	0.0	61.0	18.0	132.0	681.00	56.75
2	1966	131.0	109.0	138.0	13.0	49.0	0.0	2.0	8.0	13.0	113.0	94.0	125.0	795.00	66.25
3	1967	214.0	210.0	268.0	69.0	16.0	5.0	19.0	21.0	36.0	63.0	24.0	38.0	983.00	81.92
4	1968	210.0	127.0	189.0	26.0	7.0	17.0	7.0	31.0	11.0	95.0	111.0	107.0	938.00	78.17
5	1969	160.0	183.0	124.0	32.0	4.0	2.0	1.0	9.0	11.0	37.0	51.0	73.0	687.00	57.25
6	1970	224.0	212.0	127.0	18.0	10.0	2.0	9.0	4.0	68.0	46.0	59.0	133.0	912.00	76.00
7	1971	188.0	266.0	155.0	74.0	5.0	8.0	3.0	0.0	4.0	36.0	29.0	142.0	910.00	75.83
8	1972	337.0	213.0	201.0	41.0	14.0	0.0	1.0	14.0	67.0	81.0	43.0	98.0	1110.00	92.50
9	1973	227.0	243.0	168.0	60.0	7.0	7.0	9.0	24.0	63.0	21.0	69.0	103.0	1001.00	83.42
10	1974	290.0	280.0	142.0	72.0	15.0	30.0	1.0	95.0	20.0	24.0	59.0	72.0	1100.00	91.67
11	1975	168.0	168.0	178.0	30.0	38.0	19.0	0.0	11.0	33.0	40.0	67.0	128.0	880.00	73.33
12	1976	187.0	216.0	189.0	179.0	14.0	51.0	5.0	14.0	33.0	14.0	124.0	57.0	1083.00	90.25
13	1977	52.0	155.0	155.0	38.0	8.0	0.0	10.0	0.0	56.0	64.0	59.0	91.0	688.00	57.33
14	1978	406.0	144.0	139.0	26.0	7.0	3.0	1.0	2.0	35.0	43.0	153.0	117.0	1076.00	89.67
15	1979	169.0	64.0	141.0	42.0	10.0	0.0	11.0	9.0	21.0	43.0	59.0	120.0	689.00	57.42
16	1980	139.0	53.0	146.0	55.0	4.0	0.0	6.0	5.0	32.0	126.0	39.0	40.0	645.00	53.75
17	1981	381.0	298.0	118.0	28.0	7.0	2.0	1.0	22.0	84.0	33.0	32.0	132.0	1138.00	94.83
18	1982	240.0	116.0	128.0	19.0	12.0	3.0	2.0	24.0	91.0	53.0	66.0	115.0	869.00	72.42
19	1983	116.0	154.0	105.0	23.0	13.0	2.0	11.0	15.0	38.0	39.0	32.0	20.0	568.00	47.33
20	1984	245.0	303.0	254.0	46.0	7.0	22.0	12.0	7.0	7.0	104.0	25.0	143.0	1175.00	97.92
21	1985	144.0	162.0	170.0	25.0	16.0	8.0	2.0	21.0	53.0	42.0	82.0	136.0	861.00	71.75
22	1986	279.0	196.0	164.0	51.0	13.0	1.0	1.0	31.0	29.0	42.0	38.0	111.0	956.00	79.67
23	1987	347.0	154.0	84.0	20.0	16.0	35.0	10.0	24.0	14.0	103.0	27.0	96.0	930.00	77.50
24	1988	273.0	229.0	191.0	44.0	13.0	1.0	3.0	2.0	10.0	36.0	50.0	105.0	957.00	79.75
25	1989	262.0	292.0	158.0	82.0	9.0	13.0	5.0	40.0	53.0	27.0	44.0	58.0	1043.00	86.92
26	1990	76.0	247.0	128.0	29.0	7.0	2.0	13.0	32.0	1.0	42.0	41.0	57.0	675.00	56.25
27	1991	152.0	245.0	152.0	38.0	13.0	15.0	2.0	26.0	15.0	20.0	65.0	92.0	835.00	69.58
28	1992	120.0	153.0	80.0	30.0	5.0	18.0	1.0	122.0	9.0	72.0	8.0	78.0	696.00	58.00
29	1993	276.0	112.0	134.0	38.0	10.0	11.0	6.0	30.0	53.0	51.0	42.0	164.0	927.00	77.25
30	1994	258.0	248.0	242.0	42.0	7.0	1.0	11.0	2.0	17.0	31.0	43.0	127.0	1029.00	85.75
31	1995	136.0	216.0	233.0	33.0	6.0	3.0	4.0	4.0	18.0	53.0	41.0	110.0	857.00	71.42
32	1996	228.0	237.0	118.0	37.0	11.0	2.0	1.0	70.0	31.0	59.0	36.0	105.0	935.00	77.92
33	1997	216.0	366.0	198.0	24.0	15.0	0.0	7.0	66.0	93.0	31.0	109.0	134.0	1259.00	104.92
34	1998	216.0	168.0	128.0	23.0	6.0	7.0	4.0	1.0	9.0	58.0	44.0	80.0	744.00	62.00
35	1999	195.0	191.0	177.0	25.0	8.0	1.0	0.0	7.0	53.0	60.0	57.0	135.0	909.00	75.75
36	2000	314.0	241.0	266.0	81.0	15.0	21.0	0.0	16.0	63.0	70.0	49.0	144.0	1280.00	106.67
37	2001	314.0	310.0	207.0	20.0	22.0	2.0	9.0	17.0	20.0	33.0	33.0	112.0	1099.00	91.58
N° DATOS		38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00
MEDIA		211.89	200.11	160.29	43.08	12.00	8.29	5.68	22.11	33.58	52.63	55.13	102.34	907.13	75.59
DESV. STD		85.32	69.65	47.89	29.25	8.66	11.29	5.25	25.99	25.49	26.51	29.97	33.77	183.06	15.25
C.V.		0.40	0.35	0.30	0.68	0.71	1.36	0.92	1.18	0.76	0.50	0.54	0.33	0.20	0.20
P.MAXIMA		406.00	366.00	268.00	179.00	49.00	51.00	22.00	122.00	93.00	126.00	153.00	164.00	1280.00	106.67
P.MINIMA		52.00	53.00	80.00	13.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.00	8.00	20.00	551.00	45.92

Fuente: SENAMHI - TC

FECHA: 11/09/2008 08:32

diciembre - marzo 674.63 74%
abril - noviembre 232.50 26%



CUADRO A2.10: REGISTRO HIDROMETEOROLOGICO
Precipitación Mensual Acumulada (mm)

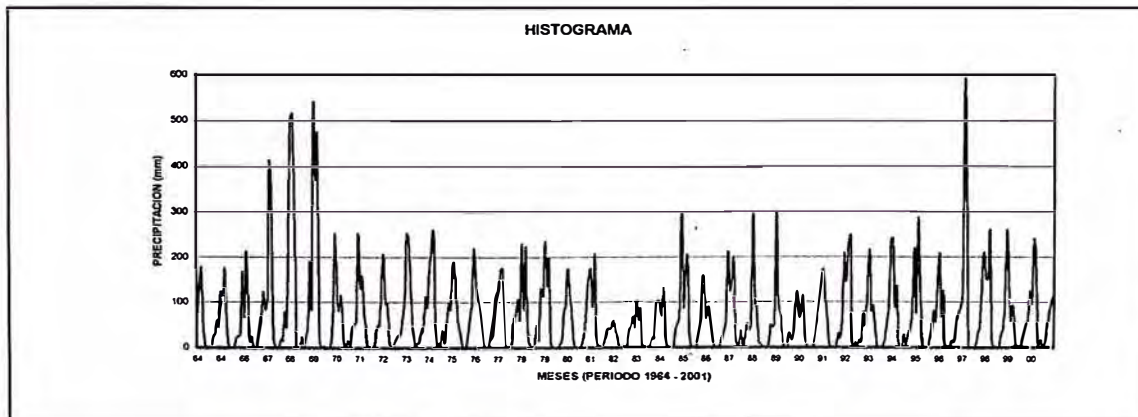
ESTACION: PARURO LAT: 13° 45' S Departamento : Cusco
TIPO: CO LONG: 71° 51' W Provincia : Paruro
CUENCA: APURIMAC ALT: 3.084.00 msnm Distrito : Paruro

ITEM	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	MEDIA
1	1964	77.0	149.0	174.0	38.0	3.0	0.0	0.0	0.0	22.0	29.0	60.0	45.0	597.00	49.75
2	1965	122.0	113.0	174.0	53.0	2.0	0.0	0.0	0.0	20.0	24.0	32.0	167.0	707.00	58.92
3	1966	65.0	212.0	97.0	13.0	23.0	0.0	0.0	4.0	40.0	65.0	123.0	83.0	725.00	60.42
4	1967	108.0	408.0	345.0	22.0	3.0	0.0	0.0	18.0	14.0	78.0	46.0	253.0	1295.00	107.92
5	1968	498.0	515.0	307.0	0.0	0.0	0.0	22.0	4.0	25.0	50.0	190.0	92.0	1703.00	141.92
6	1969	534.0	370.0	465.0	16.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	10.0	93.0	252.0	1743.00	145.25
7	1970	121.0	80.0	115.0	65.0	6.0	2.0	15.0	5.0	40.0	51.0	59.0	251.0	810.00	67.50
8	1971	132.0	157.0	78.0	47.0	0.0	3.0	0.0	0.0	8.0	49.0	49.0	142.0	665.00	55.42
9	1972	205.0	96.0	98.0	42.0	5.0	0.0	9.0	19.0	28.0	28.0	57.0	108.0	695.00	57.92
10	1973	251.0	242.0	150.0	61.0	24.0	0.0	9.0	13.0	31.0	41.0	112.0	90.0	1024.00	85.33
11	1974	177.0	206.0	255.0	62.0	0.0	10.0	0.0	38.0	9.0	49.0	98.0	84.0	988.00	82.33
12	1975	159.0	188.0	117.0	56.0	30.0	4.0	0.0	2.0	28.0	63.0	97.0	219.0	963.00	80.25
13	1976	155.0	106.0	118.0	57.0	14.0	4.0	0.0	1.0	28.0	23.0	85.0	121.0	712.00	59.33
14	1977	112.0	171.0	175.0	60.0	3.0	0.0	3.0	0.0	55.0	76.0	107.0	63.0	825.00	68.75
15	1978	230.0	83.0	223.0	46.0	12.0	5.0	0.0	0.0	49.0	17.0	130.0	114.0	909.00	75.75
16	1979	235.0	136.0	194.0	11.0	1.0	0.0	0.0	0.0	7.0	13.0	78.0	95.0	770.00	64.17
17	1980	175.0	112.0	73.0	7.0	0.0	0.0	1.0	0.0	14.0	42.0	117.0	163.0	704.00	58.67
18	1981	174.0	89.0	206.0	34.0	0.0	4.0	0.0	12.0	26.0	42.0	41.0	45.0	673.00	56.08
19	1982	60.0	40.0	24.0	4.0	0.0	1.0	0.0	0.0	39.0	42.0	68.0	42.0	320.00	26.67
20	1983	103.0	59.0	84.0	0.0	1.0	0.0	2.0	2.0	22.0	19.0	99.0	103.0	494.00	41.17
21	1984	95.0	69.0	132.0	29.0	1.0	0.0	0.0	0.0	39.0	52.0	64.0	296.0	777.00	64.75
22	1985	88.0	174.0	201.0	33.0	2.0	0.0	0.0	2.0	32.0	44.0	159.0	159.0	894.00	74.50
23	1986	65.0	90.0	64.0	24.0	2.0	1.0	0.0	5.0	17.0	36.0	52.0	211.0	567.00	47.25
24	1987	126.0	140.0	196.0	28.0	4.0	1.0	36.0	0.0	19.0	51.0	37.0	49.0	687.00	57.25
25	1988	294.0	118.0	83.0	10.0	7.0	0.0	0.0	0.0	3.0	48.0	44.0	49.0	656.00	54.67
26	1989	300.0	96.0	78.0	57.0	0.0	0.0	1.0	31.0	15.0	27.0	88.0	124.0	817.00	68.08
27	1990	66.0	81.0	113.0	26.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.0	50.0	110.0	135.0	598.00	49.83
28	1991	174.0	114.0	75.0	13.0	1.0	1.0	0.0	0.0	31.0	20.0	61.0	207.0	697.00	58.08
29	1992	145.0	226.0	246.0	16.0	0.0	11.0	0.0	16.0	10.0	77.0	47.0	135.0	929.00	77.42
30	1993	215.0	80.0	92.0	35.0	0.0	0.0	0.0	5.0	18.0	57.0	90.0	239.0	831.00	69.25
31	1994	241.0	90.0	135.0	24.0	0.0	0.0	27.0	0.0	26.0	36.0	89.0	219.0	887.00	73.92
32	1995	76.0	286.0	144.0	49.0	0.0	0.0	0.0	0.0	38.0	80.0	57.0	142.0	872.00	72.67
33	1996	207.0	67.0	124.0	15.0	1.0	2.0	0.0	14.0	11.0	37.0	76.0	89.0	643.00	53.58
34	1997	122.0	584.0	368.0	3.0	0.0	0.0	0.0	4.0	31.0	43.0	131.0	210.0	1496.00	124.67
35	1998	151.0	151.0	257.0	21.0	0.0	1.0	0.0	0.0	29.0	39.0	104.0	260.0	1013.00	84.42
36	1999	150.0	59.0	92.0	51.0	0.0	4.0	0.0	4.0	25.0	34.0	63.0	124.0	606.00	50.50
37	2000	97.0	238.0	191.0	60.0	3.0	16.0	0.0	7.0	31.0	80.0	95.0	113.0	931.00	77.58
38	2001	62.0	95.0	96.0	17.0	1.0	0.0	1.0	7.0	6.0	50.0	29.0	101.0	465.00	38.75
N° DATOS		38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00
MEDIA		167.55	165.53	162.08	31.71	3.92	1.92	3.32	5.61	23.76	44.00	82.55	141.95	833.89	69.49
DESV.STD		104.11	122.01	93.09	20.04	7.15	3.47	8.10	8.75	12.59	18.60	35.47	70.11	297.98	24.83
C.V.		0.62	0.74	0.57	0.63	1.82	1.80	2.44	1.56	0.53	0.42	0.43	0.49	0.36	0.36
P.MAXIMA		534.00	584.00	465.00	65.00	30.00	16.00	36.00	38.00	55.00	80.00	190.00	296.00	1743.00	145.25
P.MINIMA		60.00	40.00	24.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00	29.00	42.00	320.00	26.67

Fuente: SENAMHI - TC

FECHA: 11/09/2008 08:32

diciembre - marzo 637.11 76%
abril - noviembre 196.79 24%



CUADRO A2.11: REGISTRO HIDROMETEOROLOGICO
Precipitación Mensual Acumulada (mm)

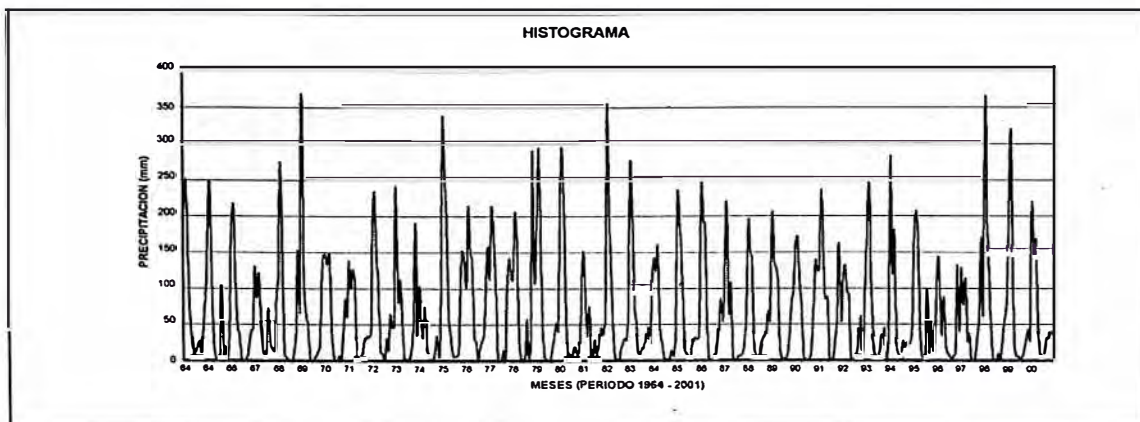
ESTACION: TINTAYA LAT: 14° 54' S Departamento : Cusco
TIPO: LONG: 71° 20' W Provincia : Espinar
CUENCA: APURIMAC ALT: 4.005.00 msnm Distrito : Espinar

ITEM	ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	MEDIA
1	1964	211.0	249.0	156.0	62.0	25.0	1.0	10.0	12.0	21.0	6.0	57.0	99.0	909.00	75.75
2	1965	194.0	245.0	116.0	24.0	2.0	0.0	0.0	100.0	3.0	14.0	0.0	39.0	737.00	61.42
3	1966	168.0	217.0	121.0	43.0	38.0	0.0	0.0	0.0	6.0	24.0	41.0	44.0	702.00	58.50
4	1967	130.0	87.0	121.0	55.0	8.0	0.0	11.0	67.0	19.0	11.0	7.0	95.0	611.00	50.92
5	1968	117.0	273.0	173.0	7.0	4.0	0.0	0.0	0.0	14.0	43.0	153.0	72.0	856.00	71.33
6	1969	368.0	108.0	62.0	49.0	0.0	0.0	0.0	5.0	12.0	20.0	101.0	146.0	871.00	72.58
7	1970	147.0	133.0	147.0	47.0	2.0	0.0	0.0	6.0	0.0	42.0	85.0	62.0	671.00	55.92
8	1971	138.0	100.0	126.0	111.0	0.0	0.0	0.0	5.0	23.0	34.0	32.0	38.0	607.00	50.58
9	1972	184.0	234.0	144.0	109.0	11.0	10.0	0.0	30.0	14.0	63.0	46.0	46.0	891.00	74.25
10	1973	241.0	83.0	112.0	60.0	0.0	1.0	1.0	2.0	22.0	63.0	190.0	31.0	806.00	67.17
11	1974	103.0	47.0	25.0	69.0	8.0	2.0	1.0	0.0	14.0	34.0	7.0	108.0	418.00	34.83
12	1975	334.0	256.0	188.0	59.0	33.0	5.0	6.0	6.0	10.0	103.0	151.0	142.0	1293.00	107.75
13	1976	104.0	214.0	147.0	142.0	31.0	26.0	0.0	16.0	29.0	36.0	106.0	158.0	1009.00	84.08
14	1977	114.0	212.0	180.0	101.0	0.0	0.0	1.0	14.0	0.0	101.0	142.0	112.0	977.00	81.42
15	1978	113.0	205.0	159.0	32.0	0.0	2.0	1.0	57.0	0.0	31.0	290.0	110.0	1000.00	83.33
16	1979	191.0	294.0	183.0	54.0	4.0	2.0	0.0	1.0	19.0	33.0	52.0	41.0	874.00	72.83
17	1980	205.0	295.0	195.0	61.0	1.0	4.0	0.0	4.0	14.0	2.0	13.0	105.0	899.00	74.92
18	1981	151.0	82.0	33.0	74.0	0.0	0.0	23.0	1.0	18.0	45.0	35.0	58.0	520.00	43.33
19	1982	352.0	216.0	133.0	53.0	3.0	1.0	0.0	15.0	24.0	30.0	28.0	79.0	934.00	77.83
20	1983	274.0	187.0	76.0	51.0	9.0	0.0	11.0	11.0	24.0	46.0	25.0	103.0	817.00	68.08
21	1984	141.0	124.0	157.0	34.0	25.0	0.0	1.0	1.0	2.0	13.0	6.0	50.0	554.00	46.17
22	1985	231.0	192.0	149.0	74.0	9.0	2.0	0.0	0.0	27.0	31.0	29.0	32.0	776.00	64.67
23	1986	243.0	191.0	190.0	52.0	0.0	0.0	2.0	1.0	8.0	44.0	85.0	54.0	870.00	72.50
24	1987	115.0	220.0	67.0	107.0	4.0	0.0	0.0	5.0	6.0	9.0	28.0	72.0	633.00	52.75
25	1988	194.0	148.0	142.0	27.0	1.0	0.0	0.0	17.0	26.0	30.0	68.0	54.0	707.00	58.92
26	1989	204.0	137.0	129.0	112.0	19.0	0.0	2.0	1.0	12.0	42.0	84.0	96.0	838.00	69.83
27	1990	161.0	171.0	106.0	69.0	3.0	1.0	0.0	0.0	13.0	76.0	138.0	124.0	862.00	71.83
28	1991	126.0	236.0	167.0	86.0	88.0	0.0	1.0	2.0	27.0	59.0	162.0	54.0	1008.00	84.00
29	1992	120.0	132.0	95.0	91.0	0.0	1.0	0.0	2.0	16.0	61.0	7.0	86.0	611.00	50.92
30	1993	158.0	248.0	125.0	51.0	20.0	0.0	0.0	0.0	26.0	44.0	0.0	26.0	698.00	58.17
31	1994	282.0	122.0	179.0	31.0	12.0	2.0	0.0	22.0	14.0	21.0	24.0	49.0	758.00	63.17
32	1995	180.0	207.0	168.0	53.0	6.0	1.0	1.0	93.0	4.0	48.0	7.0	56.0	824.00	68.67
33	1996	142.0	99.0	34.0	88.0	25.0	10.0	7.0	1.0	5.0	10.0	132.0	40.0	593.00	49.42
34	1997	128.0	77.0	112.0	27.0	37.0	0.0	0.0	0.0	27.0	62.0	170.0	66.0	706.00	58.83
35	1998	363.0	204.0	142.0	63.0	2.0	0.0	0.0	9.0	0.0	28.0	53.0	78.0	942.00	78.50
36	1999	200.0	320.0	170.0	22.0	5.0	5.0	2.0	4.0	14.0	28.0	41.0	28.0	839.00	69.92
37	2000	217.0	142.0	166.0	54.0	19.0	0.0	2.0	4.0	25.0	25.0	39.0	35.0	728.00	60.67
38	2001	127.0	155.0	87.0	10.0	21.0	15.0	0.0	2.0	22.0	14.0	36.0	81.0	570.00	47.50
Nº DATOS		38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00
MEDIA		188.71	180.58	131.11	60.89	12.50	2.39	2.18	13.58	14.74	37.53	70.26	72.87	787.34	65.61
DESV.STD		73.30	68.58	44.71	30.27	16.86	5.07	4.58	24.22	8.98	23.33	65.19	34.79	167.99	14.00
C.V.		0.39	0.38	0.34	0.50	1.35	2.12	2.10	1.78	0.61	0.62	0.93	0.48	0.21	0.21
P.MAXIMA		368.00	320.00	195.00	142.00	88.00	26.00	23.00	100.00	29.00	103.00	290.00	158.00	1293.00	107.75
P.MINIMA		103.00	47.00	25.00	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	26.00	418.00	34.83

Fuente: SENAMHI - TC

FECHA: 11/09/2008 08:34

diciembre - marzo 573.26 73%
abril - noviembre 214.08 27%



CUADRO A2.12: REGISTRO HIDROMETEOROLOGICO GENERADO
Precipitación Mensual Acumulada (mm)
SANTO TOMAS - AREA DE CULTIVOS

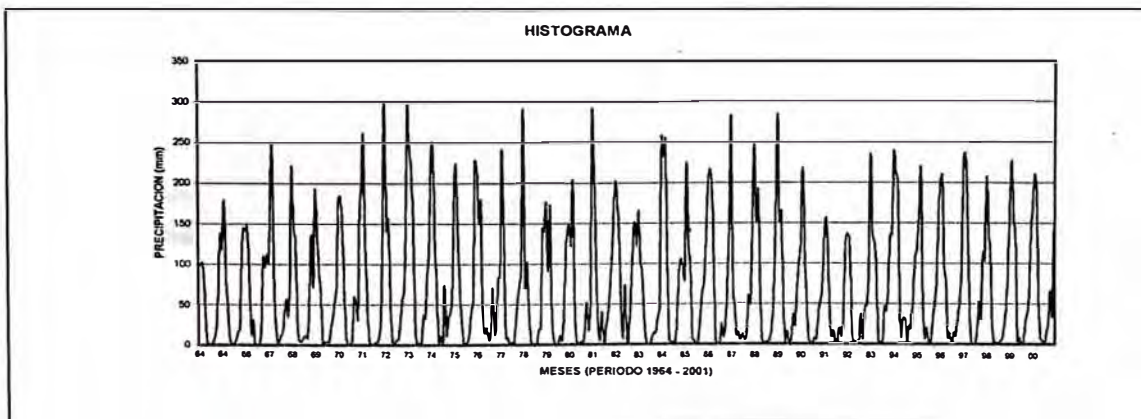
ESTACION: AREA CULTIVOS LAT: 14° 28' 56" Departamento : CUSCO
LONG: 72° 5' 24" Provincia : CHUMBIVILCAS
ALT: 3,775 msnm Distrito : SANTO TOMAS

ITEM	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	MEDIA
1	1964	96.48	99.98	100.93	63.21	6.25	0.00	0.00	2.47	9.54	23.42	77.68	137.09	617.0	51.4
2	1965	118.52	178.18	86.49	41.06	4.41	0.58	1.12	6.14	15.40	20.38	106.08	143.97	722.3	60.2
3	1966	141.99	146.88	90.61	13.93	31.27	0.00	0.00	0.45	15.05	108.49	98.01	111.45	756.1	63.0
4	1967	101.35	179.89	244.90	65.10	11.23	0.23	10.70	15.20	37.58	56.56	35.81	94.75	853.3	71.1
5	1968	221.09	142.78	128.51	15.84	3.39	3.71	10.02	10.68	8.52	63.40	138.22	72.02	816.2	68.0
6	1969	191.75	137.97	93.69	58.78	0.00	3.10	3.24	3.11	21.40	32.80	54.22	71.71	671.8	56.0
7	1970	180.18	183.82	154.37	80.65	9.55	0.88	1.77	5.28	59.16	53.38	32.56	162.05	923.7	77.0
8	1971	192.58	260.52	133.82	52.66	3.13	0.88	0.00	2.65	2.65	9.59	36.67	157.44	852.6	71.0
9	1972	298.37	141.71	156.13	56.77	3.32	0.00	6.22	6.60	28.45	56.70	85.81	147.08	967.2	80.6
10	1973	294.24	241.16	214.49	141.42	13.53	0.45	1.78	2.66	36.40	32.70	87.24	114.25	1180.3	98.4
11	1974	224.95	249.20	143.99	71.84	3.33	10.66	0.44	73.61	12.17	34.29	38.03	58.18	920.7	76.7
12	1975	165.80	223.38	143.17	71.52	31.40	3.24	0.00	4.19	17.72	43.30	55.62	227.53	986.9	82.2
13	1976	220.11	151.46	177.17	25.86	12.81	19.46	4.21	15.13	70.21	12.51	30.61	83.52	823.1	68.6
14	1977	83.94	241.26	137.45	7.98	8.25	0.00	2.65	0.00	24.67	53.30	73.52	95.10	728.1	60.7
15	1978	291.64	73.00	102.75	42.95	2.87	0.89	0.00	0.00	18.56	20.67	143.96	139.63	836.9	69.7
16	1979	176.04	91.05	172.54	35.05	3.16	0.00	1.12	10.52	4.85	32.64	106.80	140.12	773.9	64.5
17	1980	148.54	123.49	202.18	37.03	0.74	0.44	2.87	0.68	19.08	51.55	16.89	56.58	660.1	56.0
18	1981	285.94	215.33	105.42	17.92	4.73	39.68	0.00	22.93	34.58	64.54	100.93	152.76	1044.8	87.1
19	1982	202.13	177.42	136.30	48.78	7.03	73.19	0.00	22.93	59.95	123.49	151.51	121.98	1124.7	93.7
20	1983	165.15	103.68	87.73	33.10	2.69	0.23	0.23	8.94	13.76	13.72	35.08	43.63	507.9	42.3
21	1984	255.50	232.30	252.89	114.52	4.85	2.39	1.55	2.02	35.71	89.92	105.31	95.77	1192.7	99.4
22	1985	79.65	223.98	121.67	98.96	6.24	3.62	0.00	5.99	35.44	64.66	76.98	132.32	849.5	70.8
23	1986	194.08	217.48	201.22	125.39	4.25	0.29	0.00	24.87	8.31	24.82	70.28	149.38	1020.3	85.0
24	1987	281.55	71.41	46.37	8.64	13.01	3.67	11.48	3.23	9.04	60.76	49.57	150.73	709.5	59.1
25	1988	247.41	151.52	191.03	84.95	5.97	0.58	2.05	0.88	7.50	21.22	59.02	153.12	925.3	77.1
26	1989	284.25	151.82	165.14	58.35	3.27	15.00	0.96	4.92	36.53	23.20	69.01	99.86	912.1	76.0
27	1990	128.53	218.54	127.17	59.74	6.01	1.55	0.89	7.05	4.99	37.59	51.53	66.38	708.0	59.0
28	1991	123.02	156.63	117.04	38.05	7.78	15.29	0.44	2.01	18.79	8.08	35.77	126.54	647.5	54.0
29	1992	138.50	131.46	68.00	4.42	0.44	2.02	1.77	36.19	4.07	46.82	46.80	86.59	565.1	47.1
30	1993	234.88	134.45	127.74	96.40	3.11	1.58	2.06	46.14	40.33	69.16	135.21	134.78	1025.8	85.5
31	1994	235.83	211.17	204.18	68.70	7.22	30.42	29.35	0.00	22.13	17.74	66.24	108.26	1001.23	83.44
32	1995	118.23	160.40	216.98	55.29	7.51	19.84	0.88	1.76	30.41	49.82	78.20	156.75	896.07	74.67
33	1996	199.85	209.13	96.91	78.38	6.69	12.37	0.23	12.73	8.78	34.76	52.33	98.82	810.76	67.56
34	1997	232.62	238.87	171.39	62.53	2.68	0.00	0.44	16.85	52.42	32.43	113.77	104.10	1026.10	85.51
35	1998	206.98	140.70	110.41	19.38	0.00	1.77	0.00	3.81	6.02	23.05	44.68	90.05	646.86	53.90
36	1999	160.27	227.29	152.62	140.24	3.20	7.78	0.00	0.00	26.25	37.07	58.00	137.36	950.09	79.17
37	2000	170.74	210.40	188.89	62.83	7.67	3.54	0.23	13.37	26.24	66.31	35.81	148.93	934.76	77.90
38	2001	293.76	249.42	191.55	117.91	14.74	0.52	9.65	7.68	25.91	58.05	82.01	205.85	1257.04	104.75
N° DATOS		38.00	38.00	38.00	36.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00
MEDIA		194.27	176.23	146.42	59.84	7.05	7.38	2.85	10.62	23.91	44.02	71.38	120.43	884.37	72.03
DES.V.STD		63.89	52.21	48.69	35.80	6.80	14.00	5.38	14.50	16.66	25.73	34.19	39.43	175.86	14.66
C.V.		0.33	0.30	0.33	0.60	0.97	1.90	1.89	1.37	0.70	0.58	0.48	0.33	0.20	0.20
P.MAXIMA		298.37	260.52	252.89	141.42	31.40	73.19	29.35	73.61	70.21	123.49	151.51	227.53	1257.04	104.75
P.MINIMA		79.65	71.41	46.37	4.42	0.00	0.00	0.00	0.00	2.65	8.08	16.89	43.63	507.94	42.33

Fuente: SENAMHI - TC

FECHA: 11/09/2008 08:34

diciembre - marzo 637.35 74%
abril - noviembre 227.02 26%



CUADRO A2.13: REGISTRO HIDROMETEOROLOGICO GENERADO
Precipitación Mensual Acumulada (mm)
MICROCUENCA HANCCOYOC

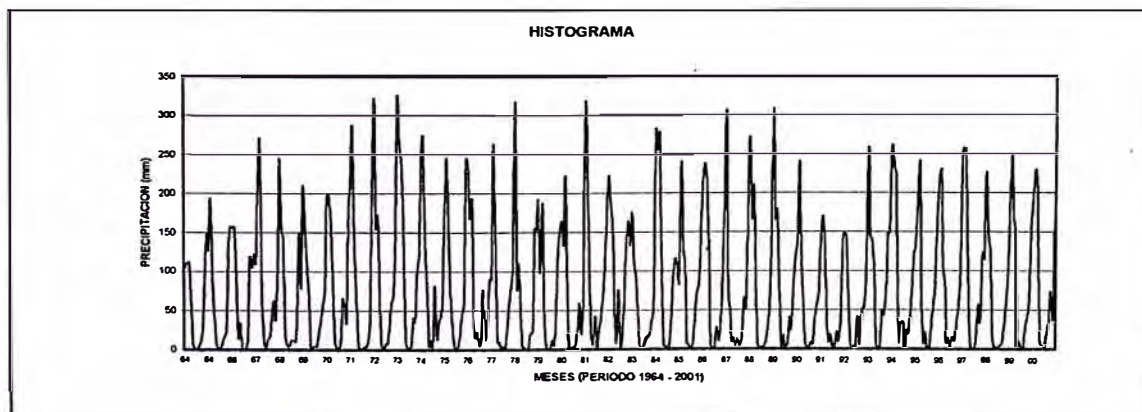
ESTACION: MICROCUENCA HANCCOYOC
LAT: 14° 32' 53"
LONG: 72° 4' 21"
ALT: 4.141 msnm
Departamento : CUSCO
Provincia : CHUMBIVILCAS
Distrito : SANTO TOMAS

ITEM	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	MEDIA
1	1964	104.67	109.56	111.18	68.92	6.88	0.00	0.00	2.81	10.18	25.42	83.29	148.02	670.9	55.9
2	1965	127.40	192.77	95.02	44.63	4.57	0.66	1.24	6.89	17.05	22.72	116.70	156.91	786.6	65.5
3	1966	155.92	157.06	96.46	15.55	33.32	0.00	0.00	0.52	15.93	117.53	104.85	122.01	819.2	68.3
4	1967	109.78	193.31	266.38	69.74	12.34	0.26	11.68	16.37	41.39	62.22	38.23	103.55	925.2	77.1
5	1968	243.29	154.58	139.83	17.13	3.92	4.21	10.98	11.78	9.53	69.76	148.23	78.83	892.1	74.3
6	1969	208.40	151.79	101.73	63.59	0.00	3.27	3.56	3.33	22.28	34.89	58.34	77.93	729.1	60.8
7	1970	195.52	199.59	165.83	86.28	10.26	0.91	1.89	5.65	64.34	56.64	34.86	177.89	999.7	83.3
8	1971	209.04	286.39	144.87	56.73	3.48	1.00	0.00	2.74	2.74	10.51	38.65	170.45	926.6	77.2
9	1972	321.91	155.69	171.56	61.47	3.53	0.00	6.95	7.11	31.23	61.38	70.85	159.28	1050.9	87.6
10	1973	322.75	265.78	234.27	154.95	14.68	0.52	2.04	3.04	40.49	34.83	94.34	124.90	1292.6	107.7
11	1974	246.35	272.38	156.99	77.51	3.67	11.80	0.46	81.32	13.55	36.33	40.44	62.90	1003.7	83.6
12	1975	181.94	244.41	156.32	78.63	34.28	3.70	0.00	4.38	18.82	46.76	59.31	244.17	1072.7	89.4
13	1976	238.93	167.58	191.49	28.49	13.85	21.50	4.44	16.84	76.60	13.14	32.48	90.30	895.6	74.6
14	1977	89.88	262.23	148.24	8.36	8.70	0.00	2.97	0.00	26.58	57.63	79.48	101.30	785.4	65.4
15	1978	317.62	78.42	109.74	46.47	3.01	0.98	0.00	0.00	19.47	22.28	154.19	150.72	902.9	75.2
16	1979	191.22	97.89	187.21	37.56	3.34	0.00	1.24	11.14	5.03	34.61	115.19	152.35	836.8	69.7
17	1980	163.62	133.92	220.48	41.64	0.85	0.46	3.01	0.78	21.83	58.54	18.62	62.94	726.7	60.6
18	1981	311.69	238.66	115.63	20.52	5.10	41.17	0.00	25.65	37.83	68.45	107.88	166.09	1138.7	94.9
19	1982	221.81	191.34	152.91	55.26	7.73	75.93	0.00	25.38	63.96	131.64	163.76	132.45	1222.2	101.8
20	1983	175.62	111.71	93.47	37.18	3.00	0.26	0.26	9.68	15.53	15.22	37.43	48.39	547.8	45.6
21	1984	279.98	255.20	276.32	123.59	5.49	2.75	1.63	2.29	37.13	97.64	116.31	105.57	1303.9	108.7
22	1985	84.85	239.65	130.58	108.09	6.79	4.18	0.00	6.63	40.12	69.78	84.52	146.45	921.6	76.8
23	1986	213.81	237.62	221.34	138.80	4.70	0.33	0.00	27.25	9.39	26.16	75.50	162.92	1115.8	93.0
24	1987	305.51	75.85	49.80	9.69	13.53	4.18	13.11	3.73	9.41	65.16	53.07	162.07	765.1	63.8
25	1988	271.82	166.92	209.13	94.25	6.27	0.66	2.33	0.91	8.00	23.19	61.83	166.82	1012.1	84.3
26	1989	307.90	166.67	178.69	64.41	3.67	17.06	1.05	5.65	39.21	24.45	73.49	110.72	993.0	82.7
27	1990	138.27	239.99	137.34	66.55	6.52	1.63	0.98	8.04	5.24	41.35	57.01	72.18	775.1	64.6
28	1991	131.37	170.22	126.11	40.02	8.65	17.31	0.48	2.22	21.15	8.75	38.66	139.47	704.4	58.7
29	1992	148.62	143.67	72.57	4.87	0.46	2.29	1.89	40.48	4.38	51.22	51.38	93.42	615.3	51.3
30	1993	257.83	144.78	140.22	105.77	3.56	1.83	2.16	48.76	42.45	75.72	148.31	148.73	1120.1	93.3
31	1994	258.12	231.57	222.31	74.08	8.19	31.56	33.82	0.00	23.84	19.02	71.71	118.67	1092.88	91.07
32	1995	130.98	174.49	237.83	60.95	7.99	20.58	0.91	1.91	32.27	53.68	83.71	169.29	974.59	81.22
33	1996	217.70	229.35	105.98	86.15	7.54	12.94	0.26	14.03	9.81	37.14	56.60	108.89	886.38	73.86
34	1997	255.02	257.32	185.14	67.41	3.09	0.00	0.46	19.28	56.98	34.32	123.01	115.00	1117.01	93.08
35	1998	226.64	152.92	119.85	20.92	0.00	1.98	0.00	4.07	6.28	25.46	49.10	98.33	705.55	58.80
36	1999	174.21	249.28	167.53	150.47	3.68	8.19	0.00	0.00	29.46	40.99	61.99	150.54	1036.33	86.36
37	2000	188.36	229.85	205.92	66.67	8.58	3.95	0.26	14.70	27.48	73.34	38.50	162.49	1020.10	85.01
38	2001	321.35	273.54	211.91	127.69	16.70	0.59	10.60	8.32	27.27	61.40	86.40	220.80	1366.58	113.88
Nro.DATOS		38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00
MEDIA		211.83	192.21	159.43	65.24	7.68	7.86	3.18	11.68	25.90	47.61	77.06	131.15	940.82	78.40
DESV.STD		69.86	57.61	53.53	38.79	7.34	14.58	6.14	15.92	18.06	27.79	37.21	42.34	192.64	16.05
C.V.		0.33	0.30	0.34	0.59	0.96	1.86	1.93	1.36	0.70	0.58	0.48	0.32	0.20	0.20
P.MAXIMA		322.75	286.39	276.32	154.95	34.28	75.93	33.82	81.32	76.60	131.64	163.76	244.17	1366.58	113.88
P.MINIMA		84.85	75.85	49.80	4.87	0.00	0.00	0.00	0.00	2.74	8.75	18.62	48.39	547.77	45.65

Fuente: SENAMH - TC

FECHA: 11/09/2008 09:34

diciembre - marzo 694.62 74%
abril - noviembre 246.20 26%

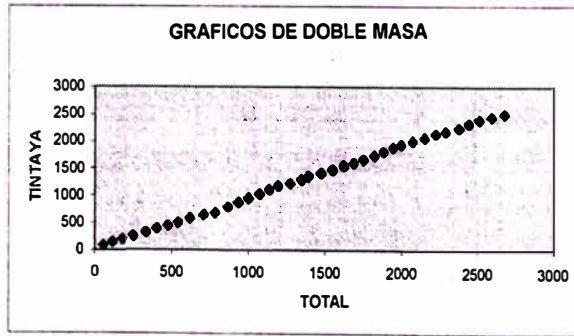
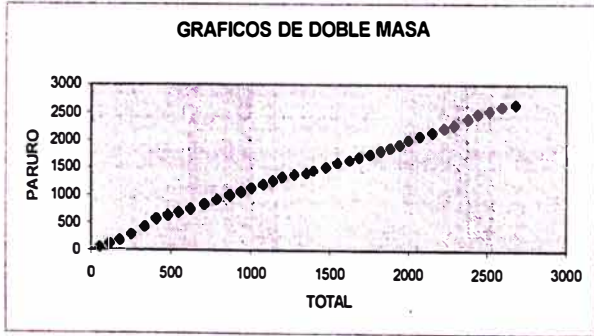
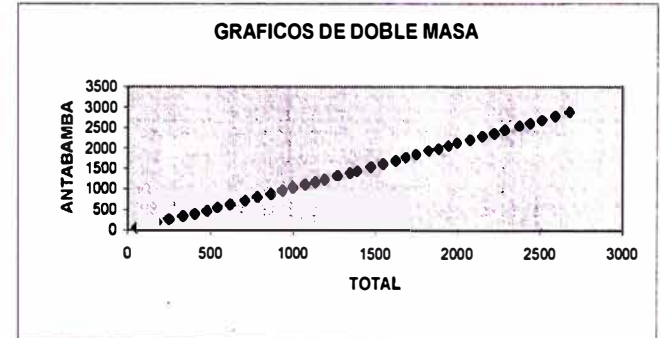
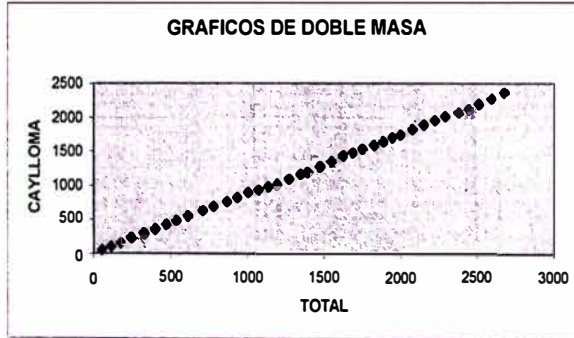
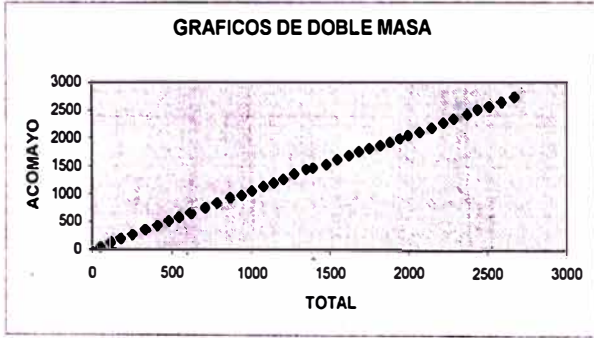
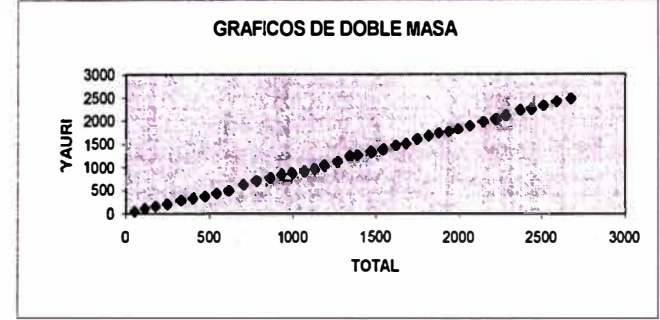
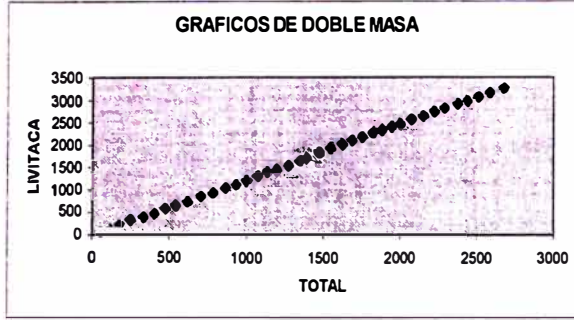
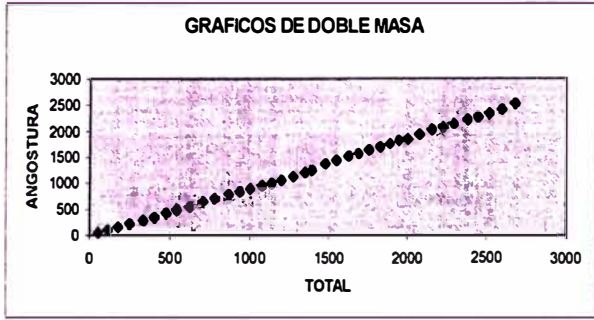


CUADRO A2.14.a: ANALISIS DE DOBLE MASA

AÑO	ANGOSTURA		LIVITACA		YAURI		ACOMAYO		CAYLLOMA		ANTABAMBA		PARURO		TINTAYA		TOTAL	
	PARCIAL	ACUMULADO	PARCIAL	ACUMULADO	PARCIAL	ACUMULADO	PARCIAL	ACUMULADO	PARCIAL	ACUMULADO	PARCIAL	ACUMULADO	PARCIAL	ACUMULADO	PARCIAL	ACUMULADO	PROMEDIO	ACUMULADO
1964	49.08	49.08	62.92	62.92	43.08	43.08	43.92	43.92	50.33	50.33	45.92	45.92	49.75	49.75	75.75	75.75	52.59	52.59
1965	51.92	101.00	70.75	133.67	59.08	102.17	71.83	115.75	49.42	99.75	56.75	102.67	58.92	108.67	61.42	137.17	60.01	112.60
1966	51.67	152.67	81.92	215.58	52.08	154.25	76.33	192.08	50.17	149.92	66.25	168.92	60.42	169.08	58.50	195.67	62.17	174.77
1967	64.17	216.83	91.50	307.08	55.67	209.92	71.42	263.50	59.17	209.08	81.92	250.83	107.92	277.00	50.92	246.58	72.83	247.60
1968	70.33	287.17	74.92	382.00	65.33	275.25	88.83	352.33	76.00	285.08	78.17	329.00	141.92	418.92	71.33	317.92	83.35	330.96
1969	55.92	343.08	71.25	453.25	40.83	316.08	69.33	421.67	56.33	341.42	57.25	386.25	145.25	564.17	72.58	390.50	71.09	402.05
1970	77.75	420.83	103.42	556.67	47.25	363.33	78.67	500.33	72.50	413.92	76.00	462.25	67.50	631.67	55.92	446.42	72.38	474.43
1971	62.50	483.33	87.25	643.92	63.17	426.50	71.42	571.75	54.17	468.08	75.83	538.08	55.42	687.08	50.58	497.00	65.04	539.47
1972	68.25	551.58	99.00	742.92	73.67	500.17	73.08	644.83	69.33	537.42	92.50	630.58	57.92	745.00	74.25	571.25	76.00	615.47
1973	80.83	632.42	101.58	844.50	120.83	621.00	92.50	737.33	79.83	617.25	83.42	714.00	85.33	830.33	67.17	638.42	88.94	704.41
1974	60.83	693.25	87.67	932.17	83.25	704.25	87.17	824.50	64.33	681.58	91.67	805.67	82.33	912.67	34.83	673.25	74.01	778.42
1975	76.25	769.50	101.00	1,033.17	70.08	774.33	84.42	908.92	71.92	753.50	73.33	879.00	80.25	992.92	107.75	781.00	83.13	861.54
1976	59.92	829.42	82.00	1,115.17	64.67	839.00	60.50	969.42	58.67	812.17	90.25	969.25	59.33	1,052.25	84.08	865.08	69.93	931.47
1977	56.58	886.00	86.08	1,201.25	34.00	873.00	69.25	1,038.67	62.75	874.92	57.33	1,026.58	68.75	1,121.00	81.42	946.50	64.52	995.99
1978	62.42	948.42	98.42	1,299.67	41.92	914.92	91.42	1,130.08	59.75	934.67	89.67	1,116.25	75.75	1,196.75	83.33	1,029.83	75.33	1,071.32
1979	45.67	994.08	86.25	1,385.92	55.25	970.17	63.50	1,193.58	43.25	977.92	57.42	1,173.67	64.17	1,260.92	72.83	1,102.67	61.04	1,132.36
1980	55.67	1,049.75	50.50	1,436.42	69.00	1,039.17	64.00	1,257.58	44.92	1,022.83	53.75	1,227.42	58.67	1,319.58	74.92	1,177.58	58.93	1,191.29
1981	77.83	1,127.58	100.92	1,537.33	85.50	1,124.67	100.42	1,358.00	70.58	1,093.42	94.83	1,322.25	56.08	1,375.67	43.33	1,220.92	78.69	1,269.98
1982	76.50	1,204.08	114.83	1,652.17	88.33	1,213.00	75.33	1,433.33	70.00	1,163.42	72.42	1,394.67	26.67	1,402.33	77.83	1,298.75	75.24	1,345.22
1983	36.42	1,240.50	60.00	1,712.17	26.17	1,239.17	29.58	1,462.92	34.58	1,198.00	47.33	1,442.00	41.17	1,443.50	68.08	1,366.83	42.92	1,388.14
1984	117.58	1,358.08	110.50	1,822.67	82.50	1,321.67	71.00	1,533.92	83.75	1,281.75	97.92	1,539.92	64.75	1,508.25	46.17	1,413.00	84.27	1,472.41
1985	67.25	1,425.33	90.42	1,913.08	53.83	1,375.50	77.67	1,611.58	72.67	1,354.42	71.75	1,611.67	74.50	1,582.75	64.67	1,477.67	71.59	1,544.00
1986	87.83	1,513.17	92.50	2,005.58	83.50	1,459.00	74.08	1,685.67	82.17	1,436.58	79.67	1,691.33	47.25	1,630.00	72.50	1,550.17	77.44	1,621.44
1987	41.67	1,554.83	82.92	2,088.50	45.00	1,504.00	78.75	1,764.42	43.00	1,479.58	77.50	1,768.83	57.25	1,687.25	52.75	1,602.92	59.85	1,681.29
1988	69.58	1,624.42	82.33	2,170.83	85.83	1,589.83	43.92	1,808.33	57.83	1,537.42	79.75	1,848.58	54.67	1,741.92	58.92	1,661.83	66.60	1,747.90
1989	63.08	1,687.50	89.75	2,260.58	75.92	1,665.75	64.00	1,872.33	60.42	1,597.83	86.92	1,935.50	68.08	1,810.00	69.83	1,731.67	72.25	1,820.15
1990	57.25	1,744.75	62.17	2,322.75	63.83	1,729.58	58.83	1,931.17	54.25	1,652.08	56.25	1,991.75	49.83	1,859.83	71.83	1,803.50	59.28	1,879.43
1991	60.75	1,805.50	66.17	2,388.92	37.83	1,767.42	49.42	1,980.58	57.50	1,709.58	69.58	2,061.33	58.08	1,917.92	84.00	1,887.50	60.42	1,939.84
1992	39.33	1,844.83	55.50	2,444.42	47.00	1,814.42	60.17	2,040.75	35.58	1,745.17	58.00	2,119.33	77.42	1,995.33	50.92	1,938.42	52.99	1,992.83
1993	79.00	1,923.83	95.42	2,539.83	87.50	1,901.92	65.75	2,106.50	79.00	1,824.17	77.25	2,196.58	69.25	2,064.58	58.17	1,996.58	76.42	2,069.25
1994	88.08	2,011.92	94.83	2,634.67	74.33	1,976.25	74.42	2,180.92	68.83	1,893.00	85.75	2,282.33	73.92	2,138.50	63.17	2,059.75	77.92	2,147.17
1995	66.17	2,078.08	90.33	2,725.00	68.08	2,044.33	88.33	2,269.25	58.92	1,951.92	71.42	2,353.75	72.67	2,211.17	68.67	2,128.42	73.07	2,220.24
1996	69.00	2,147.08	73.92	2,798.92	66.33	2,110.67	60.75	2,330.00	59.75	2,011.67	77.92	2,431.67	53.58	2,264.75	49.42	2,177.83	63.83	2,284.07
1997	78.75	2,225.83	101.83	2,900.75	78.08	2,188.75	98.92	2,428.92	65.25	2,076.92	104.92	2,536.58	124.67	2,389.42	58.83	2,236.67	88.91	2,372.98
1998	50.67	2,276.50	61.67	2,962.42	52.25	2,241.00	73.17	2,502.08	50.00	2,126.92	62.00	2,598.58	84.42	2,473.83	78.50	2,315.17	64.08	2,437.06
1999	71.92	2,348.42	90.25	3,052.67	79.17	2,320.17	63.75	2,565.83	76.92	2,203.83	75.75	2,674.33	50.50	2,524.33	69.92	2,385.08	72.27	2,509.33
2000	80.67	2,429.08	88.83	3,141.50	70.17	2,390.33	76.83	2,642.67	77.33	2,281.17	106.67	2,781.00	77.58	2,601.92	60.67	2,445.75	79.84	2,589.18
2001	101.00	2,530.08	128.67	3,270.17	86.25	2,476.58	93.92	2,736.58	90.25	2,371.42	91.58	2,872.58	38.75	2,640.67	47.50	2,493.25	84.74	2,673.92

Elaboración: Proyecto Especial Plan Meriss Inka

CUADRO A2.14.b: GRAFICOS DE DOBLE MASA



CUADRO A2.15: VARIABLES CLIMATICAS

AREA DE LOS CULTIVOS

ALTITUD : 3,775 m.s.n.m.

LATITUD : 14° 28' 58"

VARIABLES	UNIDAD	MESES												TOTAL	PROMEDIO
		JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN		
PRECIPITACION MEDIA MENSUAL (Registros CO Santo Tomás)	mm	3.18	11.68	25.90	47.61	77.06	131.15	211.83	192.21	159.43	65.24	7.68	7.86	940.82	78.40
PRECIPITACION MEDIA MENSUAL (Registros Extendidos)	mm	2.85	10.62	23.91	44.02	71.36	120.43	194.27	176.23	146.42	59.84	7.05	7.36	864.37	72.03
DESVIACION ESTANDAR	mm	6.14	15.92	18.06	27.79	37.21	42.34	69.96	57.61	53.53	38.79	7.34	14.58	175.86	14.66
PRECIPITACION AL 75 % PERSISTENCIA	mm	0.00	0.00	11.73	25.28	46.26	91.87	147.08	137.37	110.31	33.68	2.09	0.00	605.67	50.47
PRECIP. EFECTIVA AL 75 % PERSISTENCIA (USDA)	mm	0.00	0.80	12.40	25.60	0.90	79.70	114.60	109.20	93.00	33.70	2.50	0.00	472.40	39.37
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL	C°	6.37	7.45	8.96	10.19	10.37	10.23	9.98	9.94	9.79	9.40	8.04	6.70		8.95
TEMPERATURA MINIMA MEDIA MENSUAL	C°	-1.06	0.73	1.80	2.20	2.75	3.03	3.18	2.48	2.99	2.20	0.70	-0.92		1.67
TEMPERATURA MAXIMA MEDIA MENSUAL	C°	15.70	16.62	16.43	17.83	17.98	16.49	15.69	15.38	15.63	16.09	15.88	15.62		16.28
N° DE DIAS POR MES	Dias	31.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	31.00	28.00	31.00	30.00	31.00	30.00	365.00	30.42
FACTOR DE CORRECCION POR ALTURA (F.C.A.)		1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23		1.23
RADIACION EXTRA-TERRESTRE (Ra)	mm/dia	356.61	397.66	433.55	489.80	497.17	518.34	519.20	459.20	473.55	409.55	372.11	333.10	5,259.84	438.32
H.DE SOL TOTAL MENSUAL - E. ABANCAY (n1)	hr/mes	233.20	226.20	213.80	224.20	198.20	166.10	147.70	141.60	166.70	200.20	222.20	222.60	2,362.70	196.89
H.DE SOL TOTAL MENSUAL - E. KAYRA (n2)	hr/mes	258.10	233.30	196.20	198.30	175.30	153.10	130.50	126.60	152.10	192.10	235.60	242.70	2,293.90	191.16
H.DE SOL TOTAL MENSUAL - E. PERAYOC (n3)	hr/mes	249.60	243.60	205.50	213.20	186.60	161.20	140.30	131.60	158.60	187.80	237.20	237.40	2,352.60	196.05
H.DE SOL TOTAL MENSUAL - HUAYHUHUASI (n = (n1+n2+n3)/3)	hr/dia	246.97	234.40	205.20	195.60	186.70	160.10	135.90	133.30	159.10	193.40	231.70	234.20	2,316.57	193.05
HORAS TEORICAS DE FUERTE INSOLACION (N)	hr/dia	7.97	7.56	6.84	6.31	6.22	5.16	4.38	4.76	5.13	6.45	7.47	7.81	76.07	6.34
	hr/mes	351.26	360.24	360.00	386.86	383.38	402.04	398.94	352.22	377.88	354.00	354.04	336.93	4,417.79	368.15
RADIACION SOLAR MEDIA (R.S.M)		224.26	240.57	245.49	261.21	260.21	245.32	227.27	211.87	230.46	227.04	225.77	208.29	2,807.77	233.98
EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL (E.T.P.) (1)	mm.	89.67	100.49	108.67	120.95	121.27	113.75	104.47	97.23	105.19	102.18	96.51	84.43	1,244.80	103.73
EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL (E.T.P.) (2) (referencial)	mm.	130.20	136.71	124.20	127.72	115.20	99.20	85.25	85.12	99.51	108.30	123.07	126.60	1,361.08	113.42
VELOCIDAD DEL VIENTO - EST. ANGOSTURA (Vv)	m/s	5.60	6.40	6.10	5.80	5.90	5.50	3.80	4.80	4.00	4.00	5.00	6.30		5.27
HUMEDAD RELATIVA MEDIA MENSUAL (H.R.) **	%	65.20	64.10	64.30	64.00	66.40	70.30	72.90	74.00	73.40	72.30	68.90	65.50		68.44
N° DE DIAS CON HELADAS	Dias	8.00	7.00	3.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00	12.00	36.00	

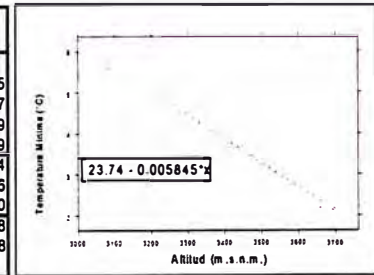
** Tomada de la Estacion Paruro 1) Hargreaves 2) Penman-Montsih USDA : Soil Conservation Service Method USBR : United States Bureau of Reclamation Method

Elaboración: Proyecto Especial Plan Merits Inca

CUADRO A2.16: TEMPERATURA MINIMA MEDIA MENSUAL

ESTACIONES	ALTITUD msnm	MESES												MEDIA	
		JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN		
ACOMAYO	3,250	0.60	2.60	5.00	6.50	6.90	7.30	7.40	7.20	7.00	5.40	2.70	0.80	4.95	
PARURO	3,084	1.60	3.10	5.20	6.60	7.40	7.60	8.10	8.20	7.40	6.10	3.70	1.80	5.57	
POMACANCHI	3,700	-1.60	-0.01	2.10	3.20	3.70	4.20	4.60	4.10	4.10	3.20	0.20	-1.50	2.19	
SANTO TOMAS	3,661	0.30	2.20	2.40	2.30	3.00	3.00	3.00	2.30	3.00	2.20	2.10	0.50	2.19	
ECUACION DE REGRESION		a	12.76	14.10	21.96	28.55	29.61	29.87	31.07	34.48	28.58	23.97	16.61	13.28	23.74
		b	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	-0.006	-0.006
		r	-0.83	-0.79	-0.98	-0.96	-0.98	-0.95	-0.94	-0.95	-0.96	-0.96	-0.87	-0.83	-1.00
(AREA DE CULTIVOS)	3,775	-1.06	0.73	1.80	2.20	2.75	3.03	3.18	2.48	2.99	2.20	0.70	-0.92	1.68	
MICROCUCNEN HANCCOYOC	4,161	-2.47	-0.64	-0.26	-0.49	0.01	0.28	0.34	-0.79	0.37	-0.03	-0.93	-2.37	-0.58	

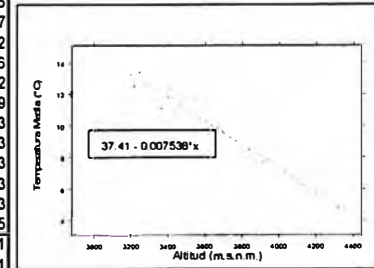
Fuente: SENAMHI - Evaluación de Recursos Naturales Parte Alta de la Cuenca del Río Apurímac PACRA - IMA 1,999



TEMPERATURA MEDIA MENSUAL

ESTACIONES	ALTITUD msnm	MESES												MEDIA	
		JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN		
CUSCO	3,399	10.60	11.50	12.40	13.30	13.50	13.00	12.70	12.60	12.80	12.90	12.00	11.00	12.36	
COMBAPATA	3,474	9.60	10.70	12.20	13.10	13.10	12.50	11.80	11.70	11.60	10.90	9.80	8.80	11.57	
CAYLLOMA	4,320	1.70	2.60	4.50	5.40	6.10	6.30	6.40	6.60	6.10	5.60	3.90	2.60	4.82	
ANGOSTURA	4,155	2.20	3.30	5.60	6.80	7.60	7.60	7.20	7.40	7.20	6.70	4.80	2.70	5.76	
ACOMAYO	3,250	11.00	12.40	13.80	17.70	14.70	14.20	13.70	13.60	13.50	13.20	12.20	11.00	13.42	
KAYRA	3,219	9.90	11.30	12.70	13.90	14.20	13.80	13.40	13.40	13.30	12.50	11.30	10.20	12.49	
LA RAYA	4,120	3.90	5.00	6.20	7.20	7.60	7.60	7.60	7.70	7.60	6.90	5.60	4.20	6.43	
PARURO	3,084	12.00	13.10	14.20	15.20	15.30	15.00	14.50	14.50	14.20	14.00	13.00	12.10	13.93	
PERAYOC	3,364	9.10	9.90	11.00	12.10	12.40	12.20	11.90	11.70	11.50	11.20	10.30	9.10	11.03	
POMACANCHI	3,700	7.30	8.90	10.30	11.10	10.70	10.80	10.60	9.90	10.00	10.00	8.50	7.50	9.63	
SICUANI	3,550	9.10	10.30	11.90	12.90	13.00	12.40	12.20	12.30	12.10	12.00	10.70	9.40	11.53	
YAURI	3,915	4.90	5.60	6.90	8.60	9.40	9.50	9.30	9.00	8.90	8.20	6.50	5.00	7.65	
ECUACION DE REGRESION		a	38.45	40.22	39.64	42.81	38.64	36.45	34.80	34.22	34.56	35.24	36.60	37.25	37.41
		b	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01
		r	-0.98	-0.98	-0.98	-0.95	-0.99	-0.99	-0.99	-0.99	-0.99	-0.98	-0.98	-0.98	-0.99
(AREA DE CULTIVOS)	3,775	6.37	7.45	8.96	10.19	10.37	10.23	9.98	9.94	9.79	9.40	8.04	6.70	8.95	
MICROCUCNEN HANCCOYOC	4,161	3.09	4.10	5.82	6.85	7.48	7.55	7.45	7.46	7.26	6.76	5.12	3.58	6.05	

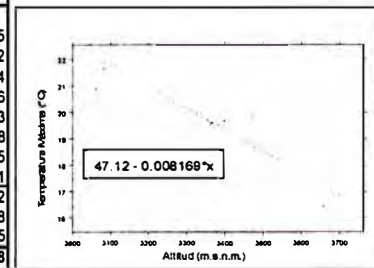
Fuente: SENAMHI - Evaluación de Recursos Naturales Parte Alta de la Cuenca del Río Apurímac PACRA - IMA 1,999



TEMPERATURA MAXIMA MEDIA MENSUAL

ESTACIONES	ALTITUD msnm	MESES												MEDIA	
		JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN		
CUSCO	3,399	19.30	19.60	20.00	20.90	20.70	19.60	18.90	18.80	19.10	19.70	19.80	19.40	19.65	
COMBAPATA	3,474	19.70	20.00	20.70	21.40	21.00	19.90	18.60	18.80	18.90	19.50	19.90	19.40	19.82	
ACOMAYO	3,250	20.50	21.40	21.90	22.40	22.00	21.00	19.90	20.00	20.10	20.70	21.00	20.40	20.94	
KAYRA	3,219	20.00	20.50	20.70	21.20	21.00	20.30	19.40	19.50	19.60	20.20	20.50	20.20	20.26	
PARURO	3,084	21.10	21.70	22.20	22.70	22.50	21.80	21.00	21.00	20.90	21.40	21.70	21.50	21.63	
PERAYOC	3,364	19.00	19.70	20.20	20.80	20.50	19.90	19.10	19.10	19.00	19.30	19.40	18.90	19.58	
POMACANCHI	3,700	16.40	17.50	16.20	18.70	18.20	17.30	16.40	15.80	16.00	16.50	16.80	16.40	16.85	
SANTO TOMAS	3,661	15.50	16.50	17.30	17.40	18.40	16.40	15.90	15.80	16.00	16.40	15.60	15.70	16.41	
ECUACION DE REGRESION		a	47.75	46.25	50.81	46.07	43.33	46.59	44.96	47.32	46.08	47.06	50.17	48.99	47.12
		b	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.008
		r	-0.92	-0.93	-0.92	-0.89	-0.94	-0.94	-0.97	-0.97	-0.96	-0.96	-0.93	-0.95	-0.95
(AREA DE CULTIVOS)	3,775	15.70	16.62	16.43	17.83	17.98	16.49	15.69	15.38	15.63	16.09	15.88	15.62	16.28	
MICROCUCNEN HANCCOYOC	4,161	12.42	13.60	12.91	14.95	15.39	13.41	12.70	12.11	12.52	12.92	12.37	12.21	13.13	

Fuente: SENAMHI - Evaluación de Recursos Naturales Parte Alta de la Cuenca del Río Apurímac PACRA - IMA 1,999



CUADRO A2.17: CALCULO DE LA DEMANDA DE AGUA CON PROYECTO

Area : 450.00 há

CULTIVOS	AREA há	%	COEFICIENTES DE USO CONSUNTIVO MENSUALIZADOS (Kc)											
			JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
PAPA	45.00	10.00%				1.00	0.23	0.72	0.95	0.98	0.80	0.33	0.14	
CEBADA	22.50	5.00%					0.80	0.28	0.27	0.64	0.81	0.84	0.39	
HORTALIZAS	9.00	2.00%			0.80	0.33	0.55	0.75	0.84	0.42				
RYE GRASS INGLES+R.G.ITALIANO+TRÉBOL	157.50	35.00%	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
RYE GRASS INGLES+TREBOL	0.00	0.00%	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
ALFALFA + DACTILYS + RYE GRASS ITALIANO	171.00	38.00%	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
AVENA FORRAJERA + VICIA (HENO)	45.00	10.00%				1.00	0.10	0.33	0.55	0.75	0.84	0.42		
Total (*)	450.00	100.00%												
AREA CULTIVADA	AREA %		328.50 73.00%	328.50 73.00%	337.50 75.00%	427.50 95.00%	450.00 100.00%	450.00 100.00%	450.00 100.00%	450.00 100.00%	441.00 98.00%	441.00 98.00%	396.00 88.00%	328.50 73.00%
Kc ponderado			0.40	0.40	0.41	0.52	0.38	0.43	0.47	0.51	0.51	0.42	0.37	0.40
ETP	mm		89.67	100.49	108.67	120.95	121.27	113.75	104.47	97.23	105.19	102.18	96.51	84.43
ETR (Consumo Teórico)	mm		35.87	40.20	44.63	63.48	45.60	48.46	49.34	49.14	53.29	42.65	35.70	33.77
PE 75 %	mm		0.00	0.80	12.40	25.60	0.90	79.70	114.60	109.20	93.00	33.70	2.50	0.00
Demanda unitaria neta	m ³ /há		358.67	393.95	322.28	378.78	446.98	-312.43	-652.60	-600.58	-397.08	89.45	331.96	337.71
Eficiencia de riego	%		0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46
Demanda bruta de agua	m ³ /há		779.72	856.42	700.60	823.43	971.69	-679.21	-1418.69	-1305.61	-863.23	194.46	721.66	734.15
Días por mes	días		31	31	30	31	30	31	31	28	31	30	31	30
Jomada de riego	horas		14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
MODULO DE RIEGO	l/s/há		0.50	0.55	0.46	0.53	0.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.46	0.49
CAUDAL DE DEMANDA EN CAPTACION	l/s		164	180	156	225	289	0	0	0	0	57	183	160
VOLUMEN REQUERIDO POR MES	m ³		256,136	281,335	236,453	352,016	437,262	0	0	0	0	85,758	285,779	241,169
VOLUMEN TOTAL REQUERIDO	m ³		2,175,907											

*) : Referido al Area fisica

Elaboración: Proyecto Especial Plan Meiss Inka

CUADRO A2.18: PARAMETROS FISIOGRAFICOS E HIDROLOGICOS

VARIABLES	UNIDAD	PARAMETROS HIDROLOGICOS												TOTAL	PROMEDIO	PARAMETROS FISIOGRAFICOS							
		JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN			LATITUD	LONGITUD	ALTITUD	AREA DE LA CUENCA	PENDIENTE C.	TEMP. SECA	RETENCION	
MICROCUEENCA HANCCOYOC																							
PRECIPITACION MEDIA MENSUAL	Pc	mm	3.18	11.68	25.90	47.61	77.06	131.15	211.83	192.21	159.43	65.24	7.68	7.86	940.82	78.40	14°32'53"	72°42'1"	4,141.14	24,687.9	301.9	214	35.00
DESVIACION ESTANDAR	S	mm	6.14	15.92	18.06	27.79	37.21	42.34	69.96	57.61	53.53	38.79	7.34	14.58	192.64	16.05	DESCRIPCION La Microcuenca Hanccoyoc, hasta la ubicación del eje del dique, tiene una extensión de 2468.79 há de superficie y un perímetro total de 24.50 Km. La altitud promedio de la cuenca es de 4,141.14 m.s.n.m. Presente en su superficie morfología variada con pendientes abruptas y empinadas en la parte alta, también presenta escasa cobertura vegetal y evidente erosión laminar en sus taludes, no existe nevados ni lagunas. Su sistema de drenaje lo constituye el riachuelo Hanccoyoc a donde afluyen 3 riachuelos principales: Plocochala, Huarccaya y Cacarihue.						
PRECIPITACION AL 75% DE PERSISTENCIA	P 75%	mm	0.00	0.94	13.72	28.87	51.96	102.59	164.65	153.35	123.32	39.07	2.73	0.00	681.19	56.77							
PRECIPITACION EFECTIVA AL 75% DE PERSISTENCIA (b)	PE 75%	mm	0.00	0.89	13.03	27.25	47.92	84.31	104.75	104.19	94.68	36.43	2.59	0.00	516.05	43.00							
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (t)	Tc	°c	3.08	4.10	5.82	6.85	7.48	7.55	7.45	7.46	7.26	6.76	5.12	3.58	6.04								
TEMPERATURA MAXIMA MEDIA MENSUAL (t)			12.42	13.60	12.91	14.95	15.39	13.41	12.70	12.11	12.52	12.92	12.37	12.21	13.13								
TEMPERATURA MINIMA MEDIA MENSUAL (t)	Tmin	°c	-2.47	-0.64	-0.26	-0.49	0.01	0.28	0.34	-0.79	0.37	-0.03	-0.93	-2.37	-0.58								
RADIACION EXTRA-TERRESTRE	Ra	mm/día	358.19	397.34	433.35	489.80	497.48	518.86	519.41	459.20	473.45	409.35	371.69	332.70	5,258.81	438.23							
HRAS. DE SOL TOTAL MENSUAL'	n	hr/m	246.97	234.40	205.20	195.60	186.70	160.10	135.90	133.30	159.10	193.40	231.70	234.20	2,316.57	193.05							
HRAS. TEORICAS DE FUERTE INSOLACION	N	hr/día	351.26	360.24	360.00	386.86	383.38	402.04	398.94	352.22	377.88	354.00	354.04	336.93	4,417.78	368.15							
RADIACION SOLAR MEDIA	RSM		224.05	240.42	245.38	261.18	260.34	245.53	227.33	211.85	230.39	226.93	225.55	208.08	2,807.02	233.92							
EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL (a)	ETP	mm	79.44	89.34	98.26	109.17	111.47	105.35	97.14	90.56	97.71	94.38	87.61	75.46	1,135.90	94.66							

(r) : Datos regionalizados (a) : Según Método de Hargreaves II Modificado para la Sierra Peruana. (b) : Según USBR
 Elaboración: Proyecto Especial Plan Menses Inka

CUADRO A2.19: PARAMETROS GEOMORFOLOGICOS E HIDROLOGICOS
MICROCUEENCA HANCCOYOC

PARAMETROS		VARIABLE	UND	MICRO CUENCA HANCCOYOC		
1.- PARAMETROS GEOMORFOLOGICOS						
SUPERFICIE TOTAL		A_T	Km ²	24.69		
SUPERFICIE TOTAL DE DRENAJE		A_D	Km ²	24.69		
PERIMETRO		P	Km	24.57		
CENTRO DE GRAVEDAD	Latitud	L_S	g° m' s"	14° 32' 53"		
	Longitud	L_W	g° m' s"	72° 04' 21"		
ALTITUD MEDIA		H_{msnm}	msnm	4160.67		
DESNIVEL TOTAL		D_T	Km	0.78		
PENDIENTE DE LOS TERRENOS		I_p	%	30.19		
PENDIENTE MEDIA DEL CURSO PRINCIPAL		I_c	%	7.59		
LONGITUD DEL CURSO PRINCIPAL		L_{CP}	Km	8.35		
LONGITUD DEL CURSO PRINCIPAL AL C.G.		L_{CG}	Km	10.88		
RELACIONES DE FORMA DE DRENAJE	FACTOR DE CUENCA	Coeficiente de Compasidad	K_C	1.38		
		FACTOR DE FORMA	Longitud	L_B	Km	19.47
			Ancho medio	A_M	Km	4.98
			Factor de forma	F_F		0.07
	Rectangulo equivalente lado mayor	L_e	Km	23.19		
	Rectangulo equivalente lado menor	L_m	Km	11.09		
	Longitud total de los rios de diferentes grados	L_t	Km	19.47		
	Densidad de Drenaje	D_D	Km/Km ²	0.79		
	Orden de Bifurcacion de los Rios	O_{BIF}		3.00		
	Frecuencia de los Rios	F_R	r/Km ²			
TIEMPO DE CONCENTRACION	IZZARD	T_C	hr	70.61		
	CALIFORNIA CULVERTS PRACTICE	T_C	hr	50.34		
	KIRPICH	T_C	hr	32.38		
	KINEMATIC EQUATION	T_C	hr	83.65		
	ECUACION DE RETARDO	T_C	hr	64.64		
	FEDERAL AVIATION AGENCY	T_C	hr	249.07		
	CARTAS DE VELOCIDAD PROMEDIO	T_C	hr	93.62		
	ESTIMACION DE VELOCIDADES	T_C	hr	101.42		
	HATHAWAY	T_C	hr			
	PROMEDIO	T_C	hr	77.38		
ELEGIDO	T_C	hr	1.30			
2.- PARAMETROS HIDROLOGICOS						
PRECIPITACION MEDIA ANUAL		P_{MED}	mm	955.40		
DESVIACION ESTANDAR		D_{EST}	mm	145.30		
PRECIPITACION MAXIMA MEDIA ANUAL		P_{MAX}	mm	1,215.10		
PRECIPITACION MINIMA MEDIA ANUAL		P_{MIN}	mm	580.09		
PRECIPITACION AL 75% DE PERSISTENCIA		$P_{75\%}$	mm	857.40		
PRECIPITACION EFECTIVA - CURVA I		$PE I$	mm	243.40		
PRECIPITACION EFECTIVA - CURVA II		$PE II$	mm	398.30		
PRECIPITACION EFECTIVA - CURVA III		$PE III$	mm	530.80		
PRECIPITACION EFECTIVA HIDROLOGICA		PE	mm	382.10		
TEMPERATURA MEDIA ANUAL		T_{MED}	° C	2.77		
RADIACION EXTRATERRESTRE		R_a	mm/año	5,247.85		
HORAS DE SOL ANUAL		n	hr	2,316.57		
HORAS TEORICAS DE FUERTE INSOLACION		N	hr	4,427.18		
RETENCION DE LA CUENCA		R	mm	60.00		
DURACION DE LA TEMPORADA SECA		D_{TS}	días	214.00		
Elaboración: Proyecto Especial Plan Meris Inka						

**CUADRO A2.20: GENERACION DE CAUDALES MENSUALES
 MICROCUENCA HANCCOYOC**

DATOS BASICOS

Hc = 4,141.14	msnm	Altura Media de la Cuenca
He = 2,398.00	msnm	Altura de la Estación de Referencia
Pc = 940.82	mm/año	Precipitación Media de la Cuenca
Te = 17.90	° C	Temperatura Estación de Referencia
LS = 14°32'53"		Latitud Sur Centro de Gravedad de la Cuenca
Ra = 5,258.81	mm/año	Radiación extraterrestre para la cuenca
R = 35.00	mm/año	*Retención de la Cuenca
TD = 214.00	días	*Duración de la Temporada Seca
AR = 24.69	Km ²	Area de la cuenca

CALCULOS BASICOS

CALCULO DEL COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO

- 1.- TEMPERATURA MEDIA DE LA CUENCA (°C)
 $T_c = (T_e - 0.0059 \cdot (H_c - H_e))$
 $T_c = 7.6$
- 2.- TEMPERATURA MEDIA DE LA CUENCA (°F)
 $F = 1.8 \cdot T_c + 32$
 $F = 45.70790$
- 3.- EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL DE LA CUENCA (mm/año)
 $ETP = 0.0075 \cdot 0.075 \cdot R_a \cdot ((n/N \cdot 100)^{0.5}) \cdot F \cdot (1 + 0.06 \cdot H_c / 1000)$
 $ETP = 1.003.4$
- 4.- COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO (C)
 - . Coeficiente de Temperatura (°C)
 $C_t = 300 + 25 \cdot T_c + 0.05 \cdot T_c^3$
 $C_t = 492.60$
 - . Déficit de escurrimiento (D0, D1)
 $D_0 = 0.872 \cdot P_c + 1.032 \cdot ETP - 1380$
 $D_0 = 475.92$
 - . $D_1 = P_c / (0.9 + P_c^2 / C_t^2)^{0.5}$
 $D_1 = 441.17$
- 5.- Coeficientes
 - . $C_1 = 0.914 - 2.36E-4 \cdot P_c - 0.0581 \cdot T_c$
 $C_1 = 0.25$
 - . $C_2 = 0.682 - 0.0526 \cdot T_c - 1.36E-4 \cdot T_c^2$
 $C_2 = 0.27$
 - . $C_3 = 1.813 - 1.87E-4 \cdot P_c - 1.12E-3 \cdot ETP$
 $C_3 = 0.51$
 - . $C_4 = 5.21 - 7.31E-3 \cdot ETP + 2.68E-6 \cdot ETP^2$
 $C_4 = 0.57$
 - . $C_5 = 3.16E12 \cdot P_c^{-0.571} \cdot ETP^{-3.688}$
 $C_5 = 0.54$
 - . $C_6 = 6.47 - 0.0691 \cdot \ln(P_c) - 0.8 \cdot \ln(ETP)$
 $C_6 = 0.47$
 - . $C_7 = (P_c - D_0) / P_c$ 0.455349719
 $C_7 = 0.49$
 - . $C_8 = (P_c - D_1) / P_c$
 $C_8 = 0.53$
- 6.- Determinar C: $C = (C_3 + C_4 + C_5 + C_6 + C_7 + C_8) / 6$ (promedio)
 $C = 0.40$ Se adopta este valor por ser el más representativo

CALCULO DEL COEFICIENTE DE PRECIPITACION EFECTIVA

- Coeficientes de Precipitación Efectiva
- | | | | |
|--|---------------------|--|----------------------|
| $C_1 = (C \cdot P_c - PEI) / (PEI - PEII)$ | $C_1 = 0.058193411$ | $C_1 = (C \cdot P_c - PEIII) / (PEII - PEIII)$ | $C_1 = 1.067826334$ |
| $C_2 = (C \cdot P_c - PEI) / (PEII - PEI)$ | $C_2 = 0.941806589$ | $C_2 = (C \cdot P_c - PEII) / (PEIII - PEII)$ | $C_2 = -0.067826334$ |

CALCULO DEL COEFICIENTE DE AGOTAMIENTO

- 1.- Agotamiento muy rápido por temperatura elevada > 10°
 y R reducida a mediana (50 mm/año - 80 mm/año)
 $a_1 = -0.00252 \cdot \ln(AR) + 0.034$
 $a_1 = 0.025920091$
- 2.- Agotamiento rápido por la retención entre
 (50 mm/año - 80 mm/año) y vegetación poco desarrollada (puna)
 $a_2 = -0.00252 \cdot \ln(AR) + 0.030$
 $a_2 = 0.021920091$
- 3.- Agotamiento mediano por retención mediana
 (80 mm/año) y vegetación mezclada (pastos, bosques y terrenos cultivados)
 $a_3 = -0.00252 \cdot \ln(AR) + 0.026$
 $a_3 = 0.017920091$
- 4.- Agotamiento reducido por alta retención arriba de
 (100 mm/año) y vegetación mezclada (pastos, bosques y terrenos cultivados)
 $a_4 = -0.00252 \cdot \ln(AR) + 0.023$
 $a_4 = 0.014920091$
- 5.- Coeficiente según fórmulas calibradas (19 cuencas)
 $a_5 = 3.1249E67 \cdot AR^{(-0.1144)} \cdot ETP^{(-19.336)} \cdot TD^{(-3.369)} \cdot R^{(-1.429)}$
 $a_5 = 0.174291343$
- 6.- Determinar el coeficiente de agotamiento
 $a = 0.02192$ a_2 por que se adapta a la zona (puna)

DATOS DE ALGUNOS AUTORES SOBRE C:

C = 0.53	Pastizales plano (T.R.100) - Manejo de cuencas Altoandinas - Ing. Absalon Vasquez
C = 0.42	Cultivos de Pastos - Riegos y Avenamientos - Ing. Enrique Blair
C = 0.80	Areas desnudas - Riegos y Avenamientos - Ing. Enrique Blair
C = 0.60	Pastizales planos > 7 % (T.R.500) - Manual de Hidrologia - Ing. Ven Te Chow

**CUADRO A2.21: GENERACION DE CAUDALES MENSUALES PARA EL AÑO PROMEDIO
MEDIANTE EL MODELO HIDROLOGICO
MICROCUENCA HANCCOYOC**

AREA: 24.69 km2 LATITUD : 14°32'53" LONGITUD : 72°4'21" ALTITUD : 4,141 msnm

M E S	PRECIPITACION MENSUAL						CONTRIBUCION DE LA RETENCION				CAUDALES MENSUALES		
	PRECIPITACION TOTAL	PRECIPITACION EFECTIVA					GASTO bi Relacion mes anterior/actual	ABASTECIMIENTO			GENERADOS		AFORADOS m³/s
		PE I	PE I	PE II	PE III	PE		Gi Gasto de Retención mm/mes	ai Coef. de Agotamiento	Ai Abast. de Retención mm/mes	mm/mes	m³/s	
mm/mes	(mm/mes)	mm/mes	mm/mes	mm/mes	mm/mes	mm/mes							
JUL	3.2	0.0	0.00	0.40	0.80	0.00	0.069	2.30			2.30	0.021	0.028
AGO	11.7	0.0	0.00	1.30	2.70	1.20	0.035	1.17			2.37	0.022	0.014
SET	25.9	0.1	0.10	2.70	5.40	2.50	0.018	0.60			3.10	0.030	0.006
OCT	47.6	1.0	1.00	5.50	10.10	5.20	0.009	0.31			5.51	0.051	0.024
NOV	77.1	3.9	3.90	13.30	22.70	12.80			-0.20	-7.00	5.80	0.055	0.008
DIC	131.1	20.9	20.90	46.70	71.40	45.20			-0.15	-5.25	39.95	0.368	
ENE	211.8	91.2	91.20	125.40	152.10	123.40			-0.45	-15.75	107.65	0.992	0.053
FEB	192.2	71.6	71.60	105.80	132.50	103.80			-0.10	-3.50	100.30	1.024	0.850
MAR	159.4	40.0	40.00	73.00	99.70	71.10			-0.10	-3.50	67.60	0.623	0.413
ABR	65.2	2.4	2.40	9.40	16.40	9.00	0.518	17.30			26.30	0.251	
MAY	7.7	0.0	0.00	0.90	1.90	0.80	0.263	8.77			9.57	0.088	0.088
JUN	7.9	0.0	0.00	0.90	1.90	0.80	0.136	4.54			5.34	0.051	0.020
TOTAL	940.8	231.1	231.10	385.30	517.60	375.80	1.048	35.00	1.00	-35.00	31.30	0.298	0.150

Elaboración: Proyecto Especial Plan Meriss Inka

CUADRO A2.22: CALCULO DE LA REGRESION TRIPLE EN BASE A LOS VALORES DEL AÑO PROMEDIO MICROCUENCA RIO LLANCOPI

Cuadro N° 1.2.22

M E S	Qt (X) mm/mes	Qt-1 (Y) mm/mes	P E (Z) mm/mes	CUADRO ESTADISTICO PARA EL CALCULO DE LA ECUACION DE REGRESION					
				(X ²)	(XY)	(XZ)	(Y ²)	(YZ)	(Z ²)
JUL	2.30	5.34	0.00	5.30	12.31	0.00	28.55	0.00	0.00
AGO	2.37	2.30	1.20	5.60	5.45	2.64	5.30	2.76	1.44
SET	3.10	2.37	2.50	9.64	7.35	7.76	5.60	5.92	6.25
OCT	5.51	3.10	5.20	30.32	17.10	28.63	9.64	16.14	27.04
NOV	5.80	5.51	12.80	33.64	31.94	74.24	30.32	70.48	163.84
Dic	39.95	5.80	45.20	1596.00	231.71	1805.74	33.64	262.16	2043.04
ENE	107.65	39.95	123.40	11588.52	4300.62	13284.01	1596.00	4929.83	15227.56
FEB	100.30	107.65	103.80	10060.09	10797.30	10411.14	11588.52	11174.07	10774.44
MAR	67.60	100.30	71.10	4569.76	6780.28	4806.36	10060.09	7131.33	5055.21
ABR	26.30	67.60	9.00	691.83	1778.06	236.72	4569.76	608.40	81.00
MAY	9.57	26.30	0.80	91.59	251.72	7.66	691.83	21.04	0.64
JUN	5.34	9.57	0.80	28.55	51.14	4.27	91.59	7.66	0.64
AÑO	375.80	375.80	375.80	28710.86	24264.96	30669.38	28710.86	24229.80	33381.10
1.- FORMULAS EMPLEADAS EN LA ECUACION DE REGRESION MULTIPLE				2.- VALORES DE PARAMETROS DE LA REGRESION					
J = (SUM X ²)-(SUM X) ² /12				16,942.18		B1 = 1.756			
K = SUM XY-(SUM X)*SUM Y/12				12,496.29		B2 = 0.164			
L = (SUM XZ)-SUM X * SUM Z/12				18,900.64		B3 = 0.780			
M = (SUM Y ²)-(SUM Y) ² /12				16,942.18		r = 0.9955			
U = (SUM YZ)-SUM Y * SUM Z/12				12,461.06		S = 4.096			
X = (SUM Z ²)-(SUM Z) ² /12				21,612.30		(1-r ²) ^{1/2} *S = 0.387			
O = (L*U-K*X)/(U ² -M*X)				0.16		3.- ECUACION DE REGRESION TRIPLE			
P = (K*U-L*M)/(U ² -M*X)				0.78		CMI = 2.933 + 0.112 * CMI-1 + 0.640 * PEt + 1.135 * Z			
Q = (SUM X*O + SUM Y * P + SUM Z)/12				1.76					
V = (O*K)				2,047.43					
W = P*L				14,743.72					
r = ((V+W)/J) ^{0.5}				1.00					
S = ((J-V-W/J)) ^{0.5}				4.10					

Elaboración: Proyecto Especial Plan Meris InkaÇ

CUADRO A2.23: REGISTRO HIDROMETEOROLOGICO GENERADO
Precipitación Efectiva II (mm)
MICROCUENCA HANCCOYOC

ESTACION: HANCCOYOC LAT: 14°47' 38" DIST: SANTO TOMAS
LONG: 71° 30' 47" PROV: CHUMBIVILCAS
ALT: 4.141 msnm DEPARTAMENTO: CUSCO

ITEM	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	MEDIA
1	1964	27.10	30.30	31.40	10.50	0.80	0.00	0.00	0.30	1.20	2.60	15.90	61.80	181.90	15.16
2	1965	43.50	106.37	21.50	5.00	0.60	0.10	0.10	0.60	1.80	2.40	35.30	70.51	287.97	24.00
3	1966	69.52	70.66	22.30	1.70	3.50	0.00	0.00	0.00	1.70	35.90	27.20	39.30	271.78	22.65
4	1967	30.40	106.94	179.96	10.80	1.40	0.00	1.30	1.80	4.50	8.60	4.00	28.40	376.07	31.34
5	1968	156.89	68.18	54.30	1.80	0.50	0.50	1.20	1.30	1.10	10.60	62.00	14.00	372.57	31.05
6	1969	122.00	65.50	25.30	9.00	0.00	0.40	0.40	0.40	2.30	3.60	7.60	13.70	260.20	20.85
7	1970	109.12	113.19	79.43	17.20	1.20	0.10	0.20	0.70	9.20	7.20	3.60	91.49	432.62	36.05
8	1971	122.64	199.99	56.90	7.30	0.40	0.10	0.00	0.30	0.30	1.20	4.10	64.05	479.28	39.94
9	1972	235.51	69.29	65.16	8.40	0.40	0.00	0.80	0.80	3.20	6.40	11.10	72.68	495.94	41.33
10	1973	236.35	179.36	147.87	68.55	1.60	0.00	0.20	0.40	4.40	3.60	21.20	41.50	705.06	58.75
11	1974	159.95	185.96	70.59	13.50	0.40	1.30	0.00	15.00	1.50	3.60	4.30	8.60	465.12	38.76
12	1975	95.54	158.01	69.92	13.90	3.60	0.50	0.00	0.50	2.00	5.30	7.90	157.77	514.94	42.91
13	1976	152.53	61.18	105.09	2.90	1.50	2.30	0.50	1.80	13.20	1.50	3.40	19.10	385.00	32.08
14	1977	18.90	175.83	62.10	1.00	1.00	0.00	0.40	0.00	2.70	7.50	14.30	25.10	308.83	25.74
15	1978	231.22	13.90	30.40	5.30	0.40	0.10	0.00	0.00	2.10	2.30	67.79	64.40	417.92	34.83
16	1979	104.82	23.10	100.81	4.00	0.40	0.00	0.10	1.30	0.60	3.60	34.20	66.00	338.92	28.24
17	1980	77.22	49.00	134.08	4.50	0.10	0.00	0.40	0.10	2.30	7.70	2.00	6.60	286.20	23.85
18	1981	225.29	152.26	34.50	2.20	0.60	4.40	0.00	2.60	4.00	10.40	29.20	79.69	545.14	45.43
19	1982	135.41	104.94	66.51	6.90	0.90	12.90	0.00	2.60	9.10	47.10	77.36	47.60	511.52	42.63
20	1983	69.22	31.70	20.70	3.90	0.40	0.00	0.00	1.10	1.70	1.70	3.90	5.60	159.92	13.33
21	1984	193.56	166.60	189.92	40.50	0.70	0.30	0.20	0.30	3.90	23.00	35.00	27.70	683.88	56.99
22	1985	16.50	153.25	46.20	29.30	0.80	0.50	0.00	0.60	4.30	10.60	16.40	60.40	339.25	28.27
23	1986	127.41	151.22	134.94	51.50	0.60	0.00	0.00	2.80	1.10	2.70	12.80	76.52	561.60	46.80
24	1987	219.11	12.90	5.80	1.10	1.50	0.50	1.50	0.50	1.10	9.40	6.50	75.67	335.58	27.96
25	1988	185.42	80.52	122.73	21.10	0.80	0.10	0.30	0.10	0.90	2.40	8.50	80.42	503.29	41.94
26	1989	221.50	80.27	92.29	9.20	0.40	1.60	0.10	0.70	4.20	2.50	12.00	31.10	456.05	38.00
27	1990	52.90	153.59	52.00	9.80	0.80	0.20	0.10	0.90	0.60	4.50	7.30	11.60	294.29	24.52
28	1991	46.90	83.82	42.50	4.30	1.00	1.90	0.00	0.30	2.20	1.00	4.10	53.90	241.92	20.16
29	1992	62.40	57.80	11.70	0.60	0.00	0.30	0.20	4.40	0.50	6.10	6.10	20.70	170.80	14.23
30	1993	171.43	56.60	54.60	27.60	0.40	0.20	0.30	5.70	4.60	12.60	62.10	62.50	461.23	38.44
31	1994	171.72	145.17	135.91	12.20	1.00	3.30	3.50	0.00	2.50	2.00	11.40	36.70	525.40	43.78
32	1995	48.50	68.09	151.43	6.30	0.90	2.20	0.10	0.20	3.30	6.80	16.00	82.69	406.51	33.88
33	1996	131.30	142.95	27.90	17.10	0.90	1.40	0.00	1.50	1.10	3.90	7.20	29.60	365.05	30.42
34	1997	168.62	170.92	98.74	10.10	0.40	0.00	0.00	2.00	7.30	3.60	40.00	34.00	535.68	44.64
35	1998	140.24	66.52	37.80	2.20	0.00	0.20	0.00	0.50	0.80	2.60	5.70	23.30	279.66	23.31
36	1999	87.81	182.66	61.13	64.20	0.40	1.00	0.00	0.00	3.00	4.40	6.50	64.30	477.62	39.80
37	2000	101.96	143.45	119.52	9.80	1.00	0.50	0.00	1.60	2.60	12.00	4.10	76.09	472.82	39.40
38	2001	234.95	167.14	125.51	43.60	1.80	0.10	1.20	1.00	2.80	8.40	17.20	134.40	758.30	63.19
N° DATOS		38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38
MEDIA		126.93	107.73	77.14	14.77	0.67	0.96	0.34	1.45	3.05	7.73	16.66	52.12	411.99	34.33
DES.V.STD		67.61	54.32	46.16	17.02	0.77	2.20	0.66	2.54	2.66	9.13	19.52	33.62	140.39	11.70
C.V.		0.53	0.50	0.62	1.15	0.86	2.25	1.90	1.75	0.66	1.16	1.03	0.65	0.34	0.34
PE II.MINIMA		16.50	12.90	5.80	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	1.00	2.00	5.60	159.92	13.33
PE II.MAXIMA		236.35	199.99	189.92	68.55	3.60	12.90	3.50	15.00	13.20	47.10	77.36	157.77	758.30	63.19

Elaboración: Proyecto Especial Plan Meris Inka

CUADRO A2.24: NUMEROS ALEATORIOS (0.1)*Z
(*) = (Media = 0, desv std = 1)

ITEM	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	-0.851	-0.437	-0.489	0.740	0.956	-0.958	0.954	0.654	-1.356	0.958	-0.068	0.721
2	-0.652	0.689	1.954	-0.890	1.245	0.958	-0.568	1.254	-0.547	1.254	-1.051	0.184
3	-1.365	0.966	1.017	1.378	-0.254	1.547	1.105	-1.547	0.369	0.059	1.403	-0.248
4	0.110	-1.568	1.254	-0.524	0.784	-1.254	0.958	-1.005	1.654	-0.985	-1.016	-1.279
5	1.108	-1.404	-1.492	1.275	-0.674	-0.124	1.147	0.001	-0.245	0.954	1.524	0.208
6	-0.526	-0.969	0.405	0.482	0.345	1.587	-1.548	0.658	1.254	-0.987	0.957	-0.264
7	-0.676	0.215	-0.192	-0.644	1.245	-0.026	1.584	-1.654	0.856	0.265	-1.246	0.389
8	-0.577	-0.440	0.346	-1.204	-0.411	1.254	-1.245	1.548	-0.548	0.954	-1.445	-1.272
9	-1.016	0.430	0.714	0.046	-0.254	-0.095	1.254	0.258	-0.895	1.568	0.587	-1.163
10	1.155	0.022	0.958	-1.083	0.552	-0.015	0.854	0.985	0.486	-1.254	-1.451	0.376
11	-0.299	0.182	-0.674	-1.254	-0.216	0.958	-1.564	0.456	-0.547	0.955	0.302	0.594
12	0.496	0.956	-0.293	0.659	-0.857	0.587	-0.966	0.654	0.568	-1.542	0.854	0.357
13	-1.107	-0.895	0.410	-1.065	-0.687	0.249	-1.099	0.254	-0.658	0.256	-0.325	-0.334
14	0.383	0.958	0.572	-1.247	0.958	-0.859	0.568	-1.254	1.762	-0.958	0.516	1.002
15	0.608	0.865	-0.931	1.254	-1.850	0.958	-1.145	0.568	-0.026	1.098	-1.264	-1.519
16	-1.300	0.625	-0.958	0.295	0.524	-1.248	0.866	-0.568	0.854	-1.264	0.859	-1.342
17	-0.728	-1.124	1.043	-1.154	1.985	-0.897	-0.950	-0.856	0.865	0.625	-0.847	0.737
18	1.473	0.892	-1.357	1.652	-1.654	1.158	-1.095	0.854	-1.568	-0.258	-0.568	1.466
19	-1.125	0.878	0.956	-1.358	-0.112	-0.587	0.556	-0.654	0.564	-0.958	0.786	-1.490
20	0.689	-1.658	-0.658	1.254	-1.480	1.036	-0.985	0.610	-1.254	0.625	0.742	1.275
21	-0.881	-1.548	1.526	-0.973	1.100	-0.956	0.209	-1.449	0.889	-1.235	-0.568	-0.685
22	1.417	0.956	-0.987	1.547	0.958	-1.145	1.053	-0.958	0.779	-0.957	-1.222	0.888
23	0.120	-1.254	1.145	-0.480	-0.286	1.350	0.214	1.154	-1.230	0.455	0.857	0.941
24	-1.238	0.510	-1.245	-0.587	-0.658	0.959	0.126	0.785	0.769	-1.478	1.654	-1.423
25	1.311	-1.154	0.451	-0.498	0.150	-0.812	0.785	-1.254	-0.026	0.865	-0.568	0.838
26	1.232	1.254	-1.197	1.547	-1.600	0.650	-1.264	1.234	-1.725	-0.580	0.958	-1.561
27	1.800	0.799	-0.564	0.985	1.469	-1.154	0.235	0.135	-0.475	0.268	-1.254	1.334
28	1.442	0.764	-0.753	0.641	-0.658	-1.154	-0.587	-0.642	0.265	-1.233	1.358	-1.850
29	-0.012	0.856	-0.958	0.753	-0.111	-0.958	-1.023	0.485	-1.853	1.165	-0.322	-0.657
30	-1.000	0.605	0.005	0.875	-0.515	-1.401	1.123	-1.310	0.135	0.656	0.684	1.133
31	-0.459	0.035	0.451	-0.123	-0.953	-0.754	0.564	-1.533	0.382	-0.705	-0.128	0.218
32	-0.184	-1.528	-0.735	-1.410	0.163	-0.646	-1.234	1.013	0.349	1.321	-0.584	1.057
33	1.836	-0.696	-0.773	0.664	-0.432	0.016	-1.034	-0.239	1.913	0.582	-1.512	-0.952
34	0.637	0.980	-1.553	-0.187	0.075	0.066	0.460	-1.101	0.983	0.521	1.455	-1.385
35	-1.379	0.985	1.659	0.986	0.702	0.570	-1.380	-0.897	1.082	-0.665	1.867	0.882
36	-0.245	-0.879	-0.335	-0.245	1.402	-0.987	0.791	0.895	-1.850	0.402	-0.466	1.513
37	0.015	1.429	0.253	-1.025	-1.147	1.850	1.277	0.890	-0.975	0.752	-1.253	0.754
38	-0.192	-1.287	1.014	-1.073	0.212	0.264	1.012	1.583	-0.987	-1.512	-0.187	0.563
MEDIA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
D.STD.	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
MAYOR	1.836	1.429	1.659	1.652	1.985	1.850	1.277	1.583	1.913	1.321	1.867	1.513
MENOR	-1.379	-1.658	-1.553	-1.410	-1.850	-1.401	-1.564	-1.654	-1.853	-1.542	-1.512	-1.850

Elaboración: Proyecto Especial Plan Meriss Inka

CUADRO A2.25: CAUDALES GENERADOS
Periodos extendidos (mm)
MICROCUENCA HANCCOYOC

ESTACION: HANCCOYOC LAT: 14° 32' 53" B₁ = 1.76 mm/mes Q₀ = 39.95 mm/mes
LONG: 72° 4' 21" B₂ = 0.18 mm/mes
AREA: 24.6879 km² ALT: 4.141.14 msnm B₃ = 0.78 mm/mes
B₄ = 0.39 mm/mes

ITEM	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	MEDIA
1	1964	29.11	29.99	30.98	15.31	5.26	2.25	2.49	2.65	2.60	4.58	14.88	52.68	192.8	16.1
2	1965	44.07	92.22	34.39	10.95	4.50	2.94	2.10	3.21	3.47	4.68	29.65	61.69	293.9	24.5
3	1968	65.56	87.99	30.69	8.64	5.60	3.31	2.73	1.60	3.49	30.36	28.49	36.98	285.6	23.8
4	1967	31.57	89.72	157.32	35.75	9.01	2.75	3.59	3.36	6.46	9.14	5.98	22.84	377.5	31.5
5	1968	128.31	75.42	55.89	12.81	3.98	2.75	3.59	3.36	3.07	11.05	52.52	21.36	374.1	31.2
6	1969	100.22	68.90	32.94	14.36	4.24	3.38	2.02	2.65	4.47	4.92	8.86	13.79	260.8	21.7
7	1970	88.87	104.69	80.60	28.16	7.79	3.10	3.03	2.16	9.62	9.05	5.57	74.19	417.0	34.8
8	1971	109.35	175.51	76.59	19.53	5.11	3.16	1.79	2.88	2.25	3.43	4.96	67.64	472.2	39.4
9	1972	196.16	88.11	82.90	21.91	5.56	2.63	3.30	3.02	4.40	9.64	12.22	60.16	490.0	40.8
10	1973	196.43	173.88	145.96	78.73	16.12	4.39	2.96	2.93	5.86	5.04	18.56	37.32	688.2	57.3
11	1974	132.53	188.61	84.19	25.60	6.18	4.15	1.83	13.93	5.00	5.91	6.20	9.87	464.0	38.7
12	1975	78.09	138.18	78.82	25.77	8.46	3.76	2.00	2.73	3.98	5.95	9.22	126.48	483.4	40.3
13	1978	141.04	87.84	98.28	19.71	5.89	4.61	2.48	3.66	12.40	5.06	5.11	17.36	403.4	33.6
14	1977	19.49	142.48	73.76	14.14	5.22	2.28	2.66	1.71	4.82	8.03	14.43	24.09	313.1	26.1
15	1978	186.31	43.46	32.23	11.66	3.26	2.74	1.76	2.26	3.76	4.59	54.90	60.40	407.3	33.9
16	1979	92.91	35.24	85.60	19.05	5.39	2.16	2.52	2.96	3.04	4.57	29.52	57.56	340.7	28.4
17	1980	71.14	51.20	115.14	23.69	6.48	2.47	2.11	1.85	4.19	8.69	4.41	9.63	301.0	25.1
18	1981	179.65	150.31	52.77	12.76	3.68	6.24	2.36	4.50	5.01	10.59	26.05	68.75	522.7	43.6
19	1982	118.21	103.32	70.94	18.24	5.40	12.48	4.02	4.19	9.76	39.73	68.92	49.76	505.0	42.1
20	1983	79.77	38.91	24.03	9.22	3.01	2.65	1.81	3.15	3.11	3.83	5.71	7.55	182.8	15.2
21	1984	153.64	158.00	176.39	61.87	12.87	3.73	2.60	1.86	5.45	20.11	32.13	28.36	657.0	54.8
22	1985	19.82	124.92	57.88	34.69	8.44	3.09	2.67	2.45	5.81	10.76	15.84	51.81	338.2	28.2
23	1988	109.68	137.21	129.94	63.03	12.44	4.32	2.55	4.80	2.93	4.52	12.81	63.91	548.1	45.7
24	1987	182.67	41.95	12.67	4.46	3.40	3.08	3.48	3.02	3.41	9.08	8.95	61.70	337.9	28.2
25	1988	157.01	89.84	112.39	36.44	8.41	2.90	2.77	1.80	2.74	4.41	8.89	66.27	493.9	41.2
26	1989	185.87	95.31	88.90	24.10	5.40	4.30	2.05	3.12	4.88	4.28	12.19	27.41	457.8	38.1
27	1990	48.21	129.78	63.36	20.16	6.25	2.49	2.33	2.89	2.51	5.78	7.91	12.62	304.3	25.4
28	1991	40.97	74.15	46.77	13.02	4.42	3.52	2.11	2.09	3.92	2.70	5.92	44.06	243.6	20.3
29	1992	57.65	56.62	19.79	5.76	2.66	2.06	1.85	5.68	2.36	7.35	7.59	18.89	188.3	15.7
30	1993	138.19	70.50	55.90	32.94	7.27	2.56	2.84	6.16	6.41	13.04	52.60	59.57	448.0	37.3
31	1994	145.29	138.81	130.70	32.64	7.52	5.27	5.57	2.08	4.19	3.73	11.21	32.31	519.3	43.3
32	1995	43.25	76.97	132.21	29.35	7.33	4.42	2.08	2.65	4.90	8.22	15.36	69.34	396.1	33.0
33	1998	116.25	132.04	44.86	22.70	6.01	3.84	1.99	3.16	3.87	5.66	7.72	25.90	374.0	31.2
34	1997	137.78	158.04	104.07	26.61	6.46	2.84	2.40	3.28	8.37	6.14	34.53	33.40	523.9	43.7
35	1998	118.09	73.05	43.70	11.01	3.83	2.76	1.67	2.07	3.14	4.04	7.59	21.52	290.5	24.2
36	1999	73.68	140.55	87.94	66.15	13.45	4.36	2.78	2.56	3.80	5.97	9.18	54.00	464.4	38.7
37	2000	90.15	128.98	116.22	28.05	6.69	3.96	2.90	3.82	4.19	12.09	6.45	62.46	466.0	38.8
38	2001	195.19	179.22	129.42	56.71	12.53	3.99	3.74	3.76	4.18	8.41	16.48	109.51	723.1	60.3
Nº DATOS		38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38
Q.PROMEDIO		107.90	103.47	78.88	26.20	6.73	3.62	2.62	3.32	4.68	8.58	17.88	45.35	409.21	34.10
DESV.STD		53.72	43.46	40.94	17.52	3.10	1.72	0.77	2.02	2.17	7.17	15.94	26.58	128.79	10.73
C.V.		0.50	0.42	0.52	0.67	0.46	0.47	0.29	0.61	0.46	0.84	0.89	0.59	0.31	0.3
Q.MINIMO		19.49	29.99	12.67	4.48	2.66	2.06	1.67	1.60	2.25	2.70	4.41	7.55	182.76	15.23
Q.MAYOR		196.43	179.22	176.39	78.73	16.12	12.48	5.57	13.93	12.40	39.73	68.92	126.48	723.15	60.26

Elaboración: Proyecto Especial Plan Meritas Inka

CUADRO A2.26: CAUDALES GENERADOS
Periodos extendidos (m3/s)
MICROCUENCA HANCCOYOC

ESTACION: **HANCCOYOC** LAT: 14° 32' 53" B₁ = 1.76 mm/mes Q₀ = 39.95 mm/mes
LONG: 72° 4' 21" B₂ = 0.16 mm/mes
AREA: 24.6879 km² ALT: 4,141.14 msnm B₃ = 0.78 mm/mes
B₄ = 0.39 mm/mes

ITEM	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	MEDIA
1	1964	0.27	0.31	0.29	0.15	0.05	0.02	0.02	0.02	0.02	0.04	0.14	0.49	1.82	0.15
2	1965	0.41	0.94	0.32	0.10	0.04	0.03	0.02	0.03	0.03	0.04	0.28	0.57	2.81	0.23
3	1966	0.60	0.69	0.28	0.08	0.05	0.03	0.03	0.01	0.03	0.28	0.27	0.34	2.71	0.23
4	1967	0.29	0.92	1.45	0.34	0.08	0.03	0.03	0.03	0.06	0.08	0.06	0.21	3.58	0.30
5	1968	1.18	0.77	0.52	0.12	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.10	0.50	0.20	3.54	0.30
6	1969	0.92	0.70	0.30	0.14	0.04	0.03	0.02	0.02	0.04	0.05	0.08	0.13	2.48	0.21
7	1970	0.82	1.07	0.74	0.27	0.07	0.03	0.03	0.02	0.09	0.08	0.05	0.68	3.96	0.33
8	1971	1.01	1.79	0.71	0.19	0.05	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03	0.05	0.62	4.54	0.38
9	1972	1.81	0.90	0.76	0.21	0.05	0.03	0.03	0.03	0.04	0.09	0.12	0.55	4.62	0.38
10	1973	1.81	1.77	1.35	0.75	0.15	0.04	0.03	0.03	0.06	0.05	0.18	0.34	6.55	0.55
11	1974	1.22	1.72	0.78	0.24	0.06	0.04	0.02	0.13	0.05	0.05	0.06	0.09	4.46	0.37
12	1975	0.72	1.41	0.73	0.25	0.08	0.04	0.02	0.03	0.04	0.05	0.09	1.17	4.61	0.38
13	1976	1.30	0.90	0.91	0.19	0.05	0.04	0.02	0.03	0.12	0.05	0.05	0.16	3.82	0.32
14	1977	0.18	1.45	0.68	0.13	0.05	0.02	0.02	0.02	0.05	0.07	0.14	0.22	3.04	0.25
15	1978	1.72	0.44	0.30	0.11	0.03	0.03	0.02	0.02	0.04	0.04	0.52	0.56	3.82	0.32
16	1979	0.86	0.38	0.79	0.18	0.05	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.28	0.53	3.19	0.27
17	1980	0.68	0.52	1.06	0.23	0.06	0.02	0.02	0.02	0.04	0.08	0.04	0.09	2.84	0.24
18	1981	1.66	1.53	0.49	0.12	0.03	0.06	0.02	0.04	0.05	0.10	0.25	0.63	4.98	0.42
19	1982	1.09	1.05	0.65	0.17	0.05	0.12	0.04	0.04	0.09	0.37	0.86	0.46	4.79	0.40
20	1983	0.74	0.40	0.22	0.09	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.07	1.73	0.14
21	1984	1.42	1.61	1.63	0.59	0.12	0.04	0.02	0.02	0.05	0.19	0.31	0.26	6.24	0.52
22	1985	0.18	1.27	0.53	0.33	0.08	0.03	0.02	0.02	0.06	0.10	0.15	0.48	3.26	0.27
23	1986	1.01	1.40	1.20	0.60	0.11	0.04	0.02	0.04	0.03	0.04	0.12	0.59	5.21	0.43
24	1987	1.68	0.43	0.12	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.08	0.09	0.57	3.16	0.26
25	1988	1.45	0.92	1.04	0.35	0.08	0.03	0.03	0.02	0.03	0.04	0.08	0.61	4.66	0.39
26	1989	1.71	0.97	0.82	0.23	0.05	0.04	0.02	0.03	0.05	0.04	0.12	0.25	4.33	0.36
27	1990	0.44	1.32	0.58	0.19	0.06	0.02	0.02	0.03	0.02	0.05	0.08	0.12	2.94	0.25
28	1991	0.38	0.76	0.43	0.12	0.04	0.03	0.02	0.02	0.04	0.02	0.06	0.41	2.33	0.19
29	1992	0.53	0.58	0.18	0.05	0.02	0.02	0.02	0.05	0.02	0.07	0.07	0.17	1.80	0.15
30	1993	1.27	0.72	0.52	0.31	0.07	0.02	0.03	0.06	0.06	0.12	0.50	0.55	4.23	0.35
31	1994	1.34	1.42	1.20	0.31	0.07	0.05	0.05	0.02	0.04	0.03	0.11	0.30	4.94	0.41
32	1995	0.40	0.79	1.22	0.28	0.07	0.04	0.02	0.02	0.05	0.08	0.15	0.64	3.74	0.31
33	1996	1.07	1.35	0.41	0.22	0.06	0.04	0.02	0.03	0.04	0.05	0.07	0.24	3.59	0.30
34	1997	1.27	1.61	0.86	0.25	0.06	0.03	0.02	0.03	0.08	0.06	0.33	0.31	5.01	0.42
35	1998	1.07	0.75	0.40	0.10	0.04	0.03	0.02	0.02	0.03	0.04	0.07	0.20	2.76	0.23
36	1999	0.68	1.43	0.81	0.63	0.12	0.04	0.03	0.02	0.04	0.05	0.09	0.50	4.45	0.37
37	2000	0.83	1.32	1.07	0.27	0.06	0.04	0.03	0.04	0.04	0.11	0.06	0.58	4.44	0.37
38	2001	1.80	1.83	1.19	0.54	0.12	0.04	0.03	0.03	0.04	0.08	0.16	1.01	6.87	0.57
N° DATOS		38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00
Q.PROMEDIO		0.99	1.06	0.73	0.25	0.06	0.03	0.02	0.03	0.04	0.08	0.17	0.42	3.89	0.32
DESV.STD		0.50	0.44	0.38	0.17	0.03	0.02	0.01	0.02	0.02	0.07	0.15	0.24	1.22	0.10
C.V.		0.50	0.42	0.52	0.67	0.48	0.47	0.29	0.61	0.46	0.84	0.89	0.59	0.31	0.31
Q.MINIMO		0.18	0.31	0.12	0.04	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.04	0.07	1.73	0.14
Q.MAXIMA		1.81	1.79	1.63	0.75	0.15	0.12	0.04	0.13	0.12	0.39	0.66	1.17	6.55	0.14
Q 75 %		0.66	0.76	0.47	0.14	0.04	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.07	0.25	3.06	0.26

Elaboración: Proyecto Especial Plan Meris Inka

CUADRO A2.27: RESUMEN DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES GENERADOS

DATOS		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MEDIA
MICROCUECNA HANCCOYOC														
N° datos		38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	
Q. PROMEDIO	m ³ /s	0.995	1.056	0.727	0.250	0.062	0.035	0.024	0.031	0.045	0.079	0.170	0.418	0.324
Desviacion Estándar	m ³ /s	0.495	0.444	0.377	0.167	0.029	0.016	0.007	0.019	0.021	0.066	0.152	0.245	0.170
C.V.	%	0.498	0.420	0.519	0.669	0.461	0.474	0.293	0.608	0.464	0.838	0.891	0.586	0.560
Q. MINIMO	m ³ /s	0.180	0.306	0.117	0.043	0.024	0.020	0.015	0.015	0.021	0.025	0.042	0.070	0.073
Q. MAXIMO	m ³ /s	1.811	1.791	1.626	0.750	0.149	0.119	0.037	0.128	0.118	0.387	0.656	1.166	0.728
Q. 75%	m ³ /s	0.661	0.757	0.473	0.137	0.043	0.023	0.019	0.018	0.031	0.034	0.068	0.253	0.210
Oferta total	m ³ /mes	1,769,219	1,830,753	1,265,745	355,099	114,498	60,829	51,863	48,314	79,354	91,854	176,082	677,264	6,520,873

*** Para efectos de diseño se asumen los caudales Q 75%

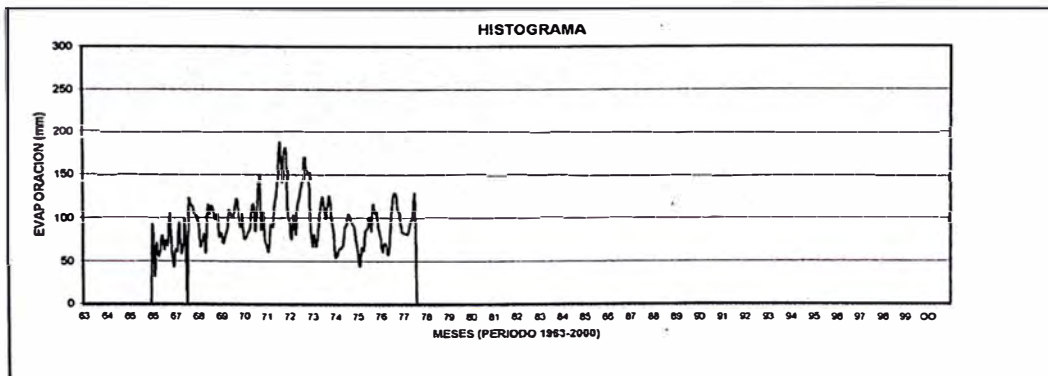
Elaboración: Proyecto Especial Plan Meriss Inka

CUADRO A2.29: REGISTRO DE EVAPORACION TOTAL MENSUAL
(mm)

Estacion : ANTA Latitud : 13°28' S Departamento : Cusco
 Tipo : CO-884 Longitud : 72°09' W Provincia : Anta
 Altitud : 3,435.00 msnm Distrito : Anta

N° REGISTRO	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1963													
2	1964													
3	1965													
4	1966	91.90	32.00	70.00	54.80	61.70	79.40	63.30	74.20	68.10	104.20	65.70	43.20	808.50
5	1967	63.50	60.70	94.00	59.10	64.00	96.50		122.60	114.50	114.00	103.90	103.00	
6	1968	95.00	66.70	71.70	80.90	60.70	114.40	104.10	114.20	106.00	98.00	103.70	78.20	1,093.60
7	1969	82.40	70.60	78.40	85.80	108.10	103.40	100.20	109.10	121.90	108.70	89.00	104.70	1,162.30
8	1970	75.70	77.10	83.10	87.20	106.00	115.20	84.90	116.10	147.70	87.20	106.40	77.00	1,163.60
9	1971	67.00	61.60	91.90	89.70	112.70	128.80	151.70	188.50	141.60	176.30	181.40	107.70	1,498.90
10	1972	95.30	75.80	102.90	80.80	111.00	123.40	134.60	146.60	171.20	149.80	151.30	94.30	1,437.00
11	1973	67.40	60.60	67.10	86.80	104.00	124.20	114.80	99.30	113.10	125.10	98.90	85.20	1,166.50
12	1974	54.30	55.70	63.90	64.00	67.90	89.00	92.30	104.50	99.70	93.70	87.90	74.40	947.30
13	1975	58.80	44.20	65.40	62.40	85.10	87.90	101.30	84.70	115.80	105.70	106.90	85.80	1,004.00
14	1976	75.30	61.20	70.50	68.00	57.80	84.50	114.00	129.00	128.20	109.60	105.70	85.00	1,088.80
15	1977	82.30	82.30	80.80	86.90	97.10	98.90	126.50						
16	1978													
17	1979													
18	1980													
19	1981													
20	1982													
21	1983													
22	1984													
23	1985													
24	1986													
25	1987													
26	1988													
27	1989													
28	1990													
29	1991													
30	1992													
31	1993													
32	1994													
33	1995													
34	1996													
35	1997													
36	1998													
37	1999													
38	2000													
N° Datos		12	12	12	12	12	12	11	11	11	11	11	11	10
Meda		75.74	64.04	78.31	75.53	86.34	103.80	107.97	117.16	120.71	115.66	109.16	85.32	1,137.05
Dev. Estandar		13.98	15.02	12.57	12.85	22.38	17.02	24.37	30.95	27.05	26.18	31.51	18.12	207.90
Coef. Variacion		18.44	23.45	16.05	17.02	25.92	16.39	22.57	26.42	22.41	22.64	28.87	21.24	18.28
Evap. Max.		95.30	82.30	102.90	89.70	112.70	128.80	151.70	188.50	171.20	176.30	181.40	107.70	1,498.90
Evap. Min.		54.30	32.00	63.90	54.80	57.80	79.40	63.30	74.20	68.10	87.20	65.70	43.20	808.50

FUENTE: SENAMH

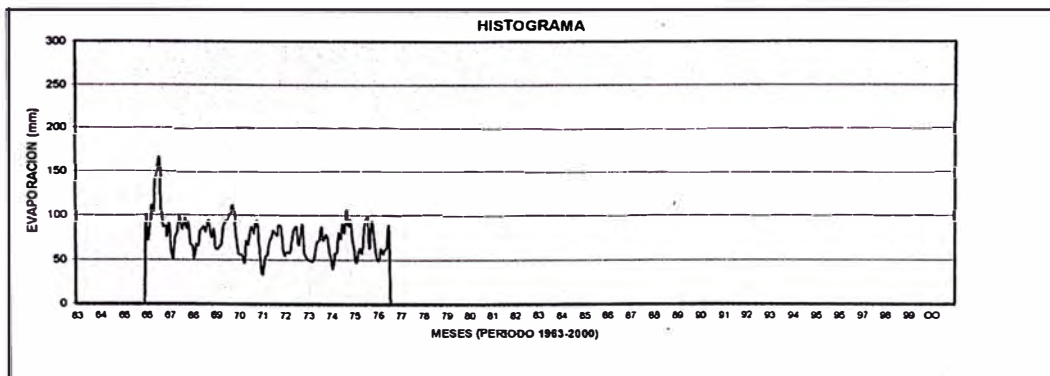


CUADRO A2.30: REGISTRO DE EVAPORACION TOTAL MENSUAL (mm)

Estacion : K'AYRA Latitud : 13° 34' S Departamento : Cusco
 Tipo : CO-607 Longitud : 71° 54' W Provincia : Cusco
 Altitud : 3,219.00 msnm Distrito : San Jeronimo

N° REGISTRO	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1963													
2	1964													
3	1965													
4	1966	98.00	71.90	92.40	111.40	104.90	142.30	153.10	164.70	102.50	87.60	88.10	76.50	1,293.40
5	1967	90.50	60.00	51.80	75.10	80.60	98.00	89.60	84.70	96.30	85.50	91.60	67.80	971.70
8	1968	98.00	52.40	87.10	65.90	81.40	84.80	87.40	81.50	94.00	88.90	75.10	84.30	928.80
7	1969	63.30	62.50	65.70	67.20	85.90	93.00	93.70	100.60	101.40	111.90	91.40	72.50	1,009.10
8	1970	56.00	56.20	54.60	46.70	70.60	67.10	83.20	87.10	79.80	93.60	88.70	54.40	838.20
9	1971	33.80	41.40	53.60	55.50	70.40	75.20	82.80	80.30	77.90	89.40	87.00	60.40	807.70
10	1972	54.70	58.60	57.30	60.30	77.00	84.60	87.00	67.30	73.40	89.70	57.60	53.10	820.80
11	1973	50.10	48.90	47.70	50.60	61.70	71.00	71.90	87.20	72.00	78.00	76.50	59.90	775.70
12	1974	48.30	40.30	57.30	57.20	80.10	73.60	90.60	81.10	106.90	88.60	94.70	74.30	893.20
13	1975	81.00	47.00	55.50	62.80	57.50	77.90	95.20	98.60	63.10	93.10	79.90	63.60	855.20
14	1976	49.30	51.70	62.40	56.50	61.30	64.00	87.60						
15	1977													
18	1978													
17	1979													
18	1980													
19	1981													
20	1982													
21	1983													
22	1984													
23	1985													
24	1986													
25	1987													
26	1988													
27	1989													
28	1990													
29	1991													
30	1992													
31	1993													
32	1994													
33	1995													
34	1996													
35	1997													
36	1998													
37	1999													
38	2000													
N° Datos		11	11	11	11	11	11	11	10	10	10	10	10	10
Media		81.00	53.74	60.49	64.49	75.60	84.70	92.94	93.31	86.73	90.63	83.06	68.68	919.38
Desv. Estandar		18.88	9.41	12.08	17.45	13.49	21.78	20.92	26.80	15.25	8.64	11.13	10.17	150.92
Coef. Variacion		30.63	17.51	19.97	27.06	17.85	25.72	22.51	28.72	17.59	9.53	13.40	15.25	16.42
Evap. Max		98.00	71.90	92.40	111.40	104.90	142.30	153.10	164.70	106.90	111.90	94.70	84.30	1,293.40
Evap. Min		33.80	40.30	47.70	46.70	57.50	64.00	71.90	67.30	63.10	78.00	57.60	53.10	775.70

FUENTE SENAMHI

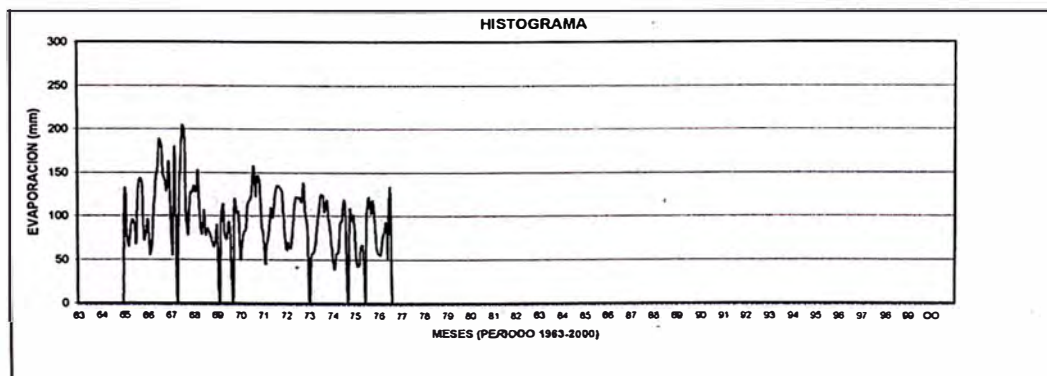


CUADRO A2.31: REGISTRO DE EVAPORACION TOTAL MENSUAL
(mm)

Estación : PARURO Latitud : 13° 45' S Departamento : Cusco
 Tipo : CO-686 Longitud : 71° 51' W Provincia : Paruro
 Altitud : 3,084.00 msnm Distrito : Paruro

N° REGISTRO	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1963													
2	1964													
3	1965	129.50	81.70	64.90	81.00	95.00	89.90	68.80	134.40	142.50	137.50	72.50	78.60	1,174.30
4	1966	94.90	56.30	63.80	101.70	142.40	151.70	187.30	179.50	147.50	140.10	129.00	161.30	1,555.50
5	1967	89.20	56.20	179.40		96.40	168.00	204.20	196.50	94.90	78.60	126.10	126.80	
6	1968	134.00	127.50	151.40	103.10	78.70	106.10	78.40	85.00	80.40	74.30	65.00	66.70	1,150.60
7	1969	67.40		84.70	113.60	78.50	73.10	92.40	77.10		117.90	103.10	104.10	
8	1970	51.10	69.20	82.00	83.30	114.60	117.60	125.00	157.20	122.50	146.10	139.80	87.00	1,295.40
9	1971	80.40	45.20	68.70	81.70	108.60	97.50	120.50	134.00	133.90	130.60	126.80	83.40	1,211.30
10	1972	61.50	89.20	62.50	77.50	103.80	120.90	119.80	120.50	115.60	137.70	99.90	62.40	1,171.30
11	1973		55.80	57.00	64.80	88.40	107.50	123.60	123.30	103.70	117.60	94.80	81.10	1,017.60
12	1974	53.20	39.30	56.20	58.30	92.60	93.50	118.00	90.30		106.30	94.20	100.10	
13	1975	56.70	42.70	44.00	64.80	65.30		101.50	121.00	102.20	117.50	93.50	61.30	
14	1976	56.50	55.30	69.50	80.20	91.20	52.21	132.70						
15	1977													
16	1978													
17	1979													
18	1980													
19	1981													
20	1982													
21	1983													
22	1984													
23	1985													
24	1986													
25	1987													
26	1988													
27	1989													
28	1990													
29	1991													
30	1992													
31	1993													
32	1994													
33	1995													
34	1996													
35	1997													
36	1998													
37	1999													
38	2000													
N° Datos		11	11	12	11	12	11	12	11	9	11	11	11	7
Media		61.49	63.67	62.01	62.73	96.29	107.09	122.68	126.98	115.91	118.56	104.06	93.71	1,225.14
Desv. Estandar		29.33	24.60	40.88	17.34	19.91	32.77	39.53	37.75	22.67	24.09	23.95	26.85	167.52
Coef. Variacion		36.00	38.63	49.65	20.96	20.67	30.60	32.22	29.27	19.56	20.31	23.02	30.79	13.67
Evap. Max.		134.00	127.50	179.40	113.60	142.40	168.00	204.20	196.50	147.50	146.10	139.80	161.30	1,555.50
Evap. Min.		51.10	39.30	44.00	56.30	65.30	52.21	68.80	77.10	80.40	74.30	65.00	61.30	1,017.60

FUENTE: SENAMHI

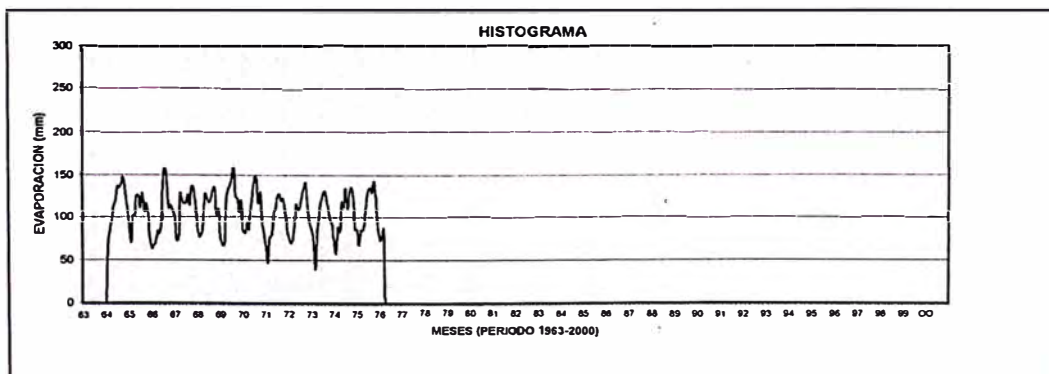


CUADRO A2.32: REGISTRO DE EVAPORACION TOTAL MENSUAL
(mm)

Estacion : SICUANI Latitud : 14° 17' S Departamento : Cusco
Tipo : CO-759 Longitud : 71° 13' W Provincia : Canchis
Altitud : 3,550.00 msnm Distrito : Sicuani

N° REGISTRO	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1963													
2	1964		72.90	82.30	98.90	111.90	119.90	135.90	134.20	138.50	146.90	130.40	115.70	
3	1965	94.90	70.50	101.50	102.60	124.40	125.50	111.20	128.30	106.30	116.10	102.80	75.40	1,259.50
4	1966	64.00	66.40	70.50	83.70	80.90	93.30	146.00	158.40	138.40	111.30	114.30	107.70	1,234.90
5	1967	100.10	72.80	74.10	128.10	118.30	116.60	116.80	126.10	114.80	136.50	134.20	112.80	1,351.20
6	1968	88.20	77.60	80.50	93.80	127.60	123.50	117.60	121.40	130.90	134.70	102.00	109.40	1,307.20
7	1969	80.00	68.10	68.20	112.80	132.90	135.40	145.80	158.90	126.20	121.60	105.40	120.00	1,375.30
8	1970	83.70	82.10	93.90	86.10	111.70	125.10	146.30	147.60	117.00	129.10	96.60	79.20	1,288.40
9	1971	67.10	47.20	76.90	78.20	103.20	109.00	123.90	127.70	119.10	121.80	110.40	87.40	1,171.90
10	1972	77.40	70.00	73.80	89.70	115.20	108.50	113.40	125.20	134.20	140.20	112.10	95.60	1,255.30
11	1973	85.70	72.40	39.20	82.90	100.40	119.10	124.50	131.10	118.90	109.30	95.60	91.40	1,170.50
12	1974	87.30	58.00	88.00	83.30	118.30	111.90	134.40	110.60	125.50	135.30	123.00	85.50	1,241.10
13	1975	85.50	87.80	85.00	84.40	92.70	121.10	131.10	134.70	129.10	142.10	124.50	91.20	1,289.20
14	1976	73.30	74.40	86.20										
15	1977													
16	1978													
17	1979													
18	1980													
19	1981													
20	1982													
21	1983													
22	1984													
23	1985													
24	1986													
25	1987													
26	1988													
27	1989													
28	1990													
29	1991													
30	1992													
31	1993													
32	1994													
33	1995													
34	1996													
35	1997													
36	1998													
37	1999													
38	2000													
N° Datos		12	13	13	12	12	12	12	12	12	12	12	12	11
Medio		80.60	69.25	78.47	93.71	111.46	117.41	128.91	133.88	124.91	128.74	112.81	97.61	1,268.59
Desv. Estandar		11.28	8.77	15.10	14.71	14.99	10.75	12.92	14.54	9.95	12.50	12.96	14.98	64.91
Coef. Variacion		14.00	12.67	19.24	15.70	13.45	9.15	10.02	10.88	7.97	9.71	11.51	15.34	5.12
Evap. Max.		100.10	82.10	101.50	128.10	132.90	135.40	146.30	158.90	138.50	146.90	134.20	120.00	1,375.30
Evap. Min.		64.00	47.20	39.20	78.20	80.90	93.30	111.20	110.60	106.30	109.30	95.60	75.40	1,170.50

FUENTE: SENAMHI

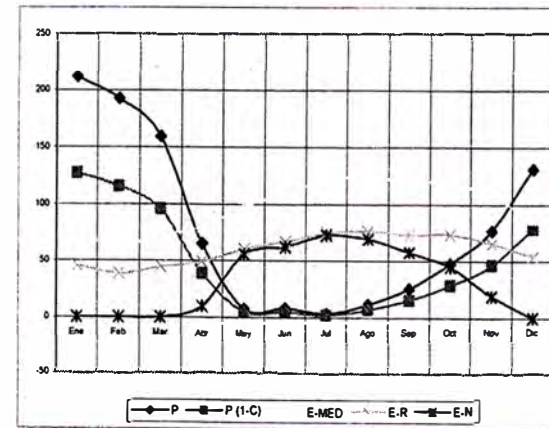


CUADRO A2.33: REGISTROS DE EVAPORACION DE ESTACIONES BASE

N°	ESTACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	ACOMAYO	73.25	62.11	63.57	81.54	120.40	130.35	151.96	148.12	145.99	144.85	121.72	96.59	1,340.45
2	ANTA	75.74	64.04	78.31	75.53	86.34	103.80	107.97	117.16	120.71	115.66	109.16	85.32	1,139.76
3	K'AYRA	61.00	53.74	60.49	64.49	75.60	84.70	92.94	93.31	86.73	90.63	83.06	66.68	913.36
4	PARURO	81.49	63.67	82.01	82.73	96.29	107.09	122.68	128.98	115.91	118.56	104.06	93.71	1,197.20
5	SICUANI	80.60	69.25	78.47	93.71	111.46	117.41	128.91	133.68	124.91	128.74	112.61	97.61	1,277.35
N° Datos		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Media		74.42	62.56	72.57	79.60	98.02	108.67	120.89	124.25	118.85	119.69	106.12	87.98	1,173.62
Desv. Estándar		8.237305668	5.61689465	9.79370822	10.69341867	18.1898337	16.9333418	22.2548664	20.5460953	21.3138455	19.8566797	14.4116593	12.8496139	164.336451
Coef. Variación		11.06932551	8.97823987	13.4955502	13.43407091	18.5575831	15.5824779	18.4088596	16.5359073	17.9334164	16.5899942	13.5800745	14.604937	14.0024977
Evap. Max.		81.49	69.25	82.01	93.71	120.40	130.35	151.96	148.12	145.99	144.85	121.72	97.61	1,340.45
Evap. Min.		61.00	53.74	60.49	64.49	75.60	84.70	92.94	93.31	86.73	90.63	83.06	66.68	913.36

EVAPORACION MEDIA MENSUAL REAL Y NETA

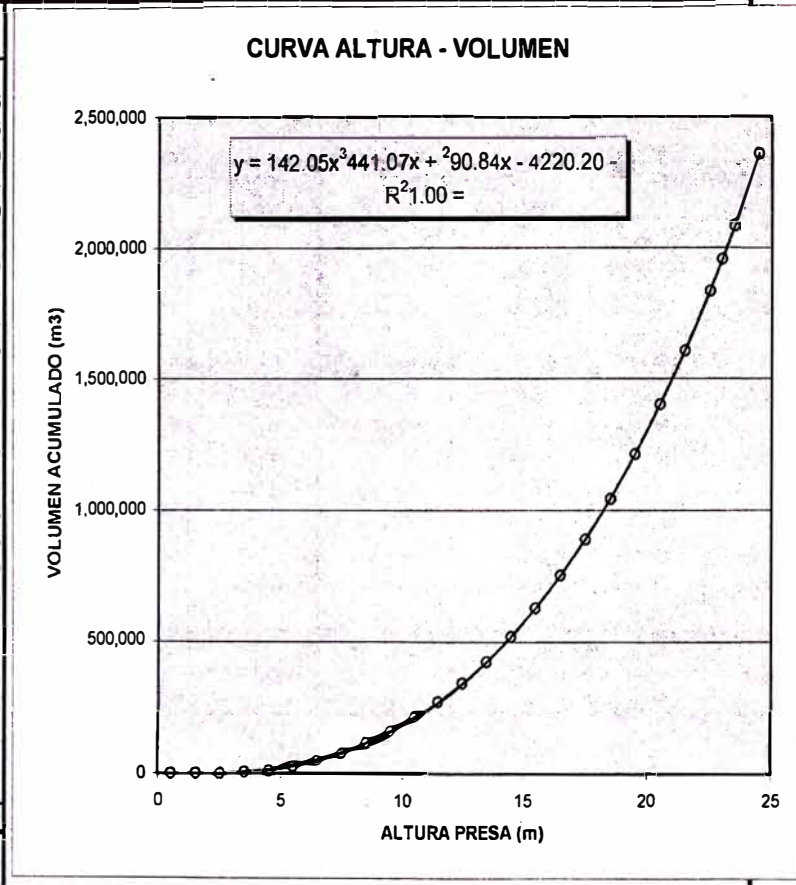
MES	PRECIPITACION			EVAPORACION			
	MEDIA	COEF. DE ESCORRENTIA C	EFFECTIVA	MEDIA mm	COEFICIENTE DE PICHE Cm	REAL mm	NETA mm
Ene	211.83	0.40	127.10	74.42	0.616	45.84	0.00
Feb	192.21	0.40	115.33	62.56	0.616	38.54	0.00
Mar	159.43	0.40	95.66	72.57	0.616	44.70	0.00
Abr	65.24	0.40	39.14	79.60	0.616	49.03	9.89
May	7.68	0.40	4.61	98.02	0.616	60.38	55.77
Jun	7.86	0.40	4.72	108.67	0.616	66.94	62.22
Jul	3.18	0.40	1.91	120.89	0.616	74.47	72.56
Ago	11.68	0.40	7.01	124.25	0.616	76.54	69.53
Sep	25.90	0.40	15.54	118.85	0.616	73.21	57.67
Oct	47.61	0.40	28.57	119.69	0.616	73.73	45.16
Nov	77.06	0.40	46.23	106.12	0.616	65.37	19.14
Dic	131.15	0.40	78.69	87.98	0.616	54.20	0.00
TOTAL	940.82	0.40	564.49	1,173.62	0.62	722.95	391.95



CUADRO A2.34: ESTIMACION DEL VOLUMEN POTENCIALMENTE ALMACENABLE DE ACUERDO AL VASO RECEPTOR

QUEBRADA HANCCOYOC

COTA (msnm)	H (DIQUE) (m)	AREA (Há)	PERIMETRO (m)	VOL. PARCIAL (m ³)	VOL. ACUM. (m ³)	VOL. ASUMIDO (m ³)
3821.5		0.00				
3822	0.5	94.84	63.33	15.81	15.8	-4137.6
3823	1.5	479.51	133.85	262.53	278.3	-2884.6
3824	2.5	1,559.83	234.89	968.06	1,246.4	528.9
3825	3.5	4,547.17	381.29	2,923.38	4,169.8	6,955.4
3826	4.5	9,839.17	509.91	7,025.02	11,194.8	17,247.0
3827	5.5	19,062.51	721.69	14,198.97	25,393.8	32,256.1
3828	6.5	26,044.79	766.35	22,463.04	47,856.8	52,835.0
3829	7.5	34,399.00	973.45	30,125.21	77,982.0	79,836.0
3830	8.5	41,392.65	1101.09	37,841.93	115,824.0	114,111.4
3831	9.5	48,803.08	1257.27	45,047.04	160,871.0	156,513.5
3832	10.5	56,723.88	1269.28	52,713.86	213,584.9	207,894.6
3833	11.5	64,949.66	1401.96	60,790.38	274,375.2	269,106.9
3834	12.5	75,375.77	1692.34	70,098.07	344,473.3	341,002.9
3835	13.5	87,958.01	1992.02	81,586.00	426,059.3	424,434.7
3836	14.5	101,676.35	2215.03	94,734.37	520,793.7	520,254.8
3837	15.5	115,485.38	2364.86	108,507.61	629,301.3	629,315.3
3838	16.5	129,408.49	2527.74	122,380.92	751,682.2	752,468.6
3839	17.5	145,151.69	2690.65	137,204.80	888,887.0	890,567.0
3840	18.5	162,734.79	2823.89	153,859.49	1,042,746.5	1,044,462.8
3841	19.5	178,610.54	2926.62	170,611.10	1,213,357.6	1,215,008.3
3842	20.5	195,261.70	3047.36	186,874.29	1,400,231.9	1,403,055.8
3843	21.5	216,129.60	3164.07	205,607.38	1,605,839.3	1,609,457.5
3844	22.5	237,723.09	3375.82	226,840.68	1,832,679.9	1,835,065.9
3844.5	23	248,556.80	3467.59	121,559.91	1,954,239.9	1,955,338.9
3845	23.5	259,667.92	3527.35	127,046.06	2,081,285.9	2,080,733.1
3846	24.5	285,859.98	3776.27	272,659.09	2,353,945.0	2,347,311.5
				2,353,945.0		
PORCENTAJE DE SEMEJANZA EN LA COTA 3844.5					100.056%	



Elaboración: Proyecto Especial Plan Meriss Inka

CUADRO A2.35: OPERACIÓN PRESA HANCCOYOC

AREA ESPEJO LAGUNA HANCCOYOC 249,179
 TOTAL 249,179.25

JORNADA DE RIEGO = 14 Hrs.
 UPF
 MODULO DE RIEGO = 0.64 l / s / há
 MES CRITICO = Noviembre

MESES	DIAS	CAUDAL (m3/s) MICROCUCUENCA HANCCOYOC	VOLUMEN ALMACENADO m ³	PERDIDAS			DEMANDA DE AGUA			DESCARGA DE CAMBIO m ³	ALMACENAMIENTO		CAUDAL MENSUAL OPERACION PRESA		
				EVAPORACION EMBALSES		INFILTRACION 4% del Vol. Almac.	F1 m ³	F2 m ³	TOTAL m ³		INICIO MES m ³	FIN MES m ³	l/s	m ³ /s	
				mm	m ³										
ENE	31	0.053	141,955	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.000	
FEB	27	0.757	1,789,277	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.000	
MAR	31	0.473	1,265,745	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.000	
ABR	30	0.137	355,099	24.86	6,194	11,173	85,758	0	85,758	-103,125	⊕	1,955,338	1,955,338	56.72	0.057
MAY	31	0.043	114,498	54.96	13,696	11,173	285,779	0	285,779	-310,647		1,955,338	1,759,188	182.91	0.183
JUN	30	0.023	60,829	65.54	16,332	11,173	241,169	0	241,169	-268,675		1,759,188	1,551,343	159.50	0.160
JUL	31	0.019	51,863	73.35	18,277	11,173	256,136	0	256,136	-285,587		1,551,343	1,317,618	163.94	0.164
AGO	31	0.018	48,314	71.12	17,721	11,173	281,335	0	281,335	-310,229		1,317,618	1,055,703	180.07	0.180
SET	30	0.006	15,552	64.30	16,022	11,173	236,453	0	236,453	-263,647		1,055,703	807,608	156.38	0.156
OCT	31	0.024	64,282	52.68	13,128	11,173	352,016	0	352,016	-376,317		807,608	495,572	225.30	0.225
NOV	30	0.008	20,736	27.00	6,729	11,173	437,262	0	437,262	-455,164		495,572	61,144 ⊗	289.19	0.289
DIC	31	0.009	24,106	0.00	0	0	0	0	0	0		0	0	0.00	0.000
TOTAL		0.032	1,955,338		108,098	78,214	2,175,907	0	2,175,907	-2,373,392				160.69	0.161

LEYENDA ⊕ APERTURA DE COMPUERTAS (1 de abril) Valores asumidos de acuerdo a los aforos efectuados
 ⊗ CIERRE DE COMPUERTAS (30 de noviembre)

Elaboración: Proyecto Especial Plan Merlas Inka

CUADRO A2.36: BALANCE HIDRICO

JORNADA DE RIEGO 14 Hr
 MODULO DE RIEGO 0.64 l / s / há
 MES CRITICO Noviembre

MESES	DIAS	VOLUMEN ALMACENADO m ³	EVAPORACION EMBALSES m ³	INFILTRACION m ³	DEMANDA DE AGUA PARA RIEGO			CONSUMO (3 l/s) HUMANO Y OTROS m ³	SUPERAVIT y/o DEFICIT m ³
					F1 m ³	F2 m ³	TOTAL m ³		
ENE	31	0	0	0	0	0	0	0	0
FEB	28	0	0	0	0	0	0	0	0
MAR	31	0	0	0	0	0	0	0	0
ABR	30	1,955,338	6,194	11,173	85,758	0	85,758	7,776	1,844,436
MAY	31	1,955,338	13,696	11,173	285,779	0	285,779	8,035	1,636,655
JUN	30	1,759,188	16,332	11,173	241,169	0	241,169	7,776	1,482,738
JUL	31	1,551,343	18,277	11,173	256,136	0	256,136	8,035	1,257,721
AGO	31	1,317,618	17,721	11,173	281,335	0	281,335	8,035	999,354
SET	30	1,055,703	16,022	11,173	236,453	0	236,453	7,776	784,280
OCT	31	807,608	13,128	11,173	352,016	0	352,016	8,035	423,256
NOV	30	495,572	6,729	11,173	437,262	0	437,262	7,776	32,632
DIC	31	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL		1,955,338	108,098	89,387	2,175,907	0	2,175,907	63,245	32,632

Elaboración: Proyecto Especial Plan Meniss Inka

**CUADRO A2.37: REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 hr
(mm)**

Estacion : CAYLLOMA Latitud : 15° 11' S Departamento : AREQUIPA
Longitud : 71° 46' W Provincia : CAYLLOMA
Altitud : 4320 m s.n.m. Distrito : CAYLLOMA

N° REGISTRO	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	PMAX
1	1,963	18	17	7	4	1	0	0	0	8	4	8	8	73.00	18
2	1,964	13	13	15	7	8	0	0	0	7	17	24	8	112.00	24
3	1,965	21	10	16	16	0	0	0	0	7	4	12	23	109.00	23
4	1,966	19	28	18	11	14	1	0	5	17	21	23	13	168.00	28
5	1,967	22	20	13	12	4	1	7	0	0	5	18	9	111.00	22
8	1,968	15	20	21	6	0	0	37	5	10	0	15	5	134.00	37
7	1,969	17	14	5	4	0	0	3	0	3	3	4	6	59.00	17
8	1,970	8	10	5	10	0	0	3	0	6	10	13	25	90.00	25
9	1,971	15	17	10	8	0	0	0	3	2	18	11	30	112.00	30
10	1,972	23	13	8	8	2	0	2	7	13	3	10	18	107.00	23
11	1,973	31	11	21	15	3	1	4	4	2	5	15	11	123.00	31
12	1,974	13	15	21	13	8	8	0	14	6	9	8	14	129.00	21
13	1,975	19	29	10	14	9	6	0	9	5	8	10	25	144.00	29
14	1,978	24	10	32	10	6	2	0	0	5	0	14	25	128.00	32
15	1,977	18	9	22	25	0	0	0	0	0	20	22	10	126.00	25
18	1,978	17	17	24	22	10	0	0	0	2	5	11	18	128.00	24
17	1,979	19	15	9	5	3	0	0	4	25	2	14	6	102.00	25
18	1,980	8	10	15	5	0	0	0	2	0	3	21	6	70.00	21
19	1,981	5	5	2	4	0	0	0	4	5	6	4	6	41.00	6
20	1,982	4	4	4	2	0	0	0	0	4	4	4	5	31.00	5
21	1,983	4	2	4	2	3	1	0	0	0	2	4	6	28.00	6
22	1,984	4	18	10	20	0	3	0	9	4	14	16	9	107.00	20
23	1,985	9	19	17	15	2	4	2	3	5	5	12	21	114.00	21
24	1,986	11	14	8	18	6	0	0	4	2	8	16	15	102.00	18
25	1,987	20	16	17	1	3	7	9	0	8	8	11	16	116.00	20
26	1,988	17	13	24	11	2	0	0	0	13	11	11	31	133.00	31
27	1,989	15	27	16	12	6	5	1	0	15	13	13	18	141.00	27
28	1,990	13	24	6	13	2	16	0	9	3	13	7	11	117.00	24
29	1,991	15	31	23	23	0	6	0	0	9	9	23	22	161.00	31
30	1,992	19	17	17	5	0	33	0	18	2	7	14	7	139.00	33
31	1,993	18	15	10	12	1	0	2	15	2	9	14	29	125.00	29
32	1,994	28	16	13	8	0	0	0	0	17	19	9	25	135.00	28
33	1,995	23	22	9	6	0	0	0	3	7	1	3	16	90.00	23
34	1,996	18	19	16	16	5	0	0	1	2	9	14	7	107.00	19
35	1,997	6	5	10	15	1	2	0	0	5	12	12	16	84.00	16
36	1,998	19	17	12	6	2	0	1	0	3	12	14	4	90.00	19
37	1,999	7	25	33	15	2	0	24	0	1	6	6	11	130.00	33
38	2,000	11	8	7	3	1	2	0	24	2	8	21	14	101.00	24
N° Datos		38	38	38	38	38	37	38	38	38	38	38	38	38	38
Media		15.37	15.66	13.89	10.58	2.74	2.65	2.50	3.76	5.97	8.18	12.66	14.39	108.29	23.37
Desv. Estandar		8.67	8.97	7.53	6.19	3.42	6.09	7.14	5.74	5.59	5.53	5.68	8.02	32.07	7.29
Coef. Variacion		43.38	44.50	54.19	58.54	125.05	230.04	285.54	152.64	93.53	67.52	44.89	55.68	29.61	31.20
P. maxima 24 hr Max.		31.00	31.00	33.00	25.00	14.00	33.00	37.00	24.00	25.00	21.00	24.00	31.00	168.00	37.00
P. maxima 24 hr Min.		4.00	2.00	2.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	4.00	28.00	5.00

FUENTE : SENAMHI

CUADRO A2.38: PRECIPITACIÓN MÁXIMA - MÉTODO DE MAC MATH

ALTITUD DE LA ESTACION BASE 4320 m s.n.m.m.
ALTITUD MICROCUENCA HANCCOYOC 4141 m s.n.m.m.

N° REGISTRO	P _{MAX}	ORDENADO	FACTOR DE CORRECCIÓN	ORDENADO CORREGIDO	f	log P	(log P - log P _{prom})³}
1	18	37	0.959	35.47	0.02564	1.54982	0.01246
2	24	33	0.959	31.63	0.05128	1.50014	0.00605
3	23	33	0.959	31.63	0.07692	1.50014	0.00605
4	28	32	0.959	30.67	0.10256	1.48677	0.00481
5	22	31	0.959	29.72	0.12821	1.47298	0.00373
6	37	31	0.959	29.72	0.15385	1.47298	0.00373
7	17	31	0.959	29.72	0.17949	1.47298	0.00373
8	25	30	0.959	28.76	0.20513	1.45874	0.00279
9	30	29	0.959	27.80	0.23077	1.44402	0.00200
10	23	29	0.959	27.80	0.25641	1.44402	0.00200
11	31	28	0.959	26.84	0.28205	1.42878	0.00136
12	21	28	0.959	26.84	0.30769	1.42878	0.00136
13	29	27	0.959	25.88	0.33333	1.41299	0.00086
14	32	25	0.959	23.96	0.35897	1.37956	0.00023
15	25	25	0.959	23.96	0.38462	1.37956	0.00023
16	24	25	0.959	23.96	0.41026	1.37956	0.00023
17	25	24	0.959	23.01	0.43590	1.36183	0.00008
18	21	24	0.959	23.01	0.46154	1.36183	0.00008
19	6	24	0.959	23.01	0.48718	1.36183	0.00008
20	5	24	0.959	23.01	0.51282	1.36183	0.00008
21	6	23	0.959	22.05	0.53846	1.34335	0.00002
22	20	23	0.959	22.05	0.56410	1.34335	0.00002
23	21	23	0.959	22.05	0.58974	1.34335	0.00002
24	18	22	0.959	21.09	0.61538	1.32404	0.00000
25	20	21	0.959	20.13	0.64103	1.30384	0.00000
26	31	21	0.959	20.13	0.66667	1.30384	0.00000
27	27	21	0.959	20.13	0.69231	1.30384	0.00000
28	24	20	0.959	19.17	0.71795	1.28265	-0.00004
29	31	20	0.959	19.17	0.74359	1.28265	-0.00004
30	33	19	0.959	18.21	0.76923	1.26038	-0.00019
31	29	19	0.959	18.21	0.79487	1.26038	-0.00019
32	28	18	0.959	17.25	0.82051	1.23689	-0.00053
33	23	18	0.959	17.25	0.84615	1.23689	-0.00053
34	19	17	0.959	16.30	0.87179	1.21207	-0.00119
35	16	16	0.959	15.34	0.89744	1.18574	-0.00231
36	19	6	0.959	5.75	0.92308	0.75977	-0.17392
37	33	6	0.959	5.75	0.94872	0.75977	-0.17392
38	24	5	0.959	4.79	0.97436	0.68059	-0.25893
PROMEDIO	23.37	23.37		22.40	0.50	1.32	-0.55980
DESVEST	7.29	7.29		6.99	0.28	0.20	0.06
Log P _{MAX} 24hr =		1.32	+ K x	0.20	Asimetría	Ag =	-2.2
T años	K	P _{MAX} 24 hr mm					
1	-3.705	3.94					
1	-0.574	16.07					
2	0.330	24.12					
5	0.752	29.15					
10	0.844	30.38					
25	0.888	30.99					
50	0.900	31.15					
100	0.905	31.22					
200	0.907	31.25					
500	0.909	31.28					
1000	0.912	31.32					
5000	0.936	31.66					
10000	0.966	32.09					

FORMULA: $Q = 10^{-3} \times C \times P \times A^{0.58} \times I^{0.42}$

CUADRO A2.39: ANÁLISIS DE MÁXIMAS AVENIDAS SEGÚN MAC MATH
UTILIZANDO PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE 24 HORAS

MICROCUCIENCA HANCCOYOC
ESTACION : CAYLLOMA

ITEM	AÑO	P.MAX 24 CAYLLOMA CRONOLOGICO	P.MAX24 CORREGIDO F=0,959	Q.MAXIMO CRONOLOGICO m ³ /s.	Q.MAXIMO ORDENADO m ³ /s.	LOG(Q)	(QI-Q)^3
1	1963	18.0	17.3	10.6	21.7	1.336460	0.012429
2	1964	24.0	23.0	14.1	19.4	1.287802	0.006127
3	1965	23.0	22.0	13.5	19.4	1.287802	0.006127
4	1966	28.0	26.8	16.4	18.8	1.274158	0.004856
5	1967	22.0	21.1	12.9	18.2	1.260071	0.003742
6	1968	37.0	35.5	21.7	18.2	1.260071	0.003742
7	1969	17.0	16.3	10.0	18.2	1.260071	0.003742
8	1970	25.0	24.0	14.7	17.6	1.245513	0.002785
9	1971	30.0	28.8	17.6	17.0	1.230449	0.001983
10	1972	23.0	22.0	13.5	17.0	1.230449	0.001983
11	1973	31.0	29.7	18.2	16.4	1.214844	0.001332
12	1974	21.0	20.1	12.3	16.4	1.214844	0.001332
13	1975	29.0	27.8	17.0	15.9	1.201397	0.000901
14	1976	32.0	30.7	18.8	14.7	1.167317	0.000244
15	1977	25.0	24.0	14.7	14.7	1.167317	0.000244
16	1978	24.0	23.0	14.1	14.7	1.167317	0.000244
17	1979	25.0	24.0	14.7	14.1	1.149219	0.000088
18	1980	21.0	20.1	12.3	14.1	1.149219	0.000088
19	1981	6.0	5.8	3.5	14.1	1.149219	0.000088
20	1982	5.0	4.8	2.9	14.1	1.149219	0.000088
21	1983	6.0	5.8	3.5	13.5	1.130334	0.000017
22	1984	20.0	19.2	11.7	13.5	1.130334	0.000017
23	1985	21.0	20.1	12.3	13.5	1.130334	0.000017
24	1986	18.0	17.3	10.6	12.9	1.110590	0.000000
25	1987	20.0	19.2	11.7	12.3	1.089905	-0.000003
26	1988	31.0	29.7	18.2	12.3	1.089905	-0.000003
27	1989	27.0	25.9	15.9	12.3	1.089905	-0.000003
28	1990	24.0	23.0	14.1	11.7	1.068186	-0.000049
29	1991	31.0	29.7	18.2	11.7	1.068186	-0.000049
30	1992	33.0	31.6	19.4	11.2	1.049218	-0.000172
31	1993	29.0	27.8	17.0	11.2	1.049218	-0.000172
32	1994	28.0	26.8	16.4	10.6	1.025306	-0.000503
33	1995	23.0	22.0	13.5	10.6	1.025306	-0.000503
34	1996	19.0	18.2	11.2	10.0	1.000000	-0.001152
35	1997	16.0	15.3	9.4	9.4	0.973128	-0.002284
36	1998	19.0	18.2	11.2	3.5	0.544068	-0.176324
37	1999	33.0	31.6	19.4	3.5	0.544068	-0.176324
38	2000	24.0	23.0	14.1	2.9	0.462398	-0.265131

FORMULA: $Q = 10^{-3} \times C \times P \times A^{0.68} \times I^{0.42}$

A = 2469 há
C = 0.6
I = 301.9 m/Km

Los caudales máximos fueron ajustados a la distribución probalística Log-Pearson Tipo III, con la cual es posible predecir probalísticamente las descargas de diseño, siendo la ecuación igual a :

Log Q = X + K * S donde :
Q = Caudal máximo (m³/s.)

X = Media de los Logaritmos de los caudales.

S = Desviación estandar de los logaritmos de los caudales

K = Factor de frecuencia, que depende del sesgo (G) y del nivel de probabilidad de excedencia.

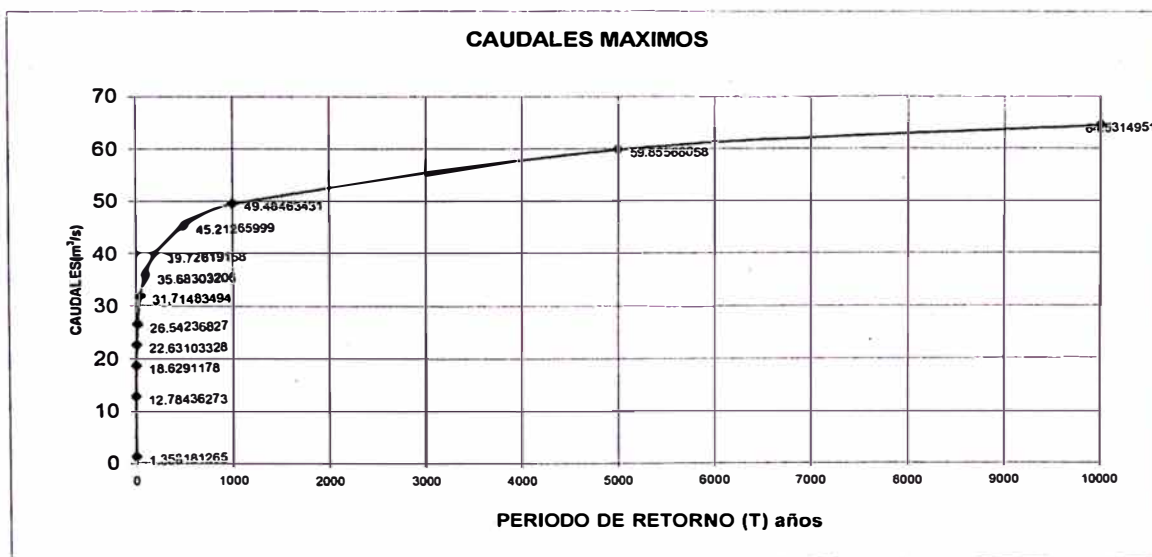
La ecuación de predicción es: $\text{Log } Q = 1.1 + 0.20 \times K$ y $G = -0.06$

Nº Datos =	38.00	
Suma =	41.98	-0.5705
Media =	1.10	-0.0150
Stds =	0.20	
Sesgo =	-0.06	

**CUADRO A2.40: CAUDALES MAXIMOS - SEGÚN MAC MATH
PARA DISTINTOS PERIODOS DE RETORNO**

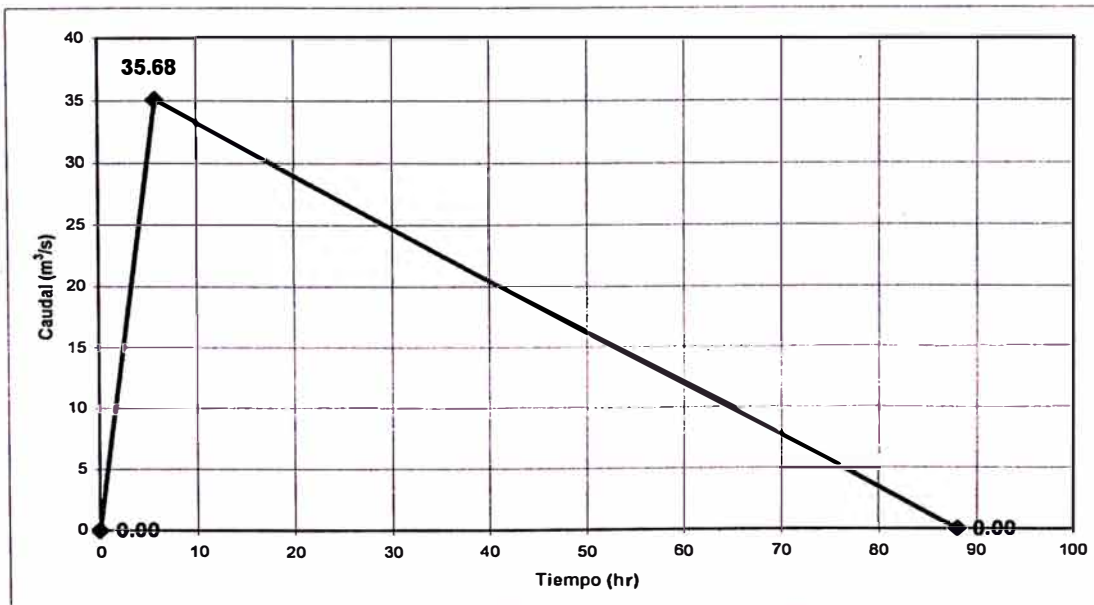
ITEM	T Años	p	w	z	K	Q.MAX m³/s
1	1	1.0000	5.26	-4.75	-4.96	1.36
2	2	0.5000	1.18	0.00	0.01	12.78
3	5	0.2000	1.79	0.84	0.84	18.63
4	10	0.1000	2.15	1.28	1.28	22.63
5	20	0.0500	2.45	1.65	1.63	26.54
6	50	0.0200	2.80	2.05	2.02	31.71
7	100	0.0100	3.03	2.33	2.28	35.68
8	200	0.0050	3.26	2.58	2.52	39.73
9	500	0.0020	3.53	2.88	2.81	45.21
10	1000	0.0010	3.72	3.09	3.01	49.48
11	5000	0.0002	4.13	3.54	3.43	59.86
12	10000	0.0001	4.29	3.72	3.60	64.53

Log Q = 1.10 + 0.20 x K y G = -0.06



CUADRO A2.41: HIDROGRAMA UNITARIO SINTÉTICO DE SNYDER

DESCRIPCION	UNIDAD	VARIABLE	FORMULA	PARAMETRO
Precipitacion Maxima	mm	$P_{MAX24hr}$		31.225
Coefficientes de Escurrimiento		C		0.600
Area de la Cuenca	km ²	A_T		24.690
Longitud de la Cuenca	km	L_B		24.570
Longitud al Centroide	km	L_{CG}		3.989
Tiempo de Concentracion	hr	T_C		1.28
Coefficiente por pendiente		C_1		1.350
Tiempo de Retardo	hr	T_{RC}	$C_1 \times (L_B \times L_{CG})^{0.30}$	5.342
Caudal Pico	m ³ /s	Q_P	$C \times P_{MAX24hr} \times A_T / (3.6 \times T_C)$	35.680
Tiempo al Pico	hr	T_P	$12 \times T_{RC} / 11$	5.828
Tiempo Base	hr	T_{BC}	$72 + 3 \times T_{RC}$	88.027
	hr/hr	1° Verificacion	$T_B / T_P > 5.00$	88.027
	hr/hr	2° Verificacion	$T_B / T_{RC} > 5.45$	88.027
	hr	T_B	ELEGIDO	88.027
Tiempo de duracion del H.U.	hr	T_r	$T_{RC}/5.5$	0.971
Tiempo al 50% del caudal pico	hr	$T_{50\%}$	$5.87/(QP/A)^{1.08}$	3.944
Tiempo al 75% del caudal pico	hr	$T_{75\%}$	$3.35/(QP/A)^{1.08}$	2.251
Intervalo de tiempo	hr	Δt	$T_P/5$	1.166



ANEXO A3 VOLUMEN DE SÓLIDOS

INTRODUCCION

El contenido del presente estudio, tiene como finalidad determinar el volumen de sólidos que se generará en la quebrada del riachuelo Hancoyoc a lo largo de la vida útil de la presa, la cual es parte del proyecto de irrigación Santo Tomás.

En los cuadros A3.1, al A3.3 se muestran el resumen de la evaluación de transporte de sedimentos, caudales sólidos máximos y la estimación de las alturas de sedimentación para 1, 10 y 20 años respectivamente.

Cuadro A3.1

Resumen de Evaluación de Transporte de Sedimentos

Proyecto : Estabilizacion Cuenca de Hancoyoc
Lugar : Vizcachani - Santo Tomás - Chumbivilcas

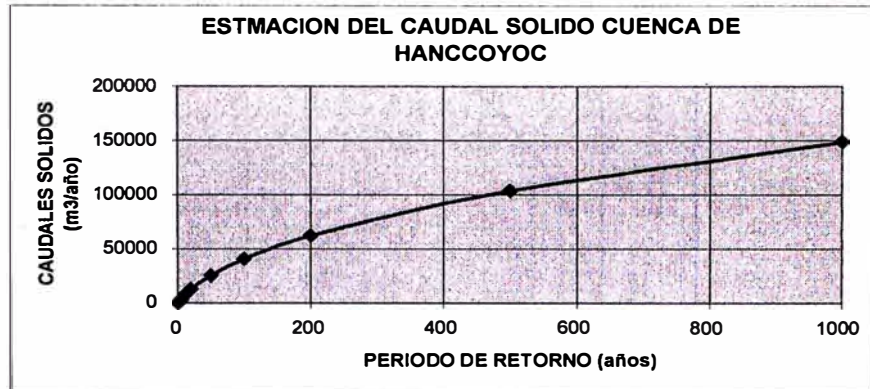
HOJA RESUMEN DE LA EVALUACION DE TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

Nº Lectura	Fecha	Tiempo de Evaluación (días)	Caudal río (l/s)	Volumen Evaluado (m3)	Observaciones	Poza
01	14/01/2006	01	990	15.36	Con Precipitaciones en días anteriores	01
02	30/01/2006	02	330	9.20	Con Precipitaciones irregulares en días anteriores	02
03	20/02/2006	01	260	0.52	Sin Precipitaciones en días anteriores	03
04	24/02/2006	05	260	1.88	Sin Precipitaciones en días anteriores	03
05	08/03/2006	01	1150	38.80	Con precipitaciones en días anteriores	03
06	19/03/2006	02	450	13.60	Con Precipitaciones irregulares en días anteriores	03
07	06/04/2006	03	620	22.20	Con precipitaciones en días anteriores	02
08	15/03/2006	02	340	17.10	Con Precipitaciones irregulares en días anteriores	02
Proyección Anual de Sedimentos				6984	m3/año	

Cuadro A3.2 Caudales Sólidos Máximos

CAUDALES SOLIDOS MAXIMOS CUENCA DE HANCCOYOC
 PARA DISTINTOS PERIODOS DE RETORNO

ITEM	T Años	Q. SOL MAX m3/año
1	1,0	0,5
2	2,0	773,2
3	5,0	3236,5
4	10,0	6845,8
5	20,0	12706,4
6	50,0	25482,3
7	100,0	40520,5
8	200,0	61945,4
9	500,0	103603,3
10	1000,0	148608,8

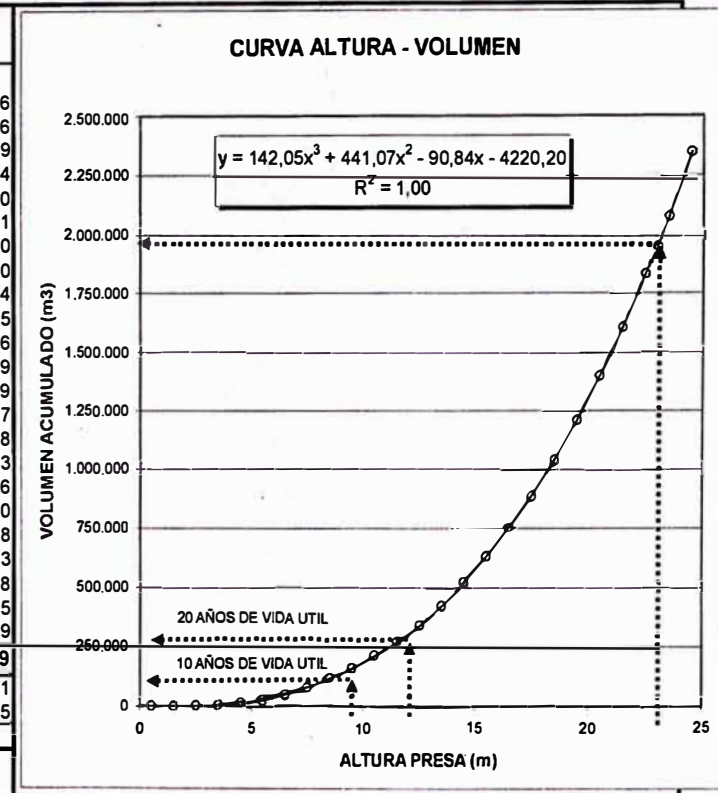


Cuadro A3.3

ESTIMACION DE LAS ALTURAS DE SEDIMENTACION PARA 1, 10 Y 20 AÑOS DE VIDA DE LA PRESA DE VIZCACHANI

QUEBRADA HANCCOYOC

COTA (msnm)	H (DIQUE) (m)	AREA (m ²)	PERIMETRO (m)	VOL. PARCIAL (m ³)	VOL. ACUM. (m ³)	VOL. ASUMIDO (m ³)
3826,5		0,00				
3827	0,5	94,84	63,33	15,81	15,8	-4137,6
3828	1,5	479,51	133,85	262,53	278,3	-2884,6
3829	2,5	1.559,83	234,89	968,06	1.246,4	528,9
3830	3,5	4.547,11	381,29	2.923,38	4.169,8	6.955,4
3831	4,5	9.839,17	509,91	7.025,02	11.194,8	17.247,0
3832	5,5	19.062,51	721,69	14.198,97	25.393,8	32.256,1
3833	6,5	26.044,79	766,35	22.463,04	47.856,8	52.835,0
3834	7,5	34.399,00	973,45	30.125,21	77.982,0	79.836,0
3835	8,5	41.392,65	1101,09	37.841,93	115.824,0	114.111,4
3836	9,5	48.803,08	1257,27	45.047,04	160.871,0	156.513,5
3837	10,5	56.723,88	1269,28	52.713,86	213.584,9	207.894,6
3838	11,5	64.949,66	1401,96	60.790,38	274.375,2	269.106,9
3839	12,5	75.375,77	1692,34	70.098,07	344.473,3	341.002,9
3840	13,5	87.958,01	1992,02	81.586,00	426.059,3	424.434,7
3841	14,5	101.676,35	2215,03	94.734,37	520.793,7	520.254,8
3842	15,5	115.485,38	2364,86	108.507,61	629.301,3	629.315,3
3843	16,5	129.408,49	2527,74	122.380,92	751.682,2	752.468,6
3844	17,5	145.151,69	2690,65	137.204,80	888.887,0	890.567,0
3845	18,5	162.734,79	2823,89	153.859,49	1.042.746,5	1.044.462,8
3846	19,5	178.610,54	2926,62	170.611,10	1.213.357,6	1.215.008,3
3847	20,5	195.261,70	3047,36	186.874,29	1.400.231,9	1.403.055,8
3848	21,5	216.129,60	3164,07	205.607,38	1.605.839,3	1.609.457,5
3849	22,5	237.723,09	3375,82	226.840,68	1.832.679,9	1.835.065,9
3849,5	23	248.556,80	3467,59	121.559,91	1.954.239,9	1.955.338,9
3850	23,5	259.667,92	3527,35	127.046,06	2.081.285,9	2.080.733,1
3851	24,5	285.859,98	3776,27	272.659,09	2.353.945,0	2.347.311,5
				2.353.945,0		



De acuerdo a estos resultados podemos inferir que para una simulación de un periodo de retorno de 20 años resulta que el volumen de sólidos a generarse en la cuenca de Hanccoyoc sería de 12.708,4 m³, el cual luego de 10 años resultaría un volumen de 127,084 m³, y luego de 20 años ocuparía un volumen de 254,127 m³.

Así mismo del análisis de los resultados obtenidos y la relación altura – volumen acumulado, podemos encontrar que se debe considerar un volumen muerto el mismo que debe llegar como mínimo un volumen de 127,084 m³, para una vida útil de 10 años tal y como se estima la rentabilidad del proyecto, en consecuencia el volumen efectivo debe ser de 1,828,255 m³ y las alturas recomendables para que se ubiquen las tuberías de operación deben variar desde los 4,0 m hasta cumplir con la vida útil de la presa.

Cabe recalcar que estos resultados están basados en información parcial por lo que las recomendaciones que se realizan deben ser tomadas como tal, dado que con información de 1 año (un periodo de lluvias) es imposible predecir el comportamiento de una cuenca en los próximos 20 años o mayor.

CONCLUSIONES:

1. Luego del análisis de los resultados obtenidos y la relación altura – volumen acumulado, podemos encontrar que se debe considerar un volumen muerto el mismo que debe llegar como mínimo un volumen de 127,084 m³, para una vida útil de 10 años tal y como se estima la rentabilidad del proyecto, en consecuencia el volumen efectivo debe ser de 1,828,255 m³ y las alturas recomendables para que se ubiquen las tuberías de operación deben variar desde los 4,0 m hasta cumplir con la vida útil de la presa.
2. Los beneficiarios deben estar concientes de que la vida útil de la presa es limitada, o sea, no durara para siempre, en algún momento se llenara de sólidos y dejara de operar (aproximadamente 50 años).

RECOMENDACIONES:

1. Tomar contacto con los pobladores e informar y hacer de su conocimiento la importancia de los trabajo de control de sedimentación en la cuenca.
2. Al verificar una escasa vegetación, es recomendable y oportuno concienciar y trabajar en proyectos de manejo integral de cuencas, especialmente en la reforestación y obras de control como son las terrazas y diques.
3. Se logro identificar las áreas con mayor riesgo de erosión y las que se encuentran en proceso de riesgo de erosión, por lo se requiere la atención urgente de las instituciones estatales y privadas para su tratamiento respectivo.
4. Como se puede apreciar en las estimaciones realizadas, esta supone que aproximadamente en 100 años la presa se colmatara totalmente de no tomar con la seriedad del caso el problema de los sedimentos y de no contar con programas que eviten la generación de sedimentos en la parte alta de la cuenca. Por ello se debe prever en la presa estructuras de limpia que permita la purga de sedimentos depositados en el vaso.
5. Se debe considerar el costo de operación y mantenimiento de los trabajos ahora planteados de modo de prolongar la vida útil de la presa de Vizcachani.

ANEXO A5 GEOTECNIA

ESTUDIO GEOTÉCNICO DE LA PRESA

Generalidades

En la ejecución de los estudios geotécnicos de la presa de Vizcachani, se han tenido en cuenta los Términos de Referencia establecidos por la Entidad Contratante y además se han seguido las Normas Técnicas existentes para este tipo de estudios.

Sistema de Trabajo

El sistema de trabajo seguido ha consistido en el desarrollo de los siguientes aspectos:

- Revisión de los estudios anteriores.
- Ejecución de los trabajos de campo.
- La excavación de calicatas en la zona del vaso
- El mapeo geológico y geotécnico en la zona del vaso y eje de presa.
- Perforaciones diamantinas realizadas en el eje de la presa: uno en cada estribo y otro en el cauce del río, total 3 sondajes.
- Estudios de refracción sísmica, llevado a cabo con personal y equipo especializado.
- Trabajos de gabinete y elaboración del informe final.

Criterios de Evaluación Geomecánica

En la evaluación de los materiales rocosos encontrados en los sondajes, se han utilizado los criterios de evaluación Geomecánica propuesta por Bienawsky, que se basa principalmente sobre una serie de factores de observación directa, como son:

Índice R.Q.D

Es un índice cuantitativo, basado en la recuperación obtenida en sondeos realizados con diámetro no inferior al NX.

En el siguiente cuadro se presenta una clasificación del macizo rocoso en función del R.Q.D.

R.Q.D.	Calidad de la Roca
90-100	Excelente
75-90	Buena
50-75	Mediana
25-50	Mala
0-25	Muy mala

Resistencia

En el plano G-05 del Anexo A9 se indica la resistencia a la compresión no confinada de la roca, según la escala siguiente:

- Roca muy competente (Tipo A) que al golpearla con el martillo da un sonido muy limpio y es muy difícil de romper ($2500 < q_u$).
- Roca competente (Tipo B) que se rompe con el martillo y en la que esta produce una raya superficial sonora y da un sonido limpio ($1000 < q_u < 2500$).
- Roca media (Tipo C) que se pueda rayar fácilmente con el martillo y no da sonido limpio ($500 < q_u < 1000$).
- Roca poco competente (Tipo D) que se puede marcar fácilmente con el martillo, no es posible romper a mano secciones de 10 cms ($100 < q_u < 500$).
- Roca muy poco competente (Tipo E) con aspectos de suelo pero en la que se puede reconocer la estructura de roca original. Un impacto de la punta del martillo deja huella y puede romperse a mano ($q_u < 100$).

Espaciamiento entre discontinuidades (diaclasas figuras)

CLASES	ESPACIAMIENTO
A	2.00 m
B	0.60 - 2.00 m
C	200 - 600 mm
D	60 - 200 mm
E	60 mm

Condiciones de las juntas.

- Superficies muy rugosas.- las juntas son continuas. No hay separación entre las paredes de las juntas. Roca resistente en las paredes de las Juntas.
- Superficies ligeramente rugosas. Separación menor de 1 mm. Roca resistente en las paredes de las Juntas.
- Superficies ligeramente rugosas. Separación menor de 1mm. Roca alterada y/o blanda en las paredes de las Juntas.
- Superficies deslizadas o relleno con espesor menor de 5 mm o Juntas abiertas 1 a 5 mm.
- Relleno con espesor mayor de 5 mm o Juntas abiertas más de 5 mm

Condiciones de la Napa

- completamente seco
- húmedo
- baja presión
- mediana presión
- alta presión

Grado de Alteración

Este parámetro, no integrado en la clasificación de Bienawsky, se contemplo en los cortes de sondeos.

• Bastantes Meteorizadas

- a) La meteorización se extiende a través de toda la masa rocosa pero conserva suficiente resistencia para no ser desmenuzable con la mano.
- b) Menos de la mitad de la roca esta desintegrada y/o descompuesta en forma de suelo. Se presentan zonas de roca sana o ligeramente decolorada, bien formando un marco continuo o bien como bloques o núcleos sanos.

• Muy Meteorizadas

- a) La meteorización se extiende a través de toda la masa rocosa, que puede desmenuzarse a mano.
- b) Más de la mitad de la roca esta desintegrada y/o descompuesta en forma de suelo.

c) Pueden presentarse zonas de roca sana o ligeramente decolorada formando bloques o núcleos sanos.

- **Completamente Meteorizada**

Toda la masa de roca esta desintegrada y/o descompuesta en forma de suelo en el cual se puede reconocer la estructura de la roca original.

- **Suelo Residual**

Suelo donde no aparece la textura, ni la estructura, ni la mineralogía de la roca original. El suelo no ha sido transportado en modo significativo.

Evaluación Geotécnica.- (Según Bienawsky)

La consideración de estos diferentes parámetros permite efectuar una clasificación según el cuadro de clasificación Geomecánica.

Permeabilidad.

Con la finalidad de investigar las características hidráulicas del subsuelo de la zona de estudio, se han efectuado pruebas de permeabilidad in situ; cuya metodología ha sido ya descrita en forma resumida en los puntos anteriores del presente informe, los resultados se exponen en los registros de perforación de cada sondaje y su evaluación se dilucida en el ítem correspondiente. Cabe indicar que los métodos empleados en la ejecución de las pruebas de agua en el campo y los cálculos en gabinete, coinciden estrictamente con los descritos en el manual del Bureau Of Reclamation. Este parámetro no esta integrado a la clasificación de Bienawsky y se aplica en suelos y rocas.

Evaluación Geotécnica del Eje de Presa

El estudio Geotécnico del Eje de la Presa de Vizcachani, se ha realizado en base a los sondajes diamantinos, (S-1, S-2, S-3) que nos han permitido conocer la litología de los materiales de la cimentación, así como las características físico-mecánicas de las rocas y suelos encontrados.

La descripción de los perfiles estratigráficos respectivos es la siguiente:

Sondaje Diamantino S – 1 (Estribo Derecho)

Tramo de 0.00 a 2.49 m.:

Arenas limosas de baja plasticidad, sin contenido de gravas y piedras, regularmente compactas, color gris oscuro en húmedo y claro en seco, con contenido de materia orgánica en la primera parte del tramo, se presentan de regular a impermeables, clasificación SUCS : SM.

Tramo de 2.49 a 5.60 m.:

Limos arenosos de baja plasticidad, sin gravas y piedras, color gris oscuro en húmedo y claro en seco, regularmente compactas, sin contenido de materia orgánica, la permeabilidad en este tramo es de regular a bien impermeable, clasificación SUCS: ML.

Tramo de 5.60 a 11.90 m. :

Roca volcánica de naturaleza microandesítica, color gris azulado oscuro en húmedo y claro en seco, medianamente compactas, presenta fracturas, y fisuras, oxidadas e intemperizadas, y además rellenadas con material fino arcilloso, color marrón, debido a la oxidación la roca en este sector ha tomado una coloración negrusca debido a su contacto permanente con la humedad.

De la evaluación Geomecánica se establece que presenta un RQD de 73 a 94 %, y una recuperación de muestra entre 95 y 100 % (ver detalle, en los cuadros de RQD y Recuperación). La roca en si a pesar de presentar cierta porosidad es impermeable, y las filtraciones se producen por la fracturas y fisuras.

Tramo de 11.90 a 12.90 :

Roca basáltica de color gris azulada, bastante triturada, sin embargo la roca en si es competente y sana. Siendo el RQD de 0.00 % y la recuperación de la muestra del 60 %.

Tramo de 12.90 a 17.30 m.

Roca volcánica tipo sillar, bastante intemperizada, y meteorizada pero que mantiene su textura original, saturada, se presenta fracturada y fisurada, las fracturas se encuentran rellenadas con material arcilloso (panizo), de color marrón rojizo a amarillento, presenta un RQD del 13 % y una Rec. De muestra

del 100 %, la roca en si es semipermeable, y la filtración se produce por las fracturas y fisuras moderadamente existentes en el tramo.

Tramo de 17.30 a 19.50 m.

Tufo volcánico color naranja, tipo sillar, bien intemperizada y fracturada, con contenido de óxidos de fierro, de coloración rojiza, y rellenas con material arcilloso de color marrón, presenta una recuperación del 75 % y un RQD del 15 %.

Clasificación Geomecánica del Sondaje Diamantino S – 1: (Bienawsky)

Esta clasificación se aplica a las rocas del presente Sondaje y los resultados se muestran en el cuadro A 5.1:

Cuadro A5.1

Clasificación Geomecánica – Sondaje Diamantino S-1

Tramo m	RQD = 48.75 % Promedio %	Rec. Muestra : 86.00 % Promedio %	Resistencia = 69.80 % Promedio %
5.60 - 8.04	73	95	88
8.04 - 11.04	94	100	88
11.04 - 12.90	0	60	33
12.90 - 17.30	13	100	60
17.30 - 19.50	15	75	80

Tramo de 0.00 a 5.60 m .-

Esta constituido por suelos clasificados según el SUCS como: SM intercalado con ML. Presenta **Regulares** características como materiales de cimentación, requiere tratamiento para mejorar sus propiedades (compactación, a una MDS, y a un OCH).

Tramo de 5.60 a 19.50 m.

Constituido por rocas volcánicas, que aplicando la clasificación geomecánica de Bienawsky resultan ser de **Clase III** (Mediana) a **Clase IV** (Mala), y continua en profundidad, por lo que, requiere de tratamiento luego de la excavación de la cimentación (inyecciones de cemento con la finalidad de consolidar y reforzar la estabilidad de este flanco).

El tratamiento de la cimentación debe efectuarse en la etapa de diseño de la presa, siguiendo las recomendaciones dadas en la parte final del presente capítulo.

En los planos G-05 y G-06 del Anexo A9, se pueden apreciar las gráficas de las variaciones de los parámetros de RQD, Recuperación de Muestra, Resistencia, Permeabilidad y Grado de Alteración de la Roca. (Ver perfiles geomecánicos).

Sondaje Diamantino S – 2 (Cauce del río)

Tramo 0.00 a 1.17 m .-

En la parte superficial de este tramo, (de 0.00 a 0.20 m) se presentan: Arenas limosas con raíces orgánicas, de color negro a gris oscuro, sin gravas ni piedras, regularmente compactos, forma la cobertura con vegetación del área de estudio formando los pastizales de la zona.

Debajo de la parte anterior (de 0.20 a 1.17 m), el estrato está conformado por una roca volcánica tipo andesita, de color gris oscura, en estado húmedo, bien porosa, meteorizada e intemperizada. Se trata de un bolón rocoso caído de la parte superior y pertenece a los eluviales y coluviales de pie de ladera existentes en el eje de la presa.

Tramo de 1.17 a 15.20 m :

Esta constituido por depósitos de limos inorgánicos de alta plasticidad (MH), intercalados con lentes de ML y SM, color marrón oscuro en húmedo y claro en seco, medianamente compactos, con escaso contenido de gravas, que engloban fragmentos rocosos subangulosos a subredondeados de diferentes tamaños (de 0.10 a 3.5 m de diámetro). medianamente saturados, moderadamente impermeables, y regularmente compactos.

Geológicamente han sido definidos como depósitos eluviales y coluviales de pie de ladera emplazados en el cauce y en ambos estribos (ver perfiles estratigráficos de las calicatas C-4, C-5 y C-6) se han obtenido muestras inalteradas representativas de la caja de muestras del S-2 (ver sondaje diamantino S-2), a la profundidad de 15 m. las mismas que han sido remitidas al laboratorio CISMID-Lima donde se han realizado ensayos triaxiales.

Nota.- La mayor potencia de estos depósitos se encuentran emplazados la zona del cauce del río, e inciden directamente en los fenómenos de asentamiento, capacidad de carga, caudal de filtración, tubificación o erosión interna y otros aspectos de la cimentación, los mismos que se calculan utilizando los presentes resultados de laboratorio:

Clasificación SUCS	: MH con intercalación de SM y ML + Clastos.
Densidad Natural de la matriz	: 2.25 gr/cm ³ (Se considera este valor por la presencia de fragmentos de roca en un 60 % del volumen total).
Humedad Natural	: 50.50 % (Triaxial).
Densidad Seca Natural	: 1.45 gr/cm ³ (Triaxial).
Limite Líquido	: 65.00 % (Triaxial).
Limite Plástico	: 38.00 % (Triaxial).
Índice Plástico	: 27.00 % (Triaxial).
Peso Específico Sólidos	: 2.14 (Triaxial).
Peso Específico de Finos	: 1.95 (Triaxial).
Angulo de fricción	: 19.2° (ensayo de compresión triaxial).
Cohesión	: 0.1 kg/cm ² .
Permeabilidad	: 2.72x10 ⁻⁶ m/seg (representativa de la calicata, muestra).
Gravas	
Arenas	: 15.90 %
Finos	: 84.10 %

Tramo de 15.20 a 24.00 m. :

Rocas volcánicas tipo andesita, bastante porosa, presenta una tonalidad lila oscuro en húmedo y claro en seco, moderadamente meteorizada, e intemperizada, regularmente fracturada.

Litológicamente la andesita está constituida por fenocristales anhedrales de andesina, englobados en una matriz afanítica de ferromagnesianos de diferentes tonalidades oscuras.

La porosidad que presenta, se debe a la disolución de los fenocristales de andesina, habiendo quedado intacta la matriz de ferromagnesianos.

La roca en si, a pesar de dicha porosidad, es poco permeable y la filtración se produce por las fisuras y fracturas que presenta el conjunto rocoso.

Clasificación Geomecánica del Sondaje Diamantino S – 2: (Bienawsky)

En cuanto a su grado de resistencia, la roca es competente. El RQD oscila de 20 al 31 % y la Rec. de la muestra entre los 40 y 92 %, (ver los detalles en el cuadro A5.2 y planos G-05 Y G-06 del Anexo A9).

Cuadro A5.2

Clasificación Geomecánica – Sondaje Diamantino S-2

Tramo m	RQD = 20.33% Promedio	Rec. Muestra: 68.67% Promedio	Resistencia = 25.00% Promedio
	%	%	%
15.20- 17.40	28	60	20
17.40- 20.30	20	84a92	20a10
20.30- 24.00	31	40a76	40

Tramo de 0.00 a 15.20 m.

Este tramo por ser suelo, es clasificada según el SUCS como **MH** intercalada con **SM** y **ML**, cuyas características geotécnicas se dan líneas arriba, y presenta un promedio de Recuperación de Muestra del orden del 40 %, y un RQD del 10 % , siendo su Grado de Resistencia del 10 %, se le clasifica como un suelo **Regular** que puede servir como material de cimentación de una presa de Enrocado con un diseño adecuado.

Tramo de 15.20 a 24.00 m.

Este tramo esta constituido por rocas volcánicas que presentan un RQD promedio del 20.33 % , una recuperación de muestra del orden del 68.67 % y una Resistencia del orden del 25 %, por lo que se le clasifica como una roca Clase III (**Mediana**), y requiere de procesos de mejoramiento y optimización de sus características geomecánicas, (tal como inyecciones de consolidación e impermeabilización).

En los planos G-05 y G-06 del Anexo A9, se puede apreciar la magnitud de éste parámetro y se le puede correlacionar con los de Recuperación de muestra, Resistencia, permeabilidad, espaciamiento entre las juntas, (ver perfiles estratigráficos).

Sondaje Diamantino S – 3 (Estribo Izquierdo)

Tramo de 0.00 a 14.22 m.:

Roca volcánica porosa, bien compacta y resistente, regularmente fracturada e intemperizada, en algunos tramos las fracturas están rellenas con arcillas marrones a rojizas, litológicamente se trata de una andesita con textura porfirítica, con fenocristales de andesina englobadas en una matriz afanítica de ferromagnesianos de diversas tonalidades que van del gris azulado hasta el lila.

La porosidad de la roca se ha originado por la disolución en las aguas subterráneas, de los fenocristales de andesina, habiendo quedado intacta la matriz de ferromagnesianos, sin embargo la roca en sí a pesar de dicha porosidad, resulta ser poco permeable y las filtraciones se producen por las fracturas y fisuras presentes en el conjunto rocoso.

Tramo de 14.22 a 17.40 m.

Arcillas arenosas de alta plasticidad, bien compactas, litificadas, con pocas gravas y pequeñas piedras, bien cementadas, presenta un color marrón oscuro a rojizo, se han recuperado testigos en un buen porcentaje (ver cuadros geomecánicos de este sondaje).

Clasificación Geomecánica del Sondaje Diamantino S - 3 (Bienawsky)

De acuerdo a la Clasificación Geomecánica, este Sondaje se presenta de la siguiente manera:

Cuadro A5.3
Clasificación Geomecánica – Sondaje Diamantino S-3

Tramo m	RQD = 80.80 % Promedio	Rec. Muestra : 96.90 % Promedio	Resistencia = 72 % Promedio
	%	%	%
0.00 - 1.00	92	100	80
1.00 - 2.00	62	100	80
2.00 - 3.30	83	100	80
3.30 - 4.80	88	99	80
4.80 - 6.30	54	96	60
6.30 - 7.90	95	99	80
7.90 - 9.50	82	99	80
9.50 - 11.00	89	97	80
11.00 - 12.60	85	99	80
12.60 - 14.10	78	80	60

Tramo de 0.00 a 14.22.-

Como se puede observar, este tramo presenta valores altos de RQD, Rec. de Muestra, Resistencia, que sumados a los factores de : Espaciamiento entre Fracturas, Condiciones de las Juntas, y Napa Freática, da como resultado una roca volcánica **Clase II a III, Buena a Mediana**. Las características geomecánicas según la **Clase** indicada, se muestran en los siguientes cuadros: (Ver cuadro A5.4; Clasificación Geomecánica de Bienawsky, en la pág. siguiente).

Con la finalidad de mejorar las condiciones geomecánicas de este tramo, debe considerarse en la etapa de diseños, el tratamiento de la cimentación (con inyecciones de cemento u otros sistemas de consolidación e impermeabilización).

Nota.- Para una mayor información se sugiere lo siguiente:

- Impermeabilización a través de una pantalla de inyección de cemento, desde el plinto a una profundidad que sobrepase 5 m el basamento rocoso, con esta medida se declarará estanco la garganta de la presa. De no efectuarse este trabajo especial, la garganta de la presa se declara como no estanco.

- Consolidación a través de inyecciones de cemento, con lo que se permite aumentar la capacidad portante y disminuir el asentamiento diferencial calculado en 0.70 m. Esta medida propicia también el incremento del ángulo de fricción en las posibles zonas de superficies de deslizamiento bajo la presa.

Tramo de 14.22 a 17.40 m.-

Este tramo está constituido por suelos clasificados según el SUCS como CH, arcillas de alta plasticidad, que subyacen a las rocas volcánicas del tramo anterior, y forman parte de los materiales coluviales y aluviales del pie del talud, los mismos que han sido estudiados en el Sondaje S – 2 (centro del cauce).

Cuadro A5.4
Clasificación Geomecánica de Bienawsky

Parámetro	Banco de Valores				
	A	B	C	D	E
Resistencia	15	12	8	4	0
	90%	75-90%	50-75%	25-50%	25%
RQD	20	17	18	8	3
	200 Cm	60 - 200 Cm	20 - 60 Cm.	6 - 20 Cm.	6 Cm.
Espaciamiento Entre Facturas	30	25	20	10	5
	A	B	C	D	E
Condiciones de las Juntas	25	20	12	6	0
	Completamente Seco	Húmedo	Baja Presión	Mediana Presión	Alta Presión
Napa de Agua	10	7	5	3	0
	Puntaje	81 - 100	61 – 80	41 - 60	21 - 40
Clasificación	I	II	III	IV	V
Calidad	Muy Buena	Buena	Mediana	Mala	Muy Mala

Cuadro A5.5

Cuadro Referencial de Propiedades Geomecánicas

Características	Clase V	Clase IV	Clase III	Clase II	Clase I
Velocidad sísmica (m/s)	400 – 1500	1500 – 2500	2500 – 3500	3500 – 4400	4400
Módulo de deformabilidad (Kg./cm ²)	---	200	---	200 a 600	600
Coefficiente Poisson	0.2	0.2 – 0.18	0.18 – 0.13	0.13 – 0.10	0.10
Compresión simple (Kg/cm ²)	100	100 – 500	500 – 1000	1000 – 2500	2500
Peso específico	2.6	---			3.00
Angulo de rozamiento	15°	15 – 25	25 – 35	35.60	35.60

A continuación se muestran los registros de perforación diamantina y los Record de excavación S-01, S-02 y S-03.

SONDAJE: N° 1
VIZCACHANI

REGISTRO DE PERFORACION

PROYECTO : PRESA VIZCACHANI
EXCAVACION : S - 01 (ESTRIBO DERECHO)
ESTRUCTURA : EJE DE PRESA
METODO EXCAV. : PERF. DIAMANTINA
PROF. EXCAV. : 19.50 m
FECHA INICIO : 06-12-2004
FECHA TERMINO : 08-12-2004

Cementación/denombro	Avance diario, fecha	Tipo broca/barel Ø exterior corona	Funda exterior Ø	Recuper. agua en % color	Recuper. de testigos	Fracturas	RQD	Esc. = 1:50 en mts.	de	a	Tiempo min.	Normal	Corregido	q (cm./min.)	K (cm./seg.)	Lugeon	Gráfico	Simbología	Registro Litológico (Características físicas: color, dureza, tipo de roca, fracturas, tamaño, orientación, etc.)
No se han producido denombros	6-12-2004	6.50 m	HQ	90%				1										SM	2.49
	7-12-2004	6.30 m	Broca diamantina NQ y sheiby tube muestreados	100%	50% (Promedio)			2										ML	5.60
	8-12-2004	6.70 m		NQ	60% (Promedio)	Ver cuadro fracturas			3									ROCA VOLCANICA	11.50
				100%	Ver cuadros RQD			4									ROCA VOLCANICA	17.30	
								5										Tufo volcánico	19.50
								6											
								7											
								8											
								9											
								10											
								11											
								12											
								13											
								14											
								15											
								16											
								17											
								18											
								19											
								20											
								21											
								22											
								23											
								24											
								25											
								26											
								27											

S - 01
VIZCACHANI
HOJA N° 1 DE 1

RECORD DE EXCAVACION

PROYECTO : PRESA VIZCACHANI
EXCAVACIÓN : S - 01 (ESTRIBO DERECHO)
ESTRUCTURA : EJE DE PRESA
METODO EXCAV. : PERF. DIAMANTINA
PROF. EXCAV. : 19.50 m
FECHA INICIO : 06-12-2004
FECHA TERMINO : 08-12-2004

CLASIFICAC.		PROFUNDIDAD		Descripción y clasificación de material, color, consistencia, grado de compactación, forma de partículas, tamaño máximo de piedras, presencia de materia orgánica, etc.
Simbolos	Grafico	En metros	Muestra	
SM		0-0.8	M-1	Arenas limosas de baja plasticidad, sin contenido de gravas y piedras, regulamente compactas, color gris oscuro en húmedo y claro en seco, con contenido de materia orgánica en la primera parte del tramo, se presentan de regular a impermeables, clasificación SUCS: SM.
ML		0.8-1.94	M-2	Limos arenosos de baja plasticidad, sin gravas y piedras, color gris oscuro en húmedo y claro en seco, regulamente compactas, sin contenido de materia orgánica, la permeabilidad en este tramo es de regular a bien impermeable, clasificación SUCS: ML.
RV		1.94-2.68	M-3	Roca volcánica de naturaleza microandesítica, color gris azulado oscuro en húmedo y claro en seco, medianamente compactas y presenta fracturas, y fisuras, oxidadas e intemperizadas, y además rellenas con material fino arcilloso, color marrón, debido a la oxidación la roca en este sector ha tomado una coloración negrusca debido a su contacto permanente con la humedad. De la evaluación Geomecánica se establece que presenta un RQD de 73 a 94 %, y una recuperación de muestra de 95 a 100 % (ver detalle, en los cuadros de RQD y Rec.), La roca en si a pesar de presentar cierta porosidad es impermeable, y las filtraciones se producen por la fracturas y fisuras.
RV		2.68-2.85	M-4	Roca basáltica de color gris azulada, bastante triturada, sin embargo la roca en si es competente y sana. Siendo el RQD de 0.00 % y la recuperación de la muestra del 60 %.
RU		2.85-2.40	M-5	Roca volcánica tipo sillar, bastante intemperizada, y meteorizada pero que mantiene su textura original, saturada, se presenta fracturada y fisurada, las fracturas se encuentran rellenas con material arcilloso (panizo), de color marrón rojizo a amarillento, presenta un RQD del 13 % y una Rec. de muestra del 100%, la roca en si es semipermeable, y la filtración se produce por las fracturas y fisuras existentes en el tramo.
TV		2.40-19.50	M-6	Tufo volcánico color naranja, tipo sillar, bien intemperizada y fracturada, con contenido de óxidos de hierro, de coloración rojiza, y rellenas con material arcilloso de color marrón.
		19.50-20		Fin de la perforación.

- Leyenda:
- Arenas limosas (SM)
 - Limos arenosos de baja plasticidad (ML)
 - Rocas volcánicas fracturada (R.V.)
 - Arcillas arenosas (CH)

S - 02
VIZCACHANI

HOJAN° 1 DE 1

RECORD DE EXCAVACION

PROYECTO : PRESA VIZCACHANI
EXCAVACIÓN : S - 02 (CAUCE DEL RÍO)
ESTRUCTURA : EJE DE PRESA
METODO EXCAV. : PERF. DIAMANTINA
PROF. EXCAV. : 24.00 m
FECHA INICIO : 03-12-2004
FECHA TERMINO : 05-12-2004

CLASIFICAC.		PROFUNDIDAD		Descripción y clasificación de material, color, consistencia, grado de compactación, forma de partículas, tamaño máximo de piedras, presencia de materia orgánica, etc.
Simbolos	Gráfico	En metros	Muestra	
MH		0 - 1	M-1	De 0.00 - 0.20 arena limosa con raíces (mat. orgánica) de 0.20 - 1.17. roca volcánica (andesita) gris oscura en húmeda y clara en seco, bien porosa.
		1 - 2		
		2 - 3		
		3 - 4		
		4 - 5		
		5 - 6		
		6 - 7		
		7 - 8		
		8 - 9		
		9 - 10		
		10 - 11		
		11 - 12		
		12 - 13		
		13 - 14		
		14 - 15		
ANDESITA		15 - 16	M-2	1.89 g/cm ³
		16 - 17		
		17 - 18		
		18 - 19		
		19 - 20		
		20 - 21		
		21 - 22		
		22 - 23		
		23 - 24		
		24 - 25		
		25 - 26		
		26 - 27		
			M-3	16.80

S - 03
VIZCACHANI

HOJA N° 1 DE 1

RECORD DE EXCAVACION

PROYECTO : PRESA VIZCACHANI
EXCAVACIÓN : S - 03 (ESTRIBO IZQUIERDO)
ESTRUCTURA : EJE DE PRESA
METODO EXCAV. : PERF. DIAMANTINA
PROF. EXCAV. : 17.40 m
FECHA INICIO : 08-12-2004
FECHA TERMINO : 10-12-2004

CLASIFICAC.		PROFUNDIDAD		Descripción y clasificación de material, color, consistencia, grado de compactación, forma de partículas, tamaño máximo de piedras, presencia de materia orgánica, etc.
Simbolos	Gráfico	En metros	Muestra	
RV		0-00		<p>Roca volcánica porosa, bien compacta y resistente, regularmente fracturada e intemperizada, en algunos tramos las fracturas están rellenas con arcillas marrones a rojizas, litológicamente se trata de una andesita con textura porfírica, con fenocristales de andesina englobadas en una matriz afanítica de ferromagnesianos de diversas tonalidades que van del gris azulado hasta el lila.</p> <p>La porosidad de la roca se ha originado por la disolución en las aguas subterráneas, de los fenocristales de andesina, habiendo quedado intacta la matriz de ferromagnesianos, sin embargo la roca en sí a pesar de dicha porosidad, resulta ser poco permeable y las filtraciones se producen por las fracturas y fisuras presentes en el conjunto rocoso.</p>
		1		
		2		
		3		
		4		
		5		
		6		
		7	M-1	
		8	2.87	
		9		
		10		
		11		
		12		
		13		
14	14.22			
CH		15		<p>Arcillas arenosas de alta plasticidad, bien compactas, litificadas, con pocas gravas y pequeñas piedras, bien cementadas, presenta un color marrón oscuro a rojizo, se han recuperado testigos en un buen porcentaje (ver cuadros geomecánicos de este sondaje).</p>
		16	M-2	
		17	1.65	
		17.40		
		18		
		19		
		20		
		21		
		22		
		23		
		24		
		25		
		26		
		27		

Interpretación de los Resultados

Evaluación Geotécnica del Eje de Presa

De acuerdo a los parámetros geomecánicos obtenidos en las perforaciones diamantina como son: el índice RQD, % de recuperación, grado de resistencia, permeabilidad, grado de alteración, espaciamiento entre discontinuidades, condiciones de las juntas, condiciones de la napa, así como los aspectos litológicos del perfil, condiciones estructurales y sísmicas del área del eje puede manifestarse lo siguiente:

Existen a lo largo del eje seleccionado dos formaciones geológicas bien diferenciadas y definidas que son: (de arriba hacia abajo).

a) Limos inorgánicos de alta plasticidad (MH), con contenido de lentes de SM y ML, color marrón rojizo en húmedo y marrón claro en seco, en estado regularmente compacto, que engloban fragmentos rocosos subangulosos a subredondeados de diferentes tamaños (de 0.10 a 3.5 m de diámetro). Geológicamente son depósitos de suelos coluviales y eluviales que se emplazan en las laderas de ambos flancos al pie de los taludes y cause del río.

Presentan las siguientes características físico – mecánicas representativas:

Clasificación SUCS	: MH con intercalación de SM y ML + Clastos.
Densidad Natural de la matriz	: 2.25 gr/cm ³ (Se considera este valor por la presencia de fragmentos de roca en un 60 % del volumen total).
Humedad Natural	: 50.50 % (Triaxial).
Densidad Seca Natural	: 1.45 gr/cm ³ (Triaxial).
Limite Liquido	: 65.00 % (Triaxial).
Limite Plástico	: 8.00 % (Triaxial).
Índice Plástico	: 27.00 % (Triaxial).
Peso Especifico Sólidos	: 2.14 (Triaxial).
Peso Especifico de Finos	: 1.95 (Triaxial).
Angulo de fricción	: 19.2° (ensayo de compresión triaxial).
Cohesión	: 0.1 kg/cm ² .

Permeabilidad	: 2.72x10-6 m/seg (representativa de la calicata, muestra).
Gravas	
Arenas	: 15.90 %
Finos	: 84.10 %

De lo expuesto se manifiesta que si bien es cierto que por las características que presentan los tramos descritos líneas arriba, se piensa que dentro de lo favorable no requieren tratamientos de impermeabilización y de incrementos de las resistencias al corte: dentro de lo desfavorable y considerando otros factores que se dan, tales como: el sísmico, estructura errática que suelen tener este tipo de cimentaciones constituidas por mezclas heterogéneas de materiales de origen aluviales y coluviales, se puede manifestar que deben efectuarse tratamientos en la cimentación, que tiendan a impermeabilizar y a incrementar la resistencia y por ende la estabilidad con la finalidad de evitar los riesgos y a su vez optimizar las condiciones de la cimentación, tal como puede observarse en las secciones geotécnicas y perfil de la presa propuesta.

b) Continuando con la profundidad a partir de los 15.20 m hacia abajo en la zona del cauce del río se emplaza una roca volcánica andesítica, bastante porosa, color gris azulada, a lila, que de acuerdo a la evaluación de los parámetros geomecánicos indicados es clasificada como una roca **Clase III (mediana)** es decir que: su RQD está entre el 50 y 75%; su recuperación de muestra oscila entre los 68 a 96 % con oxidación entre las fracturas y pequeño espaciamiento entre ellos (grado B) y en cuanto a su resistencia en roca media (grado C). en cuanto a su permeabilidad, las filtraciones se producen por medio de las fracturas y fisuras existentes en el macizo rocoso.

Litológicamente la roca es una andesita de textura porfirítica que consistió de fenocristales de andesina englobados en una matriz afanítica de ferro magnesianos, **Clase III**, impermeable en si, la porosidad que presenta se ha originado en la disolución de los granos de andesina, habiendo quedado intacta la matriz de ferromagnesianos.

Las características de permeabilidad y resistencia encontradas en la roca en si son de medianas a buenas (**Clase III** tendientes a **II**), sin embargo estas se ven disminuidas por la presencia de fracturas y fisuras por medio de las cuales se producen las filtraciones y también sirven de superficie de falla a la sollicitación de esfuerzos, en consecuencia es necesario mejorar estas condiciones en el macizo rocoso en la zona de los estribos.

Puede constituir una forma de mejorar estas deficiencias existentes en el macizo rocoso por ejemplo la aplicación de inyecciones de concreto para impermeabilización y consolidación.

Evaluación Geotécnica del Vaso

La zona del vaso, está constituida por las siguientes formaciones geotécnicas:

Rocas Intrusivas del Substrato.-

El substrato rocoso que es competente e impermeable, está constituido por rocas intrusivas del Terciario Medio, tal como la granodiorita y la microgranodiorita que se emplazan a profundidad en el área del vaso y afloran en algunos sectores del mismo, y son la base estructural de toda el área del vaso, así mismo, constituyen la base impermeable del mismo.

Rocas Volcánicas Suprayacentes

Sobre el substrato mencionado, sobre-yacen en discordancia erosional, las rocas producto de actividades volcánicas mas recientes, constituidas por una secuencia de brechas, aglomerados, cenizas, tufos y tobas, de composición riolítica, riodacítica y andesítica, que se extienden por la zona, en forma de capas o estratos subhorizontales a inclinados, las mismas que son impermeables y forman la base de toda el área del vaso, los taludes que la bordean y delimitan, constituyen también la base estructural (superficie que recibe el peso de las formaciones geológicas que se depositan encima) conjuntamente con las rocas intrusivas infrayacentes.

Formaciones Cuaternarias

Sobre las referidas rocas volcánicas e intrusivas, se emplazan a su vez las demás formaciones geológicas de edad Cuaternaria, constituidas por

depósitos aluviales, eluviales y coluviales, sedimentos lacustres intercalados con materiales orgánicos (Turba), y finalmente las capas superficiales de recubrimiento, que contienen raíces y vegetación, incluidos los bofedales.

Dichos depósitos, se emplazan indistintamente en el vaso de la presa Vizcachani (ver plano geológico general).

De acuerdo a los términos de referencia, se han excavado calicatas en el área del Vaso, sobre las formaciones Cuaternarias en ambas márgenes del cauce del río, de las cuales se han obtenido los siguientes perfiles estratigráficos:

5.5 Perfiles Estratigráficos del Vaso

Margen Derecha

Calicata C – 1 (Vaso – margen derecha del cauce del río)

Tramo 0.00 a 0.60 m.

Limos de baja plasticidad, con contenido de arenas y materia orgánica (raíces), color gris oscuro en húmedo y claro en seco.

Tramo de 0.60 a 1.70 m.

Arenas limosas de baja plasticidad, regularmente compactas, color marrón en húmedo y blanquecino en seco, poco permeables, con escaso contenido de gravas y piedras, a mayor saturación el material se suelta y se hace menos resistente.

Tramo de 1.70 a 2.80 m.

Limos arenosos de alta plasticidad, regularmente compactos, color marrón en húmedo y blanquecino en seco, poco permeables, con escaso contenido de gravas y piedras, a mayor saturación el material se suelta.

Las características geotécnicas de estos materiales son:

Clasificación SUCS	: MH
Densidad Húmeda Natural	: 1.82 gr./cm ³
Humedad Natural	: 24.88 %
Densidad Seca natural	: 1.46 gr./cm ³

Límite líquido	: 60.00 %
Límite Plástico	: 40.50 %
Índice Plástico	: 19.50 %
Peso Específico Sólidos	: 2.50
Peso Específico finos	: 2.52
Máxima Densidad Húmeda	: 1.70 gr. /cm ³
Máxima Densidad Seca	: 1.35 gr. /cm ³
Optimo Cont. Humedad	: 25.85 %
Permeabilidad	
% retenido malla # 4	: 0.00
% retenido malla # 200	: 23.10 %
% pasante malla #200	: 76.90 %

Tramo de 2.80 a 3.50 m

Arenas limosas producto de la intemperización y alteración de rocas volcánicas, color rosado en húmedo y blanco en seco, regularmente compactas, con contenido de clastos angulosos y piedras pequeñas, poco plásticas.

El aspecto mas relevante en esta calicata, es la permeabilidad, cuyo ensayo se realizó in situ, en el mismo terreno, y fue a gravedad, tipo Lefrank, resultando que los materiales encontrados en dicha calicata son impermeables.

Calicata C – 2 (Vaso – Margen derecha)

Tramo 0.00 a 0.65 m.

Limos arenosos de baja plasticidad (ML), con contenido de materia orgánica (raíces), color gris oscuro en húmedo y claro en seco, de semipermeables a impermeables, regularmente compactos.

Tramo 0.65 a 1.80 m.

Arenas limosas de baja plasticidad (SM), regularmente compactas, color marrón en húmedo y blanquecino en seco, poco permeables a impermeables, con escaso contenido de gravas y piedras, a mayor saturación el material se suelta y se hace menos resistente, constituye la cobertura del suelo y presenta vegetación que hacen mas estables las laderas de la margen derecha del cauce.

Tramo 1.80 a 2.72 m.

Limos inorgánicos de alta plasticidad (MH), con contenido de arenas, regularmente compactos, color marrón en húmedo y blanquecino en seco, poco permeables, con escaso contenido de gravas y piedras, a mayor saturación el material se suelta.

Tramo 2.72 a 3.50 m.

Arenas Arcillosas de alta plasticidad (SC), color rosado en húmedo y blanco en seco, regularmente compactas, con contenido de clastos angulosos y piedras pequeñas, poco plásticas. Se ha tomado una muestra representativa de la calicata C – 2, a la profundidad de 3.40 m (siendo su profundidad total de 3.50 m).

Clasificación SUCS	: SC
Densidad Húmeda Natural	: 1.70 gr./cm ³
Humedad Natural	: 13.12 %
Densidad Seca natural	: 1.50 gr./cm ³
Límite líquido	: 66.00 %
Límite Plástico	: 39.80 %
Índice Plástico	: 26.20 %
Peso Específico Sólidos	: 2.61
Peso Específico finos	: 1.60
Máxima Densidad Húmeda	: 2.13 gr /cm ³
Máxima Densidad Seca	: 1.89 gr /cm ³
Optimo Cont. Humedad	: 12.70 %
Permeabilidad	: 1.40 X 10 ⁻⁶ cm/seg.
% retenido malla # 4	: 19.37
% retenido malla # 200	: 43.80
% pasante malla #200	: 36.83

El aspecto mas relevante de los datos expuestos es la permeabilidad de la zona cuyo rango es de 1.40 x 10⁻⁶ cm/seg considerándose como impermeable.

Margen Izquierda

Calicata C – 3 (Vaso – Margen Izquierda)

Tramo 0.00 a 0.60 m

Limos arenosos de baja plasticidad, con contenido materia orgánica (raíces), color gris oscuro en húmedo y claro en seco.

Tramo 0.60 a 1.90 m.

Arenas Arcillosas de ligera plasticidad (SC), regularmente compactas, color marrón en húmedo y blanquecino en seco, poco permeables, con escaso contenido de gravas y piedras, a mayor saturación el material se suelta y se hace un poco menos resistente, con contenido de materia orgánica color negro (turba).

De una muestra tomada a la profundidad de 1.80 m, se han obtenido los siguientes resultados:

Clasificación SUCS	: SC
Densidad Húmeda Natural	: 1.78 gr./cm ³
Humedad Natural	: 8.52 %
Densidad Seca natural	: 1.64 gr./cm ³
Límite líquido	: 35.80 %
Límite Plástico	: 28.15 %
Índice Plástico	: 7.65 %
Peso Específico Sólidos	: 2.60
Peso Específico finos	: 2.67
Máxima Densidad Húmeda	: 2.42 gr /cm ³
Máxima Densidad Seca	: 2.23 gr /cm ³
Optimo Cont. Humedad	: 8.60 %
Permeabilidad	
% retenido malla # 4	: 27.50
% retenido malla # 200	: 56.89
% pasante malla #200	: 15.61

Tramo 1.90 a 3.50 m.

Arena pobremente graduada con cementante limoso, color rosado en húmedo y blanco en seco, regularmente compacto, con contenido de clastos angulosos y piedras pequeñas, que procede del sillar, regularmente permeable, por este estrato circula el agua hacia el cauce y no profundiza, por lo que se piensa que existe el substrato rocoso impermeable en el vaso.

Calicata C – 4 (Vaso – Margen Izquierda)

Tramo 0.00 a 0.60 m

Limos de baja plasticidad, con contenido de arenas y materia orgánica (raíces), color gris oscuro en húmedo y claro en seco, material semipermeable, regularmente compacto.

Tramo 0.60 a 2.10 m.

Arena limosa de baja plasticidad, color gris oscuro a negro en húmedo y gris claro en seco, regularmente compactas, de poco permeables a impermeables, con escaso contenido de gravas y piedras, a mayor saturación el material se suelta y se hace menos resistente, pero conserva su impermeabilidad, presenta intercalaciones con capas de turba.

Tramo 2.10 a 3.50 m.

Limos inorgánicos de baja plasticidad (ML), con contenido de arenas, color rosado en húmedo y blanco en seco, regularmente compactos, con clastos angulosos y piedras pequeñas, que proceden de la desintegración del sillar, andesitas y microandesitas, regularmente permeable, se presentan filtraciones de agua que circulan hacia el cauce central. Las características físico-mecánicas son las siguientes:

Clasificación SUCS	: ML
Densidad Húmeda Natural	: 1.80 gr./cm ³
Humedad Natural	: 26.58 %
Densidad Seca natural	: 1.42 gr./cm ³
Límite líquido	: 38.00 %
Límite Plástico	: 31.25 %
Índice Plástico	: 6.75 %
Peso Específico Sólidos	: 2.35
Peso Específico finos	: 2.30
Máxima Densidad Húmeda	: 1.70 gr. /cm ³
Máxima Densidad Seca	: 1.36 gr. /cm ³
Optimo Cont. Humedad	: 24.70 %
Permeabilidad	: 2.72 x 10 ⁻⁶ cm./seg.
% retenido malla # 4	: 1.24

% retenido malla # 200	: 28.11
% pasante malla #200	: 70.65

Calicata C – 5 (Vaso – Margen Izquierda)

Tramo 0.00 a 0.60 m

Limos de baja plasticidad con contenido de arenas y materia orgánica (raíces), color gris oscuro en húmedo y blanco en seco, material semipermeable, regularmente compacto.

Tramo 0.60 a 1.30 m.

Arenas limosas, color gris oscuro a negro en húmedo y gris claro en seco, de baja plasticidad, regularmente compactas, de poco permeables a impermeables, con bloques de roca volcánica intercaladas con capas de turba.

Tramo 1.30 a 3.00 m.

Limos inorgánicos de baja plasticidad (ML), color gris oscuro en húmedo y gris claro en seco, regularmente compactos, con contenido de piedras y clastos rocosos pequeños, de poco permeable a impermeable, presenta lentes de coloración verdosa constituida por arenas finas con limos poco compactos. Al saturarse con mayor cantidad de agua se hacen mas sueltos y menos compactos, deleznales al excavar (lodo).

Clasificación SUCS	: ML
Densidad Húmeda Natural	: 1.61 gr./cm ³
Humedad Natural	: 38.83 %
Densidad Seca natural	: 1.16 gr./cm ³
Límite líquido	: 41.00 %
Límite Plástico	: 32.05 %
Índice Plástico	: 8.95%
Peso Específico Sólidos	: 2.58
Peso Específico fino	: 2.49
Permeabilidad	: 3.69 x 10 ⁻⁶ cm./seg.
% retenido malla # 4	
% retenido malla # 200	: 24.15
% pasante malla #200	: 75.85

Tramo 3.00 a 3.50 m.

Arenas finas con limos inorgánicos, provenientes de la intemperización de la roca volcánica madre tipo sillar existente o substrato rocoso impermeable.

Calicata C – 6 (Vaso – Margen Izquierda)

Tramo 0.00 a 0.60 m

Limos de baja plasticidad (ML), con contenido de arenas y materia orgánica (raíces), color gris oscuro en húmedo y claro en seco, material semipermeable, regularmente compacto.

Tramo 0.60 a 1.50 m.

Arenas limosas de baja plasticidad, color gris oscuro a negro en húmedo y gris claro en seco, regularmente compactas, de poco permeables a impermeables, con bloques de roca volcánica con intercalación de capas de turba.

Tramo 1.50 a 3.50 m.

Arcillas inorgánicas de ligera plasticidad (CL), con contenido de arenas, color marrón oscuro en húmedo y marrón claro en seco, regularmente compactas, con contenido de clastos rocosos pequeños, de poco permeable a impermeable, a mayor saturación se hacen menos compactos y deleznales al excavar.

Clasificación SUCS	: CL
Densidad Húmeda Natural	: 1.85 gr/cm ³
Humedad Natural	: 30.21 %
Densidad Seca natural	: 1.42 gr/cm ³
Límite líquido	: 29.80 %
Límite Plástico	: 20.03 %
Índice Plástico	: 9.77 %
Peso Específico Sólidos	: 2.45
Peso Específico finos	2.36
Permeabilidad	
Retenido malla # 4	: 12.76 %
Retenido malla # 200	: 31.65 %
Pasante malla # 200	: 55.59 %

A continuación mostramos el registro de las 06 calicatas descritas líneas arriba.


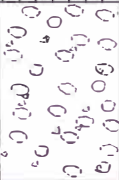


PERFIL ESTRATIGRAFICO DEL SUELO

PROYECTO : REPRESA DE VISCACHANI - PROV.- CHUMBIVILCAS
REGION CUSCO
CALICATA N° : C - 1 (Vaso - Margen Derecha)
PROF. TOTAL : 3.50 m (calicata)
MUESTRA : M - 3 (Prof. = 2.50 m.)
UBICACIÓN : Vaso - Margen Derecha del Cauce
FECHA : 26 - 11 - 2004

ESCALA	PROFUNDIDAD ESTRATO	MUESTRA N°	CLASIFICACION SUCS	PERFIL DEL SUELO	DESCRIPCION
	0.00	M - 1	ML		Limos de baja plasticidad, con contenido de arenas y materia orgánica (raíces), color gris oscuro en húmedo y claro en seco.
	0.60	M - 2	SM		Arenas limosas de baja plasticidad, regularmente compactas, color marrón en húmedo y blanquecino en seco, poco permeables, con escaso contenido de gravas y piedras, a mayor saturación el material se suelta y se hace menos resistente.
	1.70				Limos arenosos de alta plasticidad, regularmente compactos, color marrón en húmedo y blanquecino en seco, poco permeables, con escaso contenido de gravas y piedras, a mayor saturación el material se suelta.
	2.80	M - 3 2.50	MH		Arenas limosas producto de la intemperización y alteración de rocas volcánicas, color rosado en húmedo y blanco en seco, regularmente compactas, con contenido de clastos angulosos y piedras pequeñas, poco plásticas.
	3.60	M - 4	SM		
4.00	5.00			Continúa en profundidad	

PERFIL ESTRATIGRAFICO DEL SUELO

PROYECTO : REPRESA DE VISCACHANI - PROV.- CHUMBIVILCAS
REGION CUSCO
CALICATA N° : C - 2 (Vaso - Margen Derecha)
PROF. TOTAL : 3.50 m (calicata)
MUESTRA : M - 4 = 3.40 m.)
UBICACIÓN : Vaso - Margen Derecha del Cauce
FECHA : 26 - 11 - 2004

ESCALA	PROFUNDIDAD ESTRATO	MUESTRA N°	CLASIFICACION SUCS	PERFIL DEL SUELO	DESCRIPCION
	0.00	M - 1	ML		Limos arenosos de baja plasticidad, con contenido de materia orgánica (raíces), color gris oscuro en húmedo y claro en seco, de semipermeables a impermeables, regularmente compactos.
1.00	0.65	M - 2	SM		Arenas limosas de baja plasticidad, regularmente compactas, color marrón en húmedo y blanquecino en seco, poco permeables a impermeables, con escaso contenido de gravas y piedras, a mayor saturación el material se suelta y se hace menos resistente, constituye la cobertura del suelo y presenta vegetación que hacen mas estables las laderas de la margen derecha del cauce.
2.00	1.80	M - 3	MH		Limos inorgánicos, de alta plasticidad, con contenidos de arenas regularmente compactos, color marrón en húmedo y blanquecino en seco, poco permeables, con escaso contenido de gravas y piedras, a mayor saturación el material se suelta.
3.00	2.72	M - 4 3.40	SC		Arenas arcillosas de alta plasticidad, color rosado en húmedo y blanco en seco, regularmente compactas, con contenido de clastos angulosos y piedras pequeñas.
4.00	3.50			Continúa en profundidad	
5.00					

PERFIL ESTRATIGRAFICO DEL SUELO

PROYECTO : REPRESA DE VISCACHANI - PROV.- CHUMBIVILCAS
REGION CUSCO
CALICATA N° : C - 3 (Vaso - Margen Izquierda del Cauce)
PROF. TOTAL : 3.50 m
MUESTRA : M - 2 (Prof. = 1.80 m.)
UBICACIÓN : Vaso - Margen Izquierda del Cauce
FECHA : 19 - 11 - 2004

ESCALA	PROFUNDIDAD ESTRATO	MUESTRA N°	CLASIFICACION SUCS	PERFIL DEL SUELO	DESCRIPCION
	0.00	M - 1	ML		Limos arenosos de baja plasticidad, con contenido de materia orgánica (raíces), color gris oscuro en húmedo y claro en seco.
1.00	0.60	M - 2 1.80	SC		Arenas arcillosas de ligera plasticidad, regularmente compactas, color marrón en húmedo y blanquesino en seco, poco permeables, con escaso contenido de gravas y piedras, a mayor saturación el material se suelta y se hace menos resistente, con contenido de materia orgánica color negro (turba).
2.00	1.90	M - 3	SM-SP		Arena pobremente graduada en cementante limoso, color rosado en húmedo y blanco en seco, regularmente compacto, con contenido de clastos angulosos y piedras pequeñas, suelo que procede de la alteracion del sillar, regularmente permeable, por este estrato circula el agua hacia el cauce y no profundiza, por lo que se piensa que existe el substrato rocoso impermeable en el vaso.
3.00	3.50				
4.00				Continúa en profundidad	
5.00					

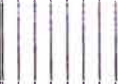


PERFIL ESTRATIGRAFICO DEL SUELO

PROYECTO : REPRESA DE VISCACHANI - PROV.- CHUMBIVILCAS -
REGION CUSCO
CALICATA N° : C - 4 (Vaso - Margen Izquierda del Cauce)
PROF. TOTAL : 3.50 m
MUESTRA : M - 3 (Prof. = 3.50 m.)
UBICACIÓN : Vaso - Margen Izquierda del Cauce
FECHA : 19 - 11 - 2004

ESCALA	PROFUNDIDAD ESTRATO	MUESTRA N°	CLASIFICACION SUCS	PERFIL DEL SUELO	DESCRIPCION
1.00	0.00	M - 1	ML		Limos de baja plasticidad, con contenido de arenas y materia orgánica (raíces), color gris oscuro en húmedo y claro en seco, material semipermeable, regularmente compacto.
	0.60	M - 2	SM		Arena limosa de baja plasticidad, color gris oscuro a negro en húmedo y gris claro en seco, regularmente compactas, poco permeables a impermeables, con escaso contenido de gravas y piedras, a mayor saturación el material se suelta y se hace menos resistente, pero conserva su impermeabilidad, presenta intercalaciones con capas de turba.
	2.10	M - 3 3.50	ML		Limos inorgánicos de baja plasticidad con contenido de arenas, de color rosado en húmedo y blanco en seco, regularmente compactos, con clastos angulosos y piedras pequeñas, que proceden de la desintegración del sillar, andesitas y microandesitas, regularmente permeable, se presentan filtraciones de agua que circulan hacia el cauce central.
4.00	3.50				
5.00				Continúa en profundidad	

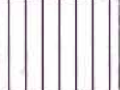


PERFIL ESTRATIGRAFICO DEL SUELO

PROYECTO : REPRESA DE VISCACHANI - PROV.- CHUMBIVILCAS
REGION CUSCO
CALICATA N° : C - 5 (Vaso - Margen Izquierda del Cauce)
PROF. TOTAL : 3.50 m (calicata)
MUESTRA : M - 3 (Prof. = 2.90 m.)
UBICACIÓN : Vaso - Margen Izquierda del Cauce
FECHA : 19 - 11 - 2004

ESCALA	PROFUNDIDAD ESTRATO	MUESTRA N°	CLASIFICACION SUCS	PERFIL DEL SUELO	DESCRIPCION
1.00	0.00	M - 1	ML		Limos de baja plasticidad, con contenido de arenas y materia orgánica (raíces), color gris oscuro en húmedo y blanco en seco material semipermeable, regularmente compacto.
	0.60	M - 2	SM		Estrato de arenas limosas, color gris oscuro a negro en húmedo y gris claro en seco, de baja plasticidad, regularmente compactas, de poco permeables a impermeables, con bloques de roca volcánica intercaladas con capas de turba.
2.00	1.30	M - 3 2.90	ML		Limos inorgánicos de baja plasticidad (ML), color gris oscuro en húmedo y gris claro en seco, regularmente compactos, con contenido de piedras y clastos rocosos pequeños, de poco permeable a impermeable, presenta lentes de coloración verdosa constituida por arenas finas con limos poco compactos. Al saturarse con mayor cantidad de agua se hacen mas sueltos y menos compactos, deleznales al excavar (lodo).
3.00	3.00				M - 4
4.00	3.50				
5.00				Continúa en profundidad	

PERFIL ESTRATIGRAFICO DEL SUELO

PROYECTO : REPRESA DE VISCACHANI - PROV.- CHUMBIVILCAS
 REGION CUSCO
CALICATA N° : C - 6 (Vaso - Margen Izquierda del Cauce)
PROF. TOTAL : 3.50 m (calicata)
MUESTRA : M - 3 (Prof. = 3.20 m.)
UBICACIÓN : Vaso - Margen Izquierda del Cauce
FECHA : 19 - 11 - 2004

ESCALA	PROFUNDIDAD ESTRATO	MUESTRA N°	CLASIFICACION SUCS	PERFIL DEL SUELO	DESCRIPCION
1.00	0.00	M - 1	ML		Limos de baja plasticidad (ML), con contenido de arenas y materia orgánica (raíces), color gris oscuro en húmedo y claro en seco, material semipermeable, regularmente compacto.
	0.60				
2.00	1.50	M - 2	SM		Arenas limosas de baja plasticidad, color gris oscuro a negro en húmedo y gris claro en seco, regularmente compactas, de poco permeables a impermeables, con bloques de roca volcánica con intercalación de capas de turba.
3.00	3.50	M - 3 3.20	CL		Arcillas inorgánicas de baja plasticidad con contenido de arenas (CL), color marrón oscuro en húmedo y marrón claro en seco, regularmente compactas, con contenido de clastos rocosos pequeños, de poco permeable a impermeable, a mayor saturación se hacen menos compactos y deleznales al excavar.
4.00					
5.00				Continúa en profundidad	

Conclusiones Geotécnicas del Área del Vaso

Todas las formaciones geológicas mencionadas constituyen la columna estratigráfica general de la zona de estudio, cuyo comportamiento en conjunto presenta características de **impermeabilidad, estanqueidad y estabilidad en toda el área del vaso ($3.69 \times 10^{-6} \text{cm/seg}$)**.

La existencia anterior de lagunas a diferentes niveles, evidenciadas por los afloramientos de remanentes de sedimentos lacustres, con estratificación cruzada, e intercalada con estratos de turba, y otros componentes, refuerzan geológicamente las **características benéficas de impermeabilidad, estanqueidad y estabilidad del vaso**.

Las calicatas excavadas en el área del vaso, las pruebas de laboratorio y los ensayos in situ realizados, **arrojan buenos resultados de impermeabilidad en esta zona, del orden de $10^{-6} \text{cm}^3/\text{seg}$** .

Ingeniería del Proyecto

Evaluación de la Permeabilidad en la cimentación

Sondaje diamantino S-1

Estribo derecho

Ensayos de permeabilidad en tramos de 3 m.

Tramo (m)	Nro Lugeon l/m/min	H (m)	H en Pies	Q	K cm/seg
0 – 3					2.128x10 ⁻⁴
3-6					9.929x10 ⁻⁵
6-9	46.07	7.50	24.60	138.21 196.053	1.961x10 ⁻³
9-12	25.86	11.50	37.72	77.58 71.771	7.177x10 ⁻⁴
12-15					5.201x10 ⁻⁴
15-19.5					5.181x10 ⁻⁴

Sondaje diamantino S-2

Cauce del río

Tramo (m)	Nro Lugeon l/m/min	H (m)	H en Pies	Q	K
0 – 3	3.77	1.50	4.92	11.31 80.22	8.022x10 ⁻⁴
3-6	2.87	4.50	14.76	8.61 20.36	2.036x10 ⁻⁴
6-9					7.234x10 ⁻⁴
9-12					5.775x10 ⁻⁴
12-15					4.965x10 ⁻⁴
15-18					3.868x10 ⁻⁵
18-21					8.184x10 ⁻⁶
21-24					7.093x10 ⁻⁶

Sondaje diamantino S-3

Estribo izquierdo

Tramo (m)	Nro Lugeon l/m/min	H (m)	H en Pies	Q	K	
0 – 3	13.95	1.50	4.92	41.85	296.825	2.968×10^{-3}
3-6	9.11	4.50	14.76	27.33	64.614	6.461×10^{-4}
6-9	4.92	7.50	24.60	14.76	20.937	2.094×10^{-4}
9-12	5.32	11.50	37.72	15.96	14.765	1.475×10^{-4}
12-15			Lefrank			3.783×10^{-4}
15-18			Lefrank			1.934×10^{-5}

Permeabilidad representativa

Conclusión:

Se ha tomado como k representativo el valor de uno de los ensayos más próximos al promedio, en cada sector (estribo derecho, cauce e izquierdo) Dichos valores resultan ser permeables en ambos estribos. En el centro del cauce : en el primer tramo es permeable y en el segundo es semipermeable.

Estribo derecho	Cauce de río	Estribo izquierdo
de 0.00 a 19.50 m	de 0.00 a 15.20	de 0.00 a 18.00 m
5.201×10^{-4} cm/seg	5.775×10^{-4}	3.783×10^{-4} cm/seg
	de 15.20 a 24.00	
	7.093×10^{-6}	

Cálculo del Caudal de Filtración bajo la Presa

Condiciones de la cimentación

- a) No se considera la pantalla de inyecciones de cemento al pie del paramento aguas arriba.

b) Se establece la red de flujo que se expone en el Figura A5.1 que se adjunta, el cual no considera la pantalla de impermeabilización referido en el punto (a) por lo que la red de flujo pasa directo.

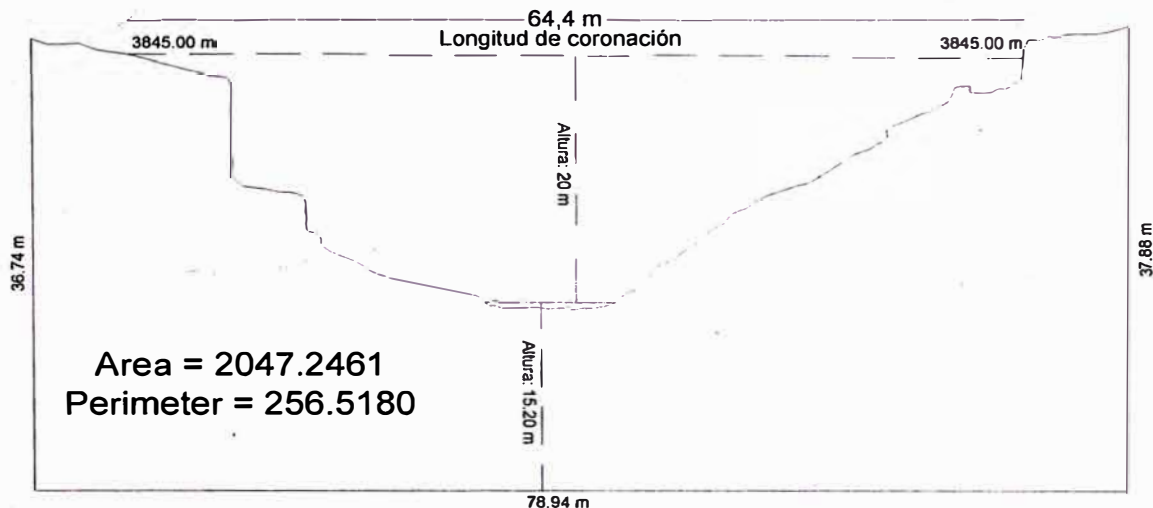


Figura A5.1: Red de Flujo

Proceso de Calculo.

Ley de Darcy : $Q_f = KiA$

Donde:

Q_f = Caudal de filtración

K = Coeficiente de permeabilidad Representativo

A = Área efectiva de filtración bajo la Presa

i = Gradiente Hidráulica

h = Altura o carga hidráulica

L = Longitud de recorrido de la línea de filtración por debajo de la presa

Datos Vizcachani:

K = 5.775×10^{-4} cm/seg (cauce del río)

h = 20.00 m altura de la presa

L = 85 m longitud de recorrido debajo de la presa

A = 2047.2461 m² área de filtración bajo la Presa calculada en AUTOCAD.

i = h/L = 20.00 m / 85 m = 0.23529

Resultados:

$Q_f = 2.78$ lt/seg = 240 m³/día

Conclusión:

La longitud de la línea de filtración por debajo de la presa alcanza una distancia aproximada de 85 m. **sin pantalla impermeable**, siendo el caudal de filtración aproximado en la zona de la cimentación a presa llena de 2.78 lts/seg. La misma que se reducirá con la construcción de la pantalla impermeable debajo del Plinto, hasta alcanzar el basamento rocoso, que se encuentra a una profundidad de 15.20 m debajo de la superficie en la zona del cauce del río, dicha profundidad disminuye sensiblemente en los estribos, tal como puede observarse en los planos respectivos adjuntos al presente estudio.

Nota 1:

Este caudal se verá disminuido con los trabajos de construcción de la pantalla de impermeabilización que llega hasta el basamento rocoso. Se debe considerar la colocación de filtros en el pie de la presa aguas abajo.

Capacidad de Carga Admisible: Cimentación Presa Vizcachani

Cuadro A5.6: Capacidad de Carga Admisible

CARACTERÍSTICAS	SECCION 1 Estribo derecho	SECCION 2 Cauce del río	SECCION 3 Estribo izquierdo
Ancho de la cimentación (m)	12.00	22.00	12.00
Profundidad (m)	1.50	2.50	1.50
Angulo de fricción interna	19.2 ^o	19.2 ^o	19.2 ^o
Cohesión kg/cm ²	0.10	0.10	0.10
γ gr/cm ³ sumergido	2.25 - 1.00	2.25- 1.00	2.25 - 1.00
NC	14	14	14
Nq	6	6	6
Ny	4	4	4
Capacidad de carga kgr/cm ²	5.52	8.78	5.52
Factor de seguridad	1.23	1.95	1.23

Formula aplicada de Karl Terzaghi:

$$qd = cN_c + \gamma D_f N_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma$$

Conclusión.-

Como se puede observar, es suficiente la capacidad de carga admisible que presenta la cimentación de la Presa de Vizcachani.

El cuadro A5.6 muestra la relación del ángulo de fricción con los factores de capacidad de carga.

Cálculo del Asentamiento de la Presa Vizcachani

I.- Generalidades

En el diseño de una presa es necesario calcular el asentamiento, a fin de proporcionar una contra -flecha adecuada que asegure niveles de diseño seguros.

En las presas de materiales locales (tierra o roca), el asentamiento tiene dos componentes:

1. **Asentamiento inicial:** Este asentamiento se produce por el comportamiento pseudo elástico del suelo, la ocurrencia es inmediata y por lo tanto se puede corregir por nivelación durante la ejecución de los trabajos. También se desprecia este asentamiento porque el procedimiento de cálculo del asentamiento por consolidación es sobreestimada.
2. **Asentamiento por consolidación:** Ocurre por expulsión del agua contenida en los vacíos del material. En suelos granulares, la expulsión del agua es rápida. Por lo tanto, el asentamiento es instantáneo, mientras que en los suelos cohesivos (suelos finos) la expulsión del agua es lenta, y por lo tanto ocurre en un período de tiempo largo y generalmente después de construida la presa. Para evaluar el asentamiento por consolidación es necesario realizar en el laboratorio ensayos de consolidación unidimensional que proporcione los parámetros necesarios para los cálculos.

El asentamiento por consolidación tiene dos componentes:

Asentamiento del terreno: este asentamiento es el más importante y sobre todo cuando el terreno de fundación es de mala calidad, la ocurrencia de este

asentamiento es usualmente después de construida la presa y por lo tanto se debe considerar en el diseño.

Asentamiento del cuerpo de presa: se produce en el cuerpo, compuesto por enrocado de piedra acomodada y por lo tanto el asentamiento es instantáneo y se podrá corregir durante la construcción por nivelación.

De lo antes mencionado se concluye que el cálculo será orientado a determinar el asentamiento del terreno.

Sin embargo, es necesario indicar que el cálculo de asentamiento representa sólo una pre – visión y por lo tanto, el valor debe utilizarse razonablemente.

II.- Metodología de cálculo

1. Teoría

Para el cálculo del asentamiento por consolidación. Se seguirá la teoría de Kart Terzaghi, esta permite evaluar el asentamiento de un suelo saturado.

El fenómeno de consolidación causa un cambio volumétrico en el suelo por expulsión lenta de los poros. Cuando sobre el suelo natural se incrementa la carga, instantáneamente se produce un aumento de la presión de poros, que para el caso de suelos saturados es igual al incremento de carga; con el tiempo y dependiendo de las condiciones de drenaje del suelo, el incremento en la presión de poros se disipa con la expulsión del agua contenida en los poros, el cambio volumétrico que ocurre produce un cambio en el espesor del estrato de suelo fino.

El asentamiento del suelo es función del espesor del estrato. De la relación de vacíos inicial, del índice de compresibilidad, del incremento de carga, de la presión efectiva inicial y de la presión de pre- consolidación. De acuerdo a los resultados de laboratorio es posible estimar la velocidad con que ocurre el asentamiento en el tiempo por medio del coeficiente de consolidación.

Conociendo el estado de consolidación inicial de suelo y el incremento de carga, el asentamiento se puede evaluar con las siguientes fórmulas

2. Fórmulas

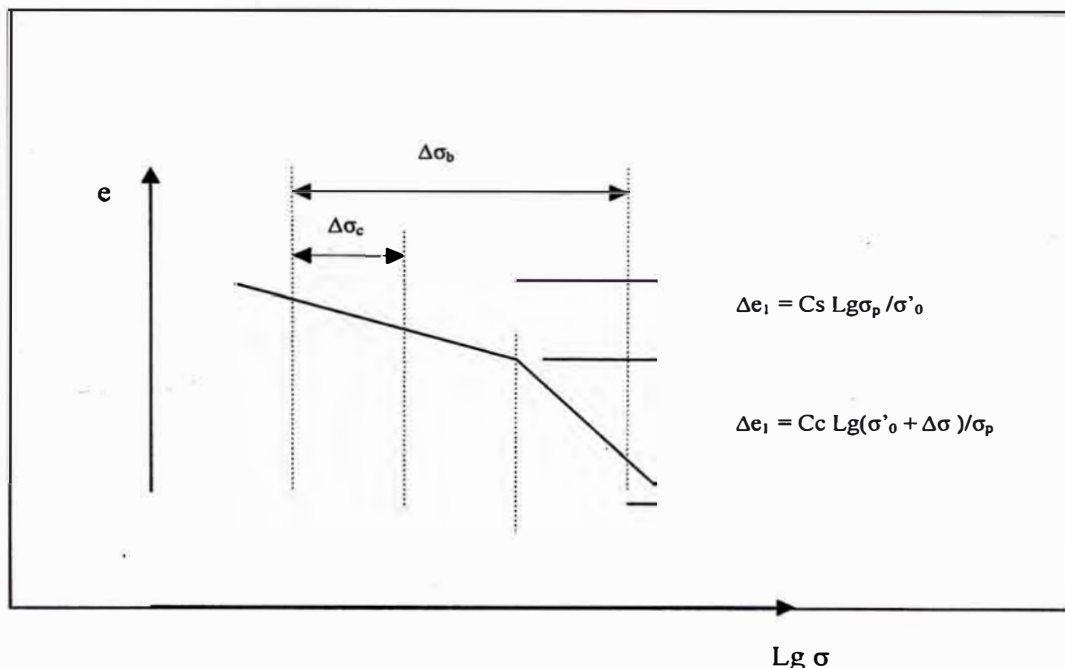


Figura A5.2: Diagrama Para el Cálculo del Asentamiento por Consolidación

De la figura A5.2 se tiene:

Caso a) $\sigma'_0 + \Delta \sigma \leq \sigma_p$

$$\Delta H = \frac{H}{1 + e_0} C_s \text{Lg} \frac{\sigma'_0 + \Delta \sigma}{\sigma'_0} \quad \text{Ecuación II.1}$$

Caso b) $\sigma'_0 + \Delta \sigma > \sigma_p$

$$\Delta H = \frac{H}{1 + e_0} \left[C_c \text{Lg} \frac{\sigma'_0 + \Delta \sigma}{\sigma'_p} + C_s \text{Lg} \sigma_p / \sigma'_0 \right] \quad \text{Ecuación II.2}$$

Donde:

ΔH : Asentamiento

H : Espesor del estrato

C_c : Índice de compresibilidad

C_s : Índice de recompresión

e_0 : Relación de poros

σ'_0 : Presión efectiva de tapada a la mitad del estrato

σ'_p : Presión de preconsolidación a la mitad del estrato

$\Delta\sigma$: Incremento de la presión a la mitad del estrato

III.- Modelo de cálculo

Para calcular el asentamiento de la presa se considera que todo el espesor del estrato fino es un solo modelo a la cual se aplicará directamente las ecuaciones 1 y 2 según corresponda.

Se evaluará el asentamiento en el eje de la presa.

Para una mejor aproximación de asentamiento debido a que el terreno está compuesto por una matriz de limo con bolonería abundante de piedra, se tomará para los cálculos el 60% del asentamiento calculado.

IV.- Resultados de Laboratorio

Los resultados de laboratorio para las muestras en el eje de la presa se muestran en el Cuadro A5.7.

Cuadro A5.7
Resultados de Laboratorio Eje de presa

Sondaje	S - 2
Profundidad (m)	7.5
SUSC (Critico)	MH
Cc	0.22
Cs	0.024
σ_p (Kg/cm ²)	1.58
e ₀	0.90
γ (gr/cc)	2.25 (Se considera este valor por la presencia de fragmentos de roca en un 60% del volumen total)
γ_d (gr/cc)	1.45

V.- Resultados y Conclusiones

a) En el cuadro A5.8 se muestran los resultados del cálculo del asentamiento del eje de la presa.

Cuadro A5.8
Cálculo del Asentamiento del Terreno
(en el Centro del Eje de la Presa)

ESPECIFICACIÓN	CALCULOS	OBSERVACIONES
Ho (m)	20,000	Altura de la Presa.
(m)	15,000	
$\gamma \cdot$ Enrocado (gr/cc)	2,400	Se supone que no está saturada
$\gamma \cdot$ Terreno N. (gr/cc)	1,250	Peso específico sumergido.
Cs	0,024	
Cc	0,220	
σ_p (Kg/cm ²)	1,580	
e ₀	0,900	
$\Delta\sigma$ (Kg/cm ²)	4,800	
σ'_o (Kg/cm ²)	0,938	
$\sigma'_o + \Delta\sigma$ (Kg/cm ²)	5,738	
ΔH (m)	1,122	Asentamiento
60% ΔH (m)	0.7000	

b) El asentamiento por los cálculos es de 1.12m, pero como ya se mencionó, el asentamiento probable de ocurrencia será aproximadamente igual al 60% debido a que este estrato cuenta con bolonería equivalente al 60% del volumen total por ello, se asume que el asentamiento será como se ha calculado es decir $\Delta H = 0.700$ m.

c) Para poder determinar el tiempo para que se produzca todo ese asentamiento emplearemos las siguientes formulas:

$$\Delta S = \left(\frac{\%U}{100} \right) \qquad T = Cc \left(\frac{t}{H^2} \right)$$

El tiempo necesario para llegar a producirse este asentamiento es de ocho meses. Por tratarse de una Presa de enrocado, esta absorberá el valor antes calculado sin ningún problema.

Cálculo del factor de Seguridad por Sifonamiento

I.- Generalidades

El estado de sifonamiento es aquel estado en la cual la resistencia al corte del suelo es nula. El estado de sifonamiento en los suelos cohesivos no necesariamente se produce debido a que estos pueden poseer resistencia aún cuando las presiones efectivas sean nulas. Existen dos casos en los que se produce el sifonamiento:

- a) En un flujo ascensional cuando la fuerza de filtración es igual al peso sumergido
- b) Un impacto en ciertos suelos de baja compacidad que ocasiona una reducción en el volumen del esqueleto del suelo haciendo que la presión efectiva se transmita al agua de los poros.

Así el gradiente que produce el sifonamiento denominado "**gradiente crítico**" es igual al peso específico sumergido entre el peso del agua. Para el caso específico de las presas de material local (Presas de tierra o Enrocado), se puede establecer que el gradiente crítico es igual a la pérdida de carga hidráulica al atravesar algún elemento de la presa (Delantal, núcleo, pantalla, etc) dividido entre el ancho del elemento atravesado, esto en el caso más simple en los otros casos también se puede aplicar la misma relación pero con ciertas variantes como se verá más adelante.

Es muy práctico y confiable cubrir un gradiente hidráulico máximo en función del tipo de suelo

II.- Metodología de cálculo

Para la Presa Vizcachani se seguirá el siguiente procedimiento de cálculo:

- a) Análisis del flujo de agua a través de la presa Vizcachani.

- b) Calcular el gradiente hidráulico crítico mediante el procedimiento indicado en el ítem siguiente.
- c) Se utilizarán los factores de seguridad indicados en el cuadro N° 5.9.

Cuadro A5.9
Factores de Seguridad

Clase de Obra	Altura de la Presa (m)	Tipo de Suelo De la Cimentación	Ks
I	H > 100	Rocosa	1.25
	H > 50	No rocosa	
II	50 < H < 100	Rocosa	1.20
	25 < H < 50	No rocosa	
III	20 < H < 50	Rocosa	1.15
	15 < H < 25	No rocosa	
IV	H < 20	Rocosa	1.10
	H < 15	No rocosa	

- d) Para el cálculo del gradiente hidráulico crítico se utilizará las siguientes ecuaciones:

$$J_{\text{cri}} = 275 \varphi_0 d_s \sqrt{\frac{n}{K}} \quad \text{Ecuación II.01}$$

$$\varphi_0 = 0.60 \left(\frac{\gamma_d}{\gamma_w} - 1 \right) f_0 \text{sen} \left(30^\circ - \frac{\theta^\circ}{8} \right) \quad \text{Ecuación II.02}$$

$$f_0 = 0.82 - 1.8n + 0.0062(C_u - C_c) \quad \text{Ecuación II.03}$$

$$n = \frac{e}{1 + e} \quad \text{Ecuación II.04}$$

Donde:

J_{cri} : Gradiente hidráulico crítico.

Φ_0 : Coeficiente de la velocidad crítica.

- γ_d : Peso específico seco (gr/cc).
 γ_w : Peso específico del agua (gr/cc).
 n : Porosidad.
 e : Relación de vacíos.
 f_0 : Coeficiente de fricción referencial
 Θ^0 : Angulo entre la dirección de la velocidad de filtración y
 Fuerza de gravedad.
 K : Coeficiente de permeabilidad (cm/s).

- e) Se ajustará los valores obtenidos, en caso que se obtengan resultados desfavorables, se cambiará las dimensiones de los elementos para una segunda prueba hasta tener las dimensiones adecuadas que permitan obtener un factor de seguridad óptimo
 f) Los valores del gradiente admisible se debe encontrar entre los límites dados en el cuadro A5.10.

Cuadro A5.10
Gradiente Admisible

Tipo de suelo	(Jc)a			
	I	II	III	IV
A. Para el material De la cimentación				
Arcilla densa	0.90	1.00	1.10	1.20
Tierra arcillosa	0.45	0.50	0.55	0.60
Arena gruesa	0.36	0.40	0.44	0.48
Arena media	0.30	0.33	0.36	0.40
Arena fina	0.23	0.25	0.27	0.0
B. Par el material Del cuerpo de presa				
Arcilla densa	1.50	1.65	1.80	1.95
Tierra arcillosa	1.05	1.15	1.25	1.35
Arena gruesa	0.70	0.80	0.90	1.00
Arena media	0.55	0.65	0.75	0.85
Arena fina	0.45	0.55	0.65	0.75

III.- Procedimiento del cálculo gradiente hidráulico admisible

El cálculo se realizará solo para la cimentación debido a que el cuerpo de presa por ser del tipo rocoso no es potencial a sifonamiento.

1.-Cálculo del Gradiente hidráulico crítico

Con las ecuaciones II.01, II.02, II.03 y II.04 se evalúa en el cuadro A5.11

Cuadro A5.11
Cálculo del Gradiente Hidráulico Crítico

ESPECIFICACIÓN	VALOR	Φ_0	J_{cri}
Θ^0	90	0,0254	0,5668
E	0,90		
N	0,47		
P.e (seco)(gr/cc)	2,02		
Pw (gr/cc)	1		
d_5 (mm)	0,0022		
K (cm/s)	0,0002855		
f_0	0,129		

Los cálculos que siguen a continuación están basados en los estudios realizados por el Dr. R. Chugaev , el cual también está relacionado con los trabajos de W. G. Bligh y E. W. Lane.

La figura A5.3 representa el esquema de cálculo de la gradiente de control o gradiente admisible cuya leyenda es el siguiente:

L_D : Longitud del delantal = 6.5 m
H : Altura de la presa = 20.0 m
 L_o : Ancho de la presa = 60.0 m

$T_{cal} = 15.0$ m

$L_{cal} = 0.88T_{cal} + L_o + L_D$

Reemplazando valores:

$$L_{cal} = 67.38$$

Luego:

$$J_c = \Delta h / L_{cal}$$

$$J_c = 0.296$$

El factor de seguridad sería en este caso:

$$K_s = J_{cri} / J_c$$

$$K_s = 1.91$$

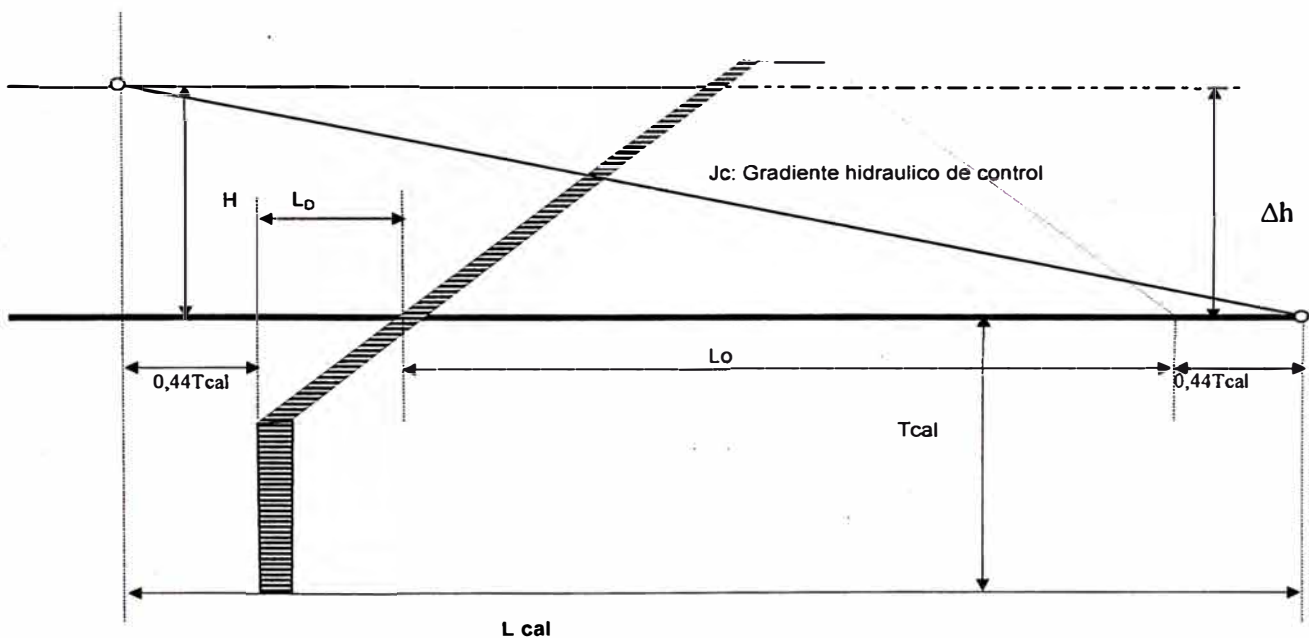


Figura A5.3: Esquema Para el Cálculo del Gradiente de Control

IV.- Conclusiones y Recomendaciones

El factor de seguridad por sifonamiento es igual a 1.91 valor que resulta mayor a los valores dados en el Cuadro A5.10, luego no es posible el sifonamiento en la presa Vizcachani.

El valor del gradiente hidráulico de control esta dentro de los valores establecidos en el cuadro A5.11, como se había previsto.

Cálculo del Efecto Sísmico

Se ha evaluado del peligro sísmico, del área de influencia de la presa Vizcachani, considerando el enfoque probabilístico por la necesidad de evaluar la probabilidad de ocurrencia de eventos sísmicos potencialmente destructivos. Así también por la incertidumbre en la ubicación de las fallas sísmicamente activas en el área de estudio. Como medida de la severidad del movimiento sísmico se empleó la aceleración máxima o pico del terreno.

Según la distribución epicentral, existe una extensión de actividad superficial que se manifiesta principalmente en la variante del Pacífico de la Cordillera Occidental, particularmente la definición de agrupaciones sísmicas superficiales. Asimismo existe otro grupo importante delimitado en la región Norte de Chile y Sur del Perú, los cuales representa fuentes potenciales de actividad sísmica.

El estudio probabilístico proporciona valores máximos de aceleración, que pueden ser usados en la determinación de espectros sísmicos del diseño de la Presa Vizcachani.

Estos valores de aceleraciones máximas para tiempos de exposición de 50 años, 100 años y 500 años son de 0.17g, 0.24g y 0.31g respectivamente.

Es así que el nivel de peligro sísmico evaluado en el sitio de emplazamiento de la Presa Vizcachani se considera Moderado.

Grado de susceptibilidad y probabilidad de riesgo

El grado de susceptibilidad para el vaso lleno de Vizcachani, si se entiende como tal el impacto de la crecida y de la ola causada por el viento, se calculara con la formula de PMF, o crecida milenaria con la mitad y el 100% del valor de la crecida. Normalmente, un borde libre de 1,5 m es suficiente dada la escasa superficie del embalse.

Análisis de Estabilidad de Taludes

Métodos de Cálculo de Estabilidad de Taludes

Teoría de Bishop Modificado, Janbú

Para el análisis de estabilidad se utilizó el programa de cómputo XSTABL, el cual ha sido desarrollado entre otros en base al método de Bishop Modificado y Janbú, aplicable especialmente para el caso del análisis de superficies potenciales de falla de forma circular; este programa permite determinar, mediante la evaluación de múltiples interacciones, la superficie para la cual la relación entre los esfuerzos resistentes y los esfuerzos actuantes es mínima.

Este método está basado en la teoría de equilibrio límite, pero de un nivel intermedio 1 de precisión en el cálculo del factor de seguridad (F). Además las superficies de falla son asumidas circulares.

Supone que las fuerzas X_1 y E_1 son iguales y se anulan en el cálculo. Una superficie de falla estará definida por un arco circular a través del talúd (Figura A5.4) y el diagrama de cuerpo libre de la i ésima dovela es mostrada en la figura A5.5.

El factor de seguridad es definido como la relación entre la sumatoria de los momentos de las fuerzas resistentes y sumatoria de los momentos de las fuerzas motoras alrededor del centro O, de la sección circular de falla, mostrada en la Figura A5.4, y es descrito por la ecuación siguiente:

$$F = \frac{\sum \text{momentos de las fuerzas resistentes}}{\sum \text{momentos de las fuerzas motoras}} \quad (1)$$

El momento de la fuerza resistente al corte tangente a la superficie de falla en la i ésima dovela (Figura A5.5) será:

$$Mr_1 = (C' \cdot b \cdot \text{Sec} \alpha + N' \text{TAN} \varphi) \cdot R \quad (2)$$

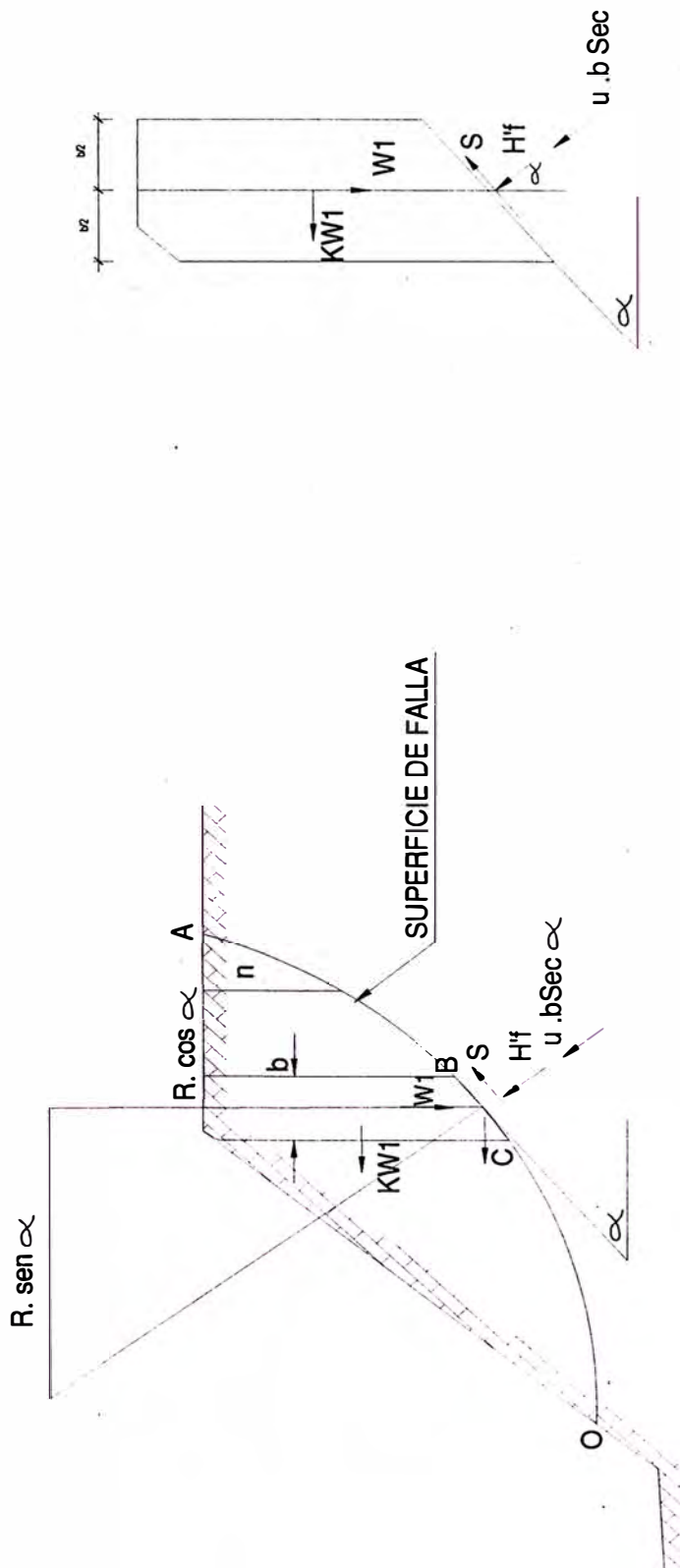
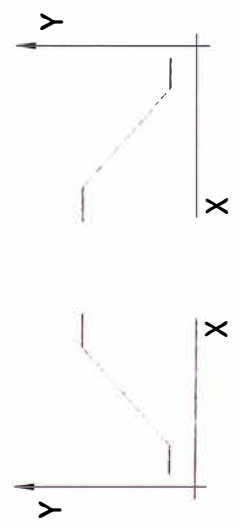


FIGURA A5.4 SUPERFICIE DE FALLA CIRCULAR METODO BISHOP MODIFICADO

FIGURA A5.5 DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DE LA IESIMA DOBELA



El momento de las fuerzas de corte motoras serán generadas por el W_1 y la fuerza sísmica inducida KW_1 (Figura A5.5) será:

$$Mm_1 = W_1 \cdot R \cdot \text{Sen} \alpha + kW_1 (R \cdot \text{Cos} \alpha - D/2) \quad (3)$$

Reemplazando las ecuaciones (2) y (3) en la ecuación (1).

$$F = \frac{\sum((C' \cdot b \cdot \text{Sec} \alpha + N' \text{TAN} \phi) * R)}{\sum(W_i \cdot R \cdot \text{Sen} \alpha + KW_i \cdot (R \cdot \text{Cos} \alpha - D/2))} \quad (4)$$

Donde: F es el factor de seguridad, C' es la cohesión del suelo (Kg/m²), b es el ancho de la dovela, α es el ángulo que hace la tangente de la superficie de falla en el centro de la dovela con la horizontal, N' fuerza normal efectiva, ϕ ángulo de fricción, W_1 peso de la dovela i, y K es el coeficiente sísmico.

Por equilibrio de fuerzas verticales en la iesima dovela tenemos:

$$N'_i = W_i - u \cdot b \cdot \text{Sec} \alpha \cdot \text{Cos} \alpha - (N'_i + C' \cdot b \cdot \text{Sec} \alpha) * \text{Sen} \alpha / F \quad (5)$$

Despejando obtenemos:

$$N_T = \frac{W_1 - b \cdot \text{Sec} \alpha \cdot (\mu \cdot \text{Cos} \alpha + C' \cdot \text{Sen} \alpha / F)}{\text{Cos} \alpha + (\text{Tan} \phi \cdot \text{Sen} \alpha) / F} \quad (6)$$

Reemplazando la ecuación (6) en la ecuación (4) y simplificando:

$$F = \frac{\sum((C' \cdot b + (W_i - u \cdot b) \cdot \text{Tan} \phi)) (\text{Sec} \alpha / (1 + \text{Tan} \alpha \cdot \text{Tan} \phi) / F)}{\sum(W_i \cdot \text{Sen} \alpha + kW_i \cdot (\text{Cos} \alpha - D/(2 * R)))} \quad (7)$$

Método de Janbú

Janbú (1973) presenta un método de Dovelas para superficies de falla curvas, no circulares.

De acuerdo con Janbú (ecuación modificada):

$$F.S. = \frac{f_o \sum \left\{ [c' \cdot b + (W - ub) \text{Tan} \phi] \frac{1}{\cos \alpha \cdot ma} \right\}}{\sum (W \tan \alpha)}$$

Donde: f_o depende de la curvatura de la superficie de falla. (Figura A5.6)

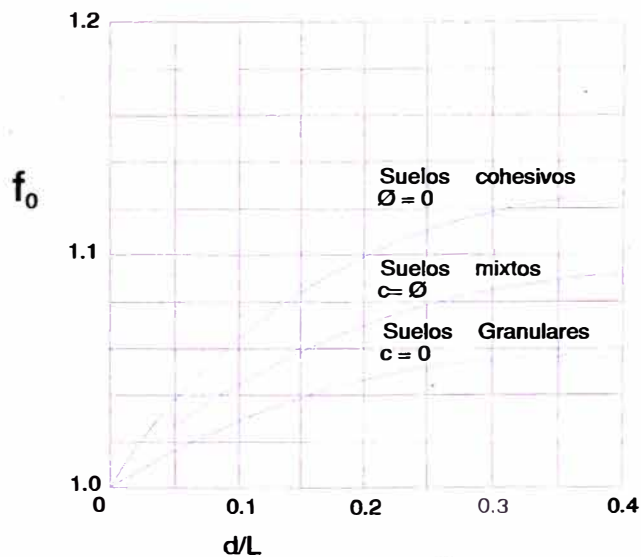
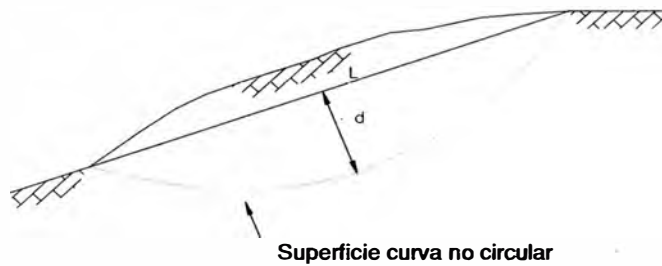
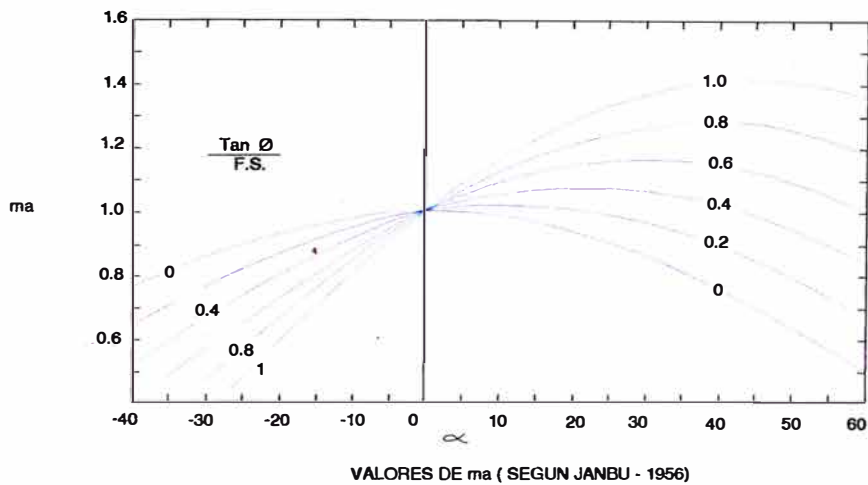


FIGURA A5.6 Diagrama Para Determinar el Factor "fo" Para el Método de JANBU.

Análisis de Estabilidad de Taludes

Se realizó el Análisis de Estabilidad de Taludes de acuerdo a los siguientes parámetros:

Cuadro A5.12
Parámetros de Suelos

Suelo	Densidad Ton/m ³	Cohesión Kg/cm ²	PHI Angulo de Fricción Interna
1	2.20	0.05	37°
2	2.25	0.10	30°
3	2.09	0.05	34°

Cuadro A5.13
Parámetro de Intensidad Sísmica Supuesta

Kh	Fuerza Sísmica	0.17
----	----------------	------

Coefficientes de Seguridad

La estabilidad se define cuando los valores de seguridad son mayores a los mostrados en el siguiente cuadro.

Cuadro A5.14
Coefficientes de Seguridad

Estabilidad	Coefficiente de Seguridad
Estática	1.10
Sísmica	1.35

A continuación en las figuras A5.7 al A5.12 se muestran los resultados del análisis de estabilidad de taludes método JANBU.

FIGURA A5.7: ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES (JANBU)

PROYECTO : PRESA CFRD CARA DE CONCRETO CON RELLENO COMPACTADO
 UBICACION : PRESA VISCACHANI - PROV : CHUMBIVILCA- DEP: CUZCO
 SECCION ANALIZADA EN : ESTADO PROYECTADO - PIE DE TALUD - ESTATICO Kh= 0.0
 PERFIL TIPICO : VISF-CE1,2,3,4,5

SUELO	DENSIDAD Tn/m3	COHESION Kg/cm2	PHI φ
1	2.20	0.05	37
2	2.25	0.10	30
3	2.60	2.8	40

TIPO FALLA	X mts.	Y mts.	FS
NO CIRCULAR 4	50.47	3821.12	1.70
	52.80	3821.12	
	56.42	3821.98	
	61.26	3823.93	
	65.66	3827.26	
	67.89	3829.71	
NO CIRCULAR 5	48.80	3821.12	1.91
	49.57	3820.42	
	50.73	3819.83	
	53.09	3819.46	
	55.81	3819.85	
	59.46	3821.10	
	63.47	3822.93	
	66.13	3824.51	
	69.42	3827.16	
	71.14	3829.44	

TIPO FALLA	X mts.	Y mts.	FS		
NO CIRCULAR 1	26.38	3833.05	1.42		
	31.35	3827.66			
	37.09	3823.01			
	41.51	3821.19			
	44.28	3821.12			
NO CIRCULAR (2)	23.92	3833.25	1.36		
	24.98	3831.24			
	26.85	3828.59			
	28.85	3826.82			
	31.04	3824.93			
	33.02	3823.45			
	36.01	3821.84			
	38.55	3821.08			
	40.46	3820.60			
	42.33	3820.51			
	44.28	3821.12			
	NO CIRCULAR 3	22.66		3833.35	1.46
		24.57		3829.37	
27.33		3826.36			
30.55		3823.44			
33.34		3821.80			
37.06		3820.23			
40.20		3819.60			
42.20		3819.79			
43.75		3820.32			
44.66		3820.96			
44.77	3821.12				

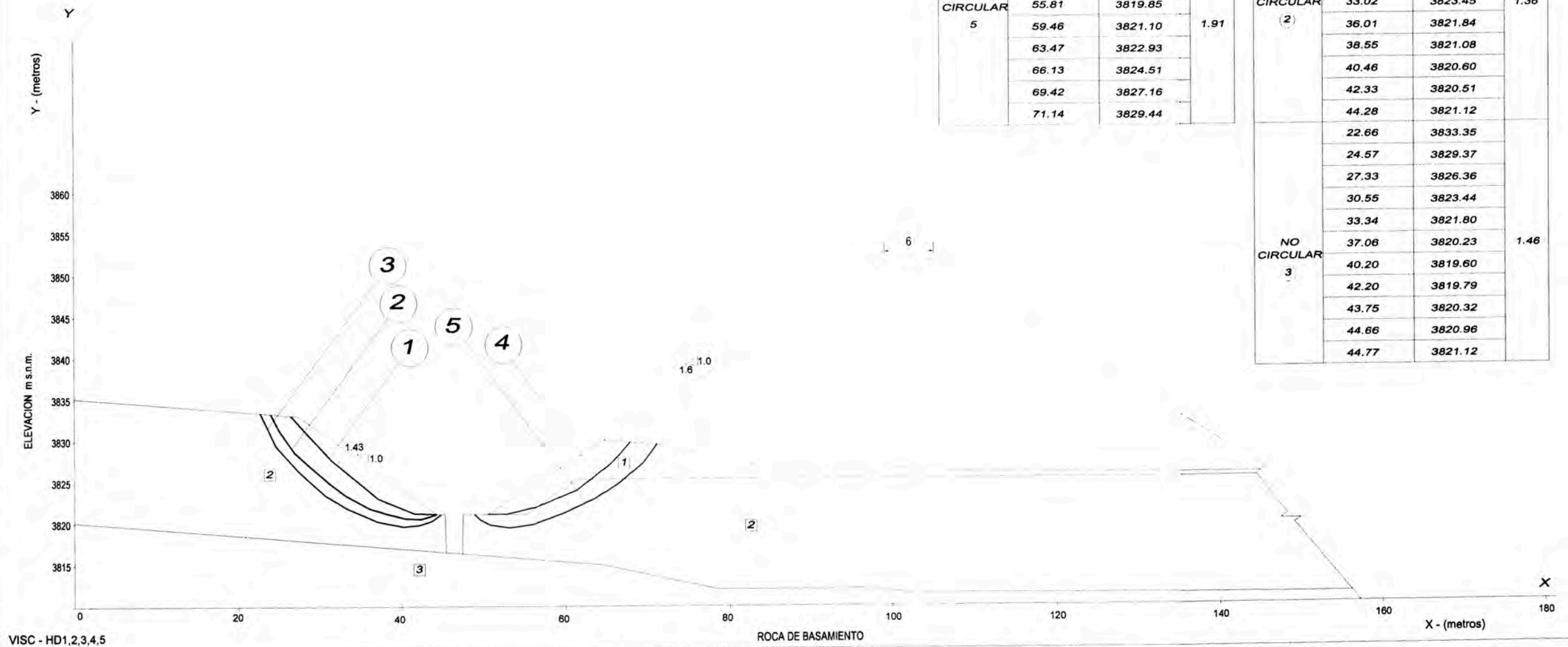


FIGURA A5.8: ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES (JANBU)

PROYECTO : PRESA CFRD CARA DE CONCRETO CON RELLENO COMPACTADO
 UBICACION : PRESA VISCACHANI - PROV : CHUMBIVILCA- DEP: CUZCO
 SECCION ANALIZADA EN : ESTADO PROYECTADO - PIE DE TALUD - ESTATICO Kh= 0.17
 PERFIL TIPICO : VISF-CD1,2,3,4,5

SUELO	DENSIDAD Tn/m3	COHESION Kg/cm2	PHI φ
1	2.20	0.05	37
2	2.25	0.10	30
3	2.60	2.8	40

TIPO FALLA	X mts.	Y mts.	FS
NO CIRCULAR 4	50.47	3821.12	1.19
	52.80	3821.12	
	56.42	3821.98	
	61.26	3823.93	
	65.66	3827.26	
	67.89	3829.71	
NO CIRCULAR 5	48.80	3821.12	1.30
	49.57	3820.42	
	50.73	3819.83	
	53.09	3819.46	
	55.81	3819.85	
	59.46	3821.10	
	63.47	3822.93	
	66.13	3824.51	
	69.42	3827.16	
	71.14	3829.44	

TIPO FALLA	X mts.	Y mts.	FS
NO CIRCULAR 1	26.38	3833.05	1.06
	31.35	3827.66	
	37.09	3823.01	
	41.51	3821.19	
	44.28	3821.12	
NO CIRCULAR 2	23.92	3833.25	1.01
	24.98	3831.24	
	26.85	3828.59	
	28.85	3826.82	
	31.04	3824.93	
	33.02	3823.45	
	36.01	3821.84	
	38.55	3821.08	
	40.46	3820.60	
	42.33	3820.51	
NO CIRCULAR 3	44.28	3821.12	1.06
	22.66	3833.35	
	24.57	3829.37	
	27.33	3826.36	
	30.55	3823.44	
	33.34	3821.80	
	37.06	3820.23	
	40.20	3819.60	
42.20	3819.79		
NO CIRCULAR 3	43.75	3820.32	1.06
	44.66	3820.96	
	44.77	3821.12	

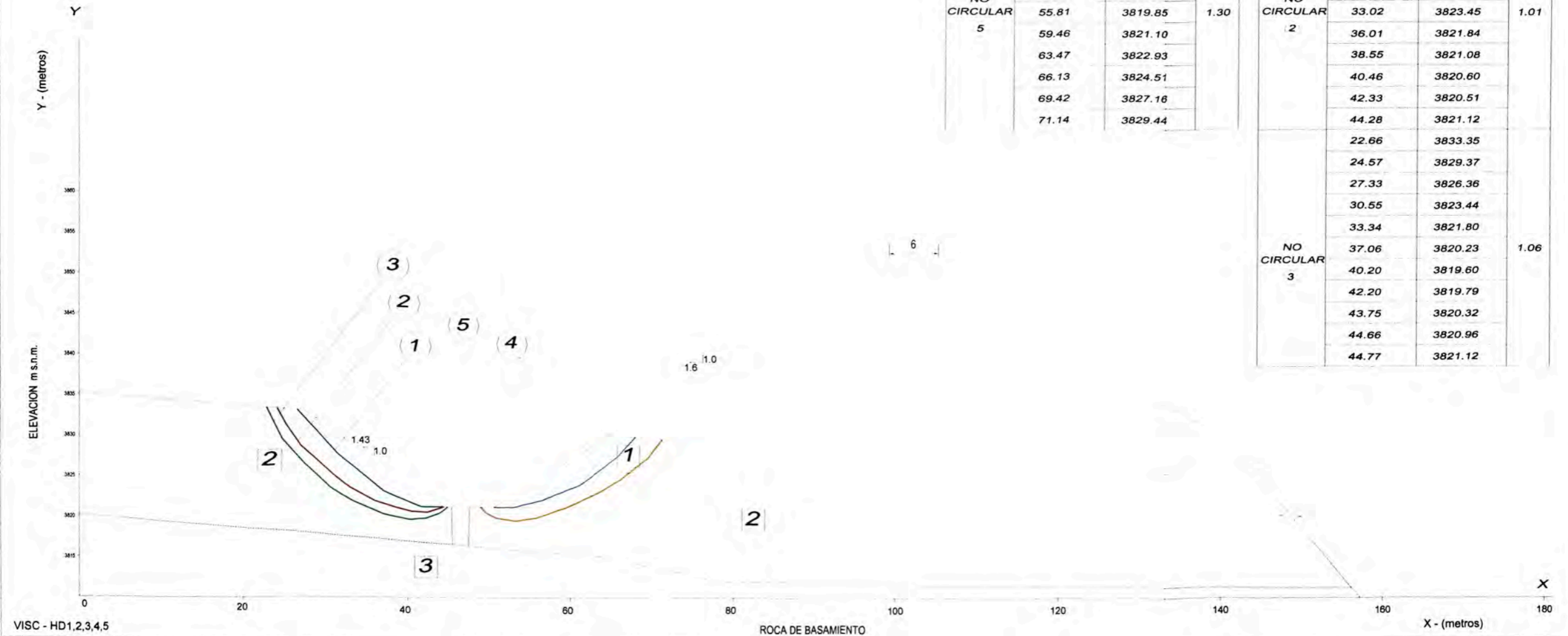


FIGURA A5.9: ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES (JANBU)

PROYECTO : PRESA CFRD CARA DE CONCRETO CON RELLENO COMPACTADO
 UBICACION : PRESA VISCACHANI - PROV : CHUMBIVILCA- DEP: CUZCO
 SECCION ANALIZADA EN : ESTADO PROYECTADO - TALUD AGUAS ABAJO - ESTATICO Kh= 0.0
 PERFIL TIPICO : VISF-AE1,2,3,4,5,6

SUELO	DENSIDAD Tn/m3	COHESION Kg/cm2	PHI φ
1	2.20	0.05	37
2	2.25	0.10	30
3	2.60	2.8	40
4	2.20	0.05	34

TIPO FALLA	X mts.	Y mts.	FS
NO CIRCULAR 4	73.80	3849.50	1.97
	77.74	3841.68	
	87.79	3829.58	
	94.81	3826.05	
	101.45	3824.63	
	107.84	3824.18	
	114.86	3826.27	
NO CIRCULAR 5	72.04	3848.40	1.94
	77.99	3836.53	
	87.81	3825.50	
	95.89	3820.77	
	110.55	3817.61	
	121.88	3818.77	
	128.09	3822.41	
NO CIRCULAR 6	80.44	3851.50	1.49
	85.89	3844.42	
	94.01	3837.37	
	104.89	3830.64	
	112.41	3826.71	
	119.72	3825.29	

TIPO FALLA	X mts.	Y mts.	FS
NO CIRCULAR 1	79.00	3851.50	1.60
	83.18	3843.81	
	81.24	3834.29	
	104.22	3825.50	
	112.37	3822.22	
	117.87	3821.95	
	121.44	3822.81	
NO CIRCULAR 2	123.73	3825.16	1.57
	124.42	3826.26	
	77.00	3845.12	
	89.21	3836.78	
	96.18	3831.69	
	96.16	3831.69	
	104.54	3827.23	
NO CIRCULAR 3	113.76	3824.08	1.70
	116.64	3823.52	
	119.70	3823.55	
	121.02	3824.26	
	122.43	3825.23	
	123.38	3826.27	
	75.39	3850.49	
NO CIRCULAR 3	82.51	3829.15	1.70
	92.51	3829.36	
	102.38	3823.88	
	111.19	3821.15	
	117.10	3820.64	
	121.43	3821.36	
	123.74	3822.87	
125.20	3824.53		
126.14	3826.25		

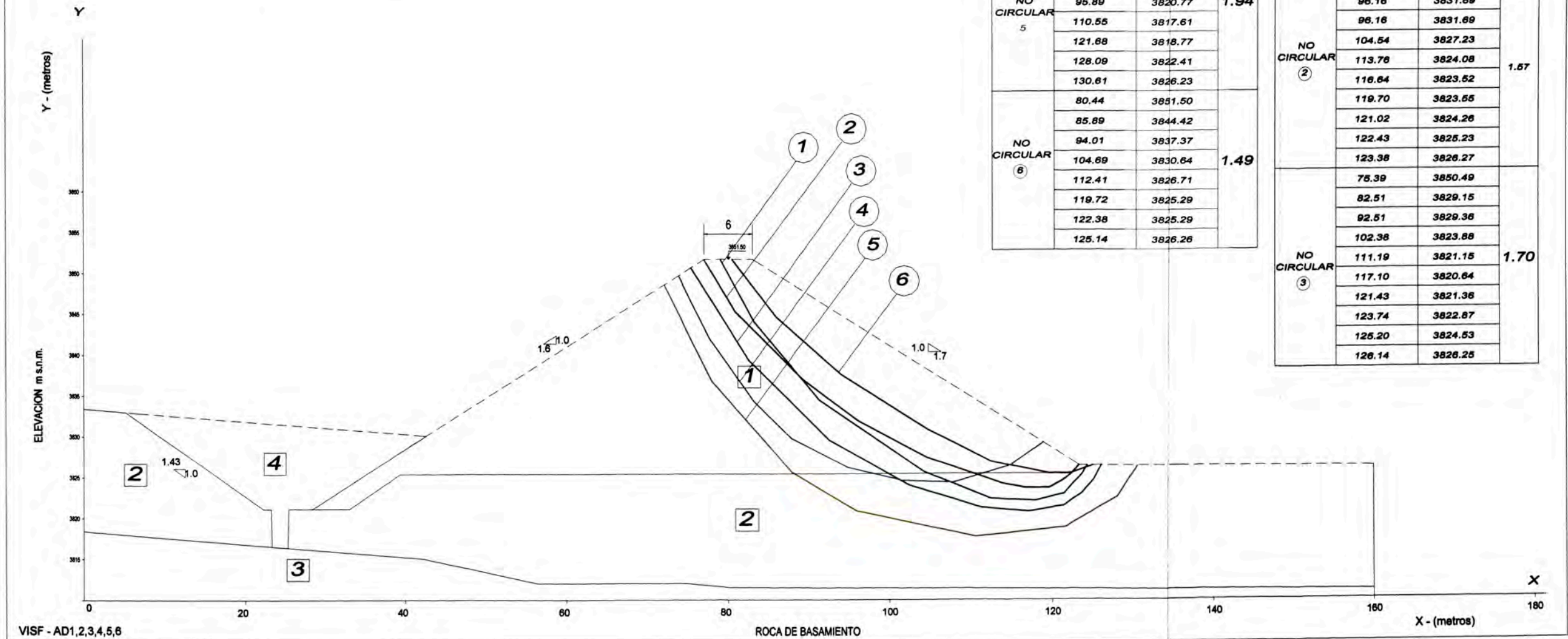


FIGURA A5.10: ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES (JANBU)

PROYECTO : PRESA CFRD CARA DE CONCRETO CON RELLENO COMPACTADO
 UBICACION : PRESA VISCACHANI - PROV : CHUMBIVILCA- DEP: CUZCO
 SECCION ANALIZADA EN : ESTADO PROYECTADO - TALUD AGUAS ABAJO - ESTATICO Kh= 0.17
 PERFIL TIPICO : VISF-BE1,2,3,4,5,6

SUELO	DENSIDAD Tn/m3	COHESION Kg/cm2	PHI φ
1	2.20	0.05	37
2	2.25	0.10	30
3	2.60	2.8	40
4	2.20	0.05	34

TIPO FALLA	X mts.	Y mts.	FS
NO CIRCULAR 4	73.80	3849.50	1.46
	77.74	3841.68	
	87.79	3829.58	
	94.81	3826.05	
	101.45	3824.63	
	107.84	3824.18	
	114.86	3826.27	
NO CIRCULAR 5	119.98	3610.25	1.40
	72.04	3848.40	
	77.99	3836.53	
	87.81	3825.50	
	95.89	3820.77	
	110.55	3817.61	
	121.68	3818.77	
NO CIRCULAR 6	128.09	3822.41	1.12
	130.61	3826.23	
	80.44	3851.50	
	85.89	3844.42	
	94.01	3837.37	
	104.69	3830.64	
	112.41	3826.71	

TIPO FALLA	X mts.	Y mts.	FS
NO CIRCULAR 1	79.00	3851.50	1.20
	83.18	3843.81	
	91.24	3834.29	
	104.22	3825.50	
	112.37	3822.22	
	117.87	3821.95	
	121.44	3822.81	
NO CIRCULAR 2	123.73	3825.16	1.24
	124.81	3826.90	
	77.00	3845.12	
	89.21	3836.78	
	96.16	3831.69	
	96.16	3831.69	
	104.54	3827.23	
NO CIRCULAR 3	113.76	3824.08	1.11
	116.64	3823.52	
	119.70	3823.55	
	121.02	3824.26	
	122.43	3825.23	
	124.30	3827.20	
	75.39	3850.49	
NO CIRCULAR 3	82.51	3829.15	1.11
	92.51	3829.36	
	102.38	3823.88	
	111.19	3821.15	
	117.10	3820.64	
	121.43	3821.36	
	123.74	3822.87	
125.20	3824.53		
126.14	3826.25		

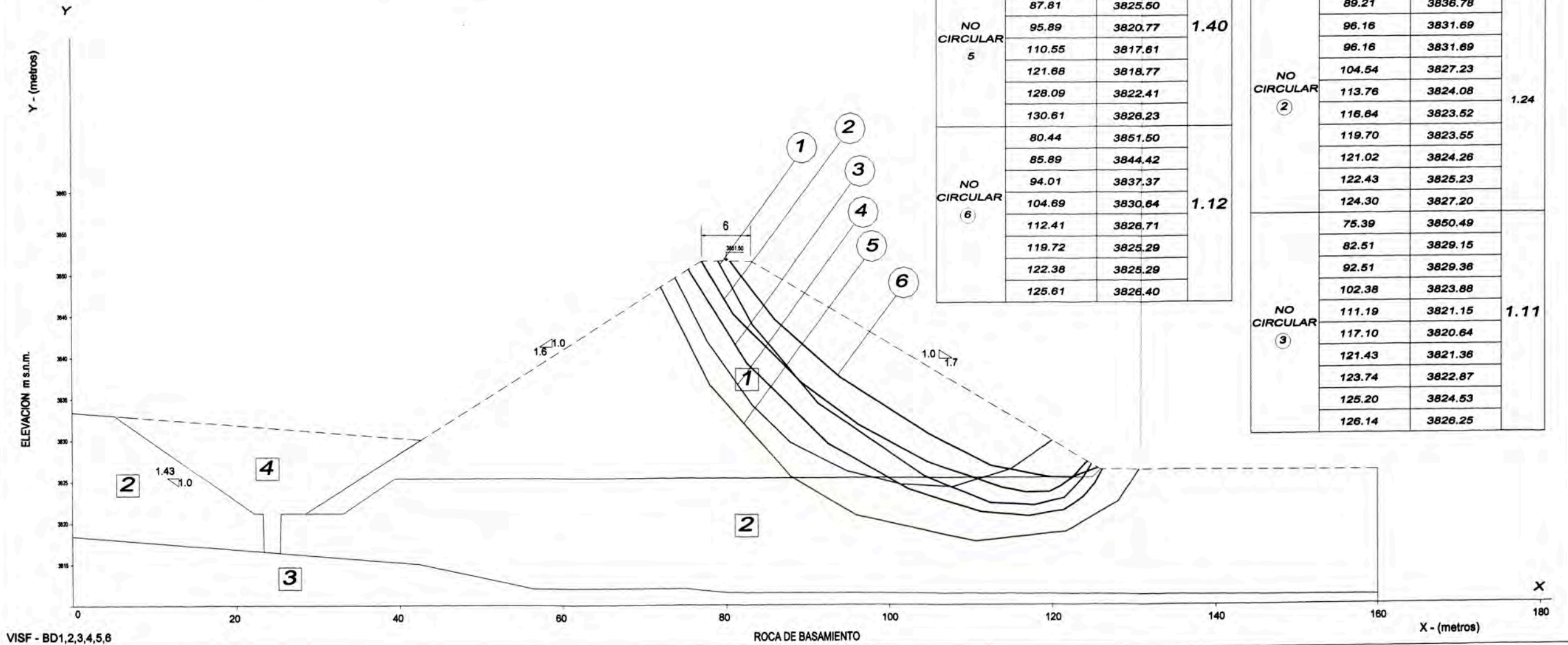


FIGURA A5.11: ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES (JANBU)

PROYECTO : PRESA CFRD CARA DE CONCRETO CON RELLENO COMPACTADO
 UBICACION : PRESA VISCACHANI - PROV : CHUMBIVILCA- DEP: CUZCO
 SECCION ANALIZADA EN : ESTADO PROYECTADO - TALUD AGUAS ARRIBA Y AGUAS ABAJO - ESTATICO Kh= 0.0
 PERFIL TIPICO : VISF-BE7,8,9,10,11

SUELO	DENSIDAD Tn/m3	COHESION Kg/cm2	PHI φ
1	2.20	0.05	37
2	2.25	0.10	30
3	2.60	2.8	40
4	2.20	0.05	34

TIPO FALLA	X mts.	Y mts.	FS
NO CIRCULAR 11	83.0	3851.50	1.54
	87.66	3845.40	
	94.62	3839.48	
	102.09	3834.25	
	112.85	3828.45	
	119.73	3826.58	
	125.90	3826.26	

TIPO FALLA	X mts.	Y mts.	FS
NO CIRCULAR 7	96.76	3843.40	1.81
	100.92	3837.18	
	108.55	3828.68	
	116.64	3824.22	
	122.58	3822.12	
	127.02	3823.26	
NO CIRCULAR 8	130.61	3826.23	1.73
	77.0	3851.50	
	83.66	3844.90	
	89.09	3841.17	
	94.33	3838.55	
NO CIRCULAR 9	101.86	3836.14	2.17
	111.37	3834.81	
	29.84	3831.00	
	31.30	3829.08	
	34.85	3826.26	
	37.61	3825.29	
NO CIRCULAR 10	47.58	3826.71	1.54
	55.30	3844.39	
	79.56	3851.50	
	29.84	3829.93	
	47.58	3830.25	
	60.64	3834.0	
	65.98	3837.37	
	75.02	3842.47	
	78.90	3848.31	
	79.56	3851.50	

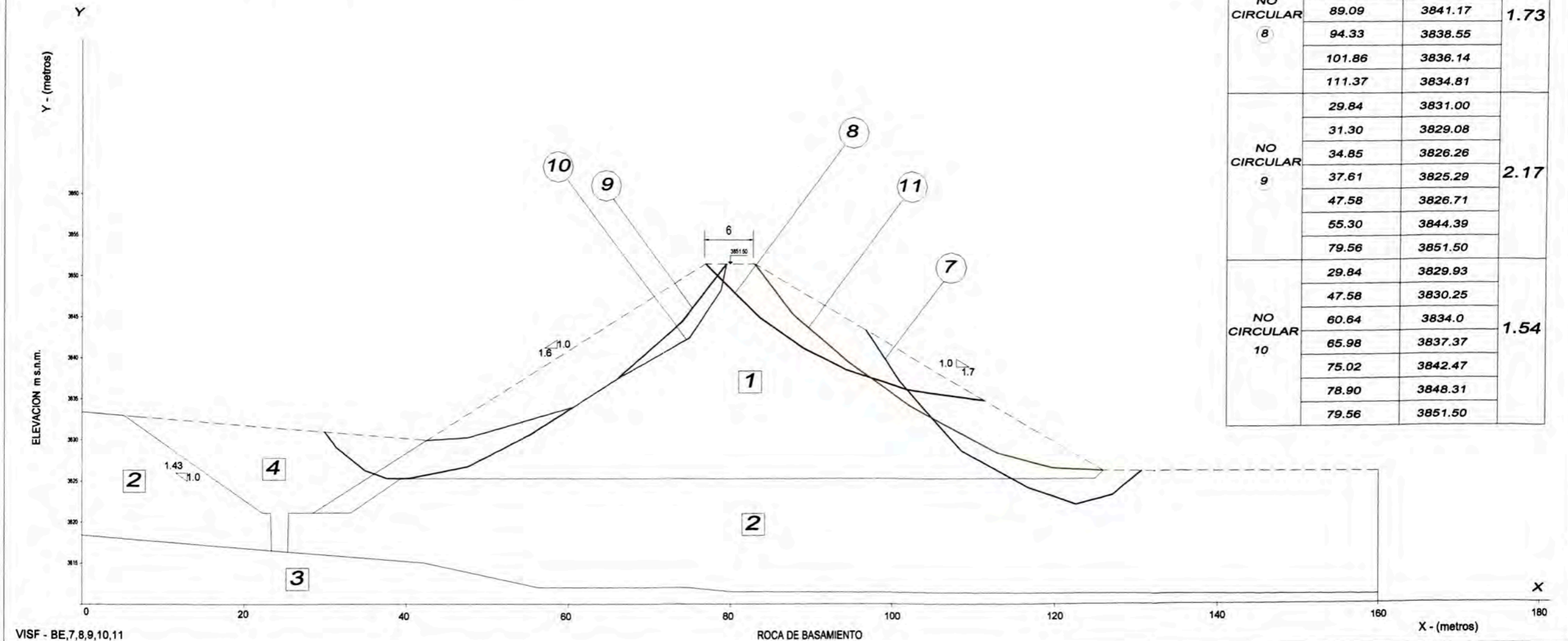


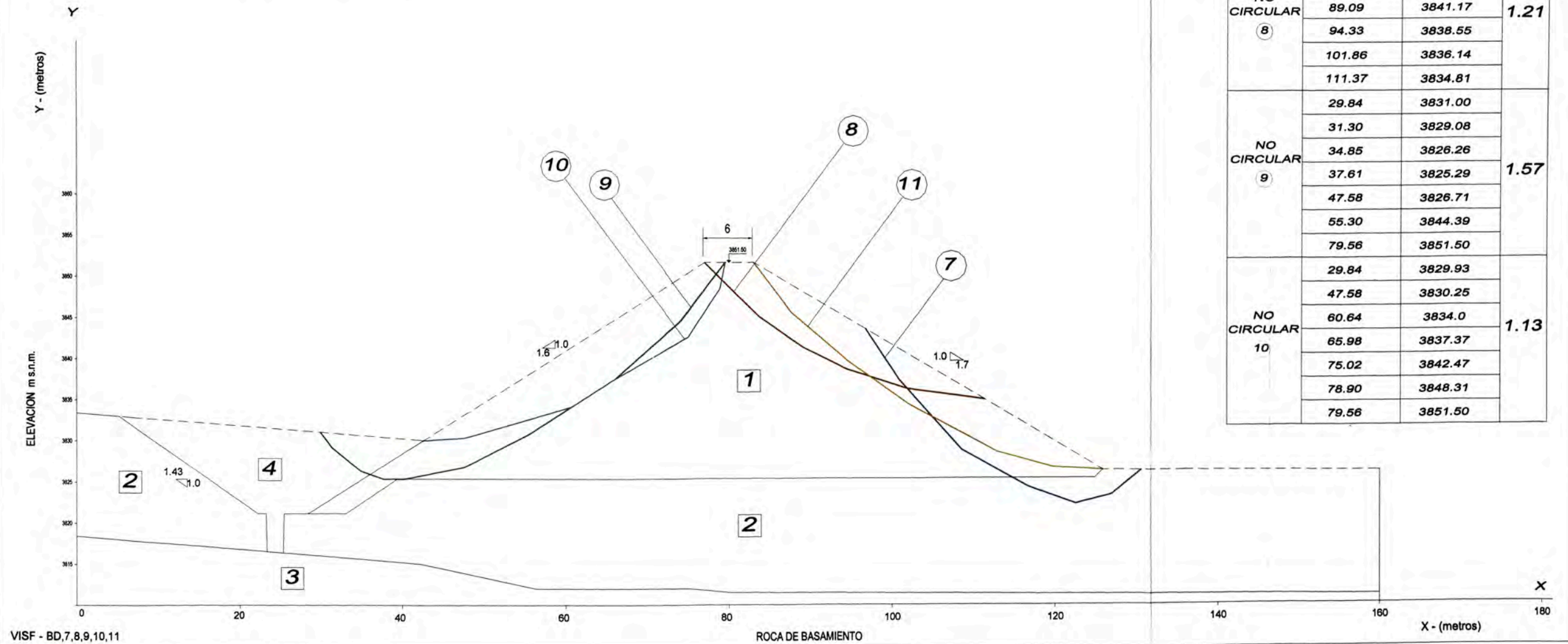
FIGURA A5.12: ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES (JANBU)

PROYECTO : PRESA CFRD CARA DE CONCRETO CON RELLENO COMPACTADO
 UBICACION : PRESA VISCACHANI - PROV : CHUMBIVILCA- DEP: CUZCO
 SECCION ANALIZADA EN : ESTADO PROYECTADO - TALUD AGUAS ARRIBA Y AGUAS ABAJO - ESTATICO Kh= 0.17
 PERFIL TIPICO : VISF-BD7,8,9,10,11

SUELO	DENSIDAD Tn/m3	COHESION Kg/cm2	PHI φ
1	2.20	0.05	37
2	2.25	0.10	30
3	2.60	2.8	40
4	2.20	0.05	34

TIPO FALLA	X mts.	Y mts.	FS
NO CIRCULAR 11	83.0	3851.50	1.10
	87.66	3845.40	
	94.62	3839.48	
	102.09	3834.25	
	112.85	3828.45	
	119.73	3826.58	
	125.90	3826.26	

TIPO FALLA	X mts.	Y mts.	FS
NO CIRCULAR 7	96.76	3843.40	1.31
	100.92	3837.18	
	108.55	3828.68	
	116.64	3824.22	
	122.58	3822.12	
	127.02	3823.26	
	130.61	3826.23	
NO CIRCULAR 8	77.0	3851.50	1.21
	83.66	3844.90	
	89.09	3841.17	
	94.33	3838.55	
	111.37	3834.81	
NO CIRCULAR 9	29.84	3831.00	1.57
	31.30	3829.08	
	34.85	3826.26	
	37.61	3825.29	
	47.58	3826.71	
	55.30	3844.39	
NO CIRCULAR 10	29.84	3829.93	1.13
	47.58	3830.25	
	60.64	3834.0	
	65.98	3837.37	
	75.02	3842.47	
	78.90	3848.31	
	79.56	3851.50	



Cálculo de la Capacidad Portante

Se ha calculado la capacidad portante en el cauce del río y en los estribos derecho y estribo izquierdo.

Capacidad Portante

La presa se cimentará a la profundidad de 1.00 m, apoyados sobre los suelos limos arcillosos con bloques; para este tipo de material el ángulo de fricción interna es de $\phi=30^\circ$, considerando la participación de los bloques con una cohesión de 0.10 Kg/cm^2 .

Luego, considerando la teoría de Karl Terzaghi, la Capacidad Portante Admisible se puede calcular mediante la siguiente relación:

$$q_{ad} = \frac{1}{FS} [cN_c + \gamma' D_f N_q + 0.5 \gamma' B N_\gamma]$$

Peso Volumétrico del Suelo Sumergido	γ'	=	1.25 gr/cm^3
Ancho del cimiento en el eje central	B	=	71.00 m
Profundidad de Cimentación	D_f	=	1.00 m
Factor de Seguridad	FS	=	3.00
Factores Adimensionales en falla local, función de ϕ : $N'_q = 8$, $N'_c = 17$ y $N'_\gamma = 5$			
Reemplazando valores, se obtiene:			

$$q_{ad} = 8.50 \text{ Kg/cm}^2$$

Valor mayor que la presión transmitida de $\sigma = 5.5 \text{ Kg/cm}^2$.

Para la sección con una altura de presa de 15 m, la Capacidad Portante Admisible es de $q_{ad} = 6.60 \text{ Kg/cm}^2$, considerando un ancho de $B=55.0$, presión mayor que la presión transmitida de $\sigma = 3.3 \text{ Kg/cm}^2$.

Cálculo de Asentamiento

Para el cálculo de asentamientos se ha empleado la siguiente relación:

$$\Delta H = \frac{H}{1+e_0} \left[C_c \log \frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma}{\sigma_p} + C_s \log \frac{\sigma_p}{\sigma'_0} \right]$$

$$\Delta H = \frac{14.0}{1+0.90} \left[0.22 \log \left(\frac{0.938+4.95}{1.58} \right) + C_s \log \frac{1.58}{0.938} \right]$$

$$\Delta H = [0.125 + 0.005]$$

$$\sigma'_0 = 0.938 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\Delta\sigma = 4.95$$

$$\sigma_p = 1.58$$

$$C_s = 0.024$$

$$C_c = 0.22$$

$$H = 14.00 \text{ m} \quad \text{Espesor del estrato}$$

$$e_0 = 0.90 \quad \text{Relación de vacíos inicial}$$

$$\Delta H = 96.0 \text{ cms}$$

Conclusiones

- La Presa Vizcachani se ubica en la Distrito de Santo Tomas, Vizcachani, Provincia Chumbivilcas y Departamento de Cusco, entre las siguientes coordenadas: 8393350 N, 814500 E y 8393400 N, 814650 E.
- Luego de los análisis de estabilidad de taludes realizados se concluye que el talud aguas arriba será de 1.6 H : 1.0 V, y el talud aguas abajo 1.7 H :1.0 V.
- El cuerpo de la presa se cimentara a una profundidad mínima de 1.00 m, a fin cortar los suelos orgánicos, raíces y materiales sueltos.
- La excavación necesaria para la construcción del muro de concreto ciclópeo se realizará, considerando el mismo talud de la presa es decir 1.6 H : 1.0V y de 1.43 H: 1.0 V, en la excavación hasta la profundidad máxima de 10.00 m.
- Los factores de seguridad del talud aguas arriba se encuentran comprendidos entre 1.13 -1.57 y talud aguas abajo entre 1.11 – 1.46.
- Los factores de seguridad de los taludes de la excavación para la construcción del muro de concreto ciclópeo están comprendidos entre 1.01 – 1.30.
- Para conformar el cuerpo de la presa se emplearán los suelos gravosos bien graduados del cauce del río mezclados con un 5% de arena y un 15% de arcilla
- La capacidad portante admisible de la presa en el cauce del río es de $q_{ad} = 8.50$ Kg/cm² y de $q_{ad} = 6.60$ Kg/cm² en los estribos, con asentamientos por consolidación de 86.0 cms.

ANEXO A6

GEOFISICA DE REFRACCION SISMICA

Generalidades

El presente Estudio Geofísico tiene como finalidad determinar las estructuras geológicas de la zona donde se construirá la presa Viscachani.

Para tal efecto, ha sido utilizado el método geofísico de *Refracción Sísmica*. La prospección geofísica permitirá determinar las velocidades y los espesores de las estructuras.

Se han realizado 5 refracciones sísmicas (610 m. de longitud), que a su vez han permitido elaborar columnas y un perfil sísmico donde se observan los rasgos geológicos de la zona de estudio.

Objetivos

La Prospección Geofísica, a través del método Sísmico tiene como objetivos determinar:

- Las velocidades y espesores de cada uno de los estratos en la zona de estudio
- La configuración vertical del subsuelo
- El basamento rocoso.

Trabajo de Campo

La ejecución del presente trabajo se llevó a cabo en coordinación con el Ing. Guido Vera, y la supervisión del Ing. Juan Arosquipa del Plan Meriss; asimismo, apoyaron en la labor de campo los pobladores de la zona.

Método Geofísico de Refracción Sísmica

El método de Refracción Sísmica permitirá determinar la secuencia vertical de variaciones en impedancia acústica de la columna litológica afectada por ondas originadas en un punto de impacto, delimitar los espesores y velocidades de los diferentes estratos y determinar en lo posible el basamento rocoso.

Las velocidades sísmicas permiten clasificar los medios elásticos de una manera más clara e independiente del grado de saturación con agua. En general, los métodos de resistividad eléctrica y refracción sísmica pueden ser directamente correlacionables solo cuando los cambios en grado de saturación – salinidad coincide con los cambios de compacidad – densidad.

Descripción y Desarrollo del Método de Refracción Sísmica

Si en la superficie del terreno se dispara una carga explosiva o se aplica un golpe suficientemente fuerte, las ondas elásticas viajarán en todas direcciones, como frentes concéntricos en el punto de tiro. Los frentes de onda al principio tienen arcos de corto radio pero luego van haciéndose cada vez más planos, al punto que en la práctica se considera que son ortogonales a las trayectorias.

La técnica sísmica supone la disponibilidad de sensores o geófonos colocados en línea recta, a distancias crecientes del punto de impacto y que reciben las ondas transformándolas en impulsos eléctricos, posteriormente son amplificadas para llevarlas a niveles adecuados.

Las ondas producidas por un golpe o explosión viajan en todas las direcciones, a velocidades dependientes de la impedancia acústica del medio elástico en que se mueven.

Parte de la energía se disipa en el aire como sonido, a 0.33 Km. /seg. de velocidad; el resto penetra al subsuelo siguiendo trayectorias que son modificadas por los cambios elásticos al pasar de un horizonte sísmico a otro.

Las ondas que rebotan y regresan a la superficie son utilizadas en la técnica de Reflexión Sísmica para estudiar la estructura del subsuelo, previa determinación de las velocidades. Cierta proporción de la energía es refractada por las capas

más profundas y compactas, regresando a la superficie para ser aprovechada por la técnica de Refracción Sísmica.

La característica más notable en refracción sísmica reside en la susceptibilidad de interpretación para calcular velocidades de onda y espesores de los medios elásticos atravesados.

La interpretación y cálculo empieza con la identificación de llegadas de onda a cada geófono y su graficado en curvas de tiempo - distancia, llamadas "dromocronas". Estas curvas están conformadas por segmentos cuyas pendientes son determinadas por las velocidades de las diferentes capas.

Los estudios en refracción se hacen interpretando las llegadas de la onda longitudinal P (primaria o compresión) a los geófonos, la misma que por ser la más rápida puede incidir con claridad en los detectores; las ondas S transversales (secundarias o de corte) son más lentas porque su avance está determinado por movimientos de partículas en un plano no coincidente con la dirección de trayectoria. Las ondas S sólo pueden ser identificadas bajo condiciones especiales de operación y con instrumentos más avanzados que los usados para el caso de las P.

Es necesario indicar que las secciones sísmicas no son propiamente secciones litológicas, sino más bien determinaciones de las variaciones elásticas. El cuadro A6.1 de velocidades de las ondas sísmicas, pueden ser interpretados en función de las características mecánicas del suelo, y que son originadas por cambios de compacidad-densidad. Por consiguiente, para que se cumpla el método de Refracción Sísmica debe existir la condición indispensable de que los horizontes elásticos sean más veloces con la profundidad.

Cuadro A6.1
Velocidad de Ondas Sísmicas y Tipo Característico

Velocidad P en m/seg.	Tipo Característico
150 – 450	Arena suelta seca
300 – 500	Turba en formación, no saturada
400 – 700	Arena no saturada
500 – 900	Arena saturada
600 – 1200	Aluvión suelto, arcilla dura parcial- Mente saturada
1000 – 2000	Aluvión compacto, gravas limos
1500 – 2800	Aluvión con bloques, morrenas
1000 – 2000	Roca extremadamente alterada, suelo saturado
2000 – 3000	Roca muy alterada o fracturada
2000 – 6000	Roca sana
3000 – 3500	Roca poco alterada
3500 – 4000	Sedimentaria o volcánica compact
4000 – 5500	Intrusiva compacta

Equipo sísmico utilizado

El equipo utilizado es un Sismógrafo BISON modelo 1580 Signal Enhancement Seismograph de seis canales; cada canal tiene su propio amplificador y la señal es observada en una antalla.

Accesorios:

- Un martillo de 25 lbs. con un Switch.
- Cables eléctricos
- Seis geófonos digitales con sus conectores.
- Una batería de seis voltios.

Interpretación Sísmica

Los datos se analizaron fijando las primeras llegadas de la onda P, en milisegundos a cada uno de los geófonos. Este proceso es relativamente sencillo

para distancias cortas a partir del punto de tiro, pero se hizo progresivamente más difícil en los tramos alejados, debido a la atenuación de altas frecuencias y a la ocurrencia predominante de largas longitudes de ondas. Este problema es normal y ocurre siempre, salvo casos especiales de buena transmisión de frecuencias altas

En los perfiles de refracción sísmica 1, 2, 3, 4 y 5 (Figuras A6.1, al A6.10) de este informe, se muestran las dromocronas preparadas sobre la base de las llegadas de onda. Los puntos de impacto están indicados en el origen de las curvas de tiempo - distancia.

Adquisición de Datos en Campo

Considerando la topografía, dimensión y condiciones del terreno ha sido posible ejecutar cinco perfiles sísmicos longitudinales, no realizándose transversales al eje, debido a que existe en superficie material volcánico altamente fracturado, imposibilitando la ubicación de los sensores sísmicos. La ubicación de éstos se muestra en el Plano G-02 del Anexo A9.

Los perfiles de refracción sísmica tienen una longitud variable, como se ilustra en el Cuadro A6.2

Cuadro A6.2
Longitud Superficial de los Perfiles Sísmicos

Perfil Sísmico N°	Longitud superficial del tendido (m.)
1	130
2	110
3	130
4	130
5	110

Análisis de los Resultados Sísmicos

Los perfiles sísmicos 1, 3, 4 y 5 se encuentran ubicados en el vaso de la presa proyectada y el segundo perfil en el lecho del eje de la presa; no se pudo realizar pruebas perpendiculares a la presa proyectada, por las condiciones topográficas

existentes, donde se observó que afloraban materiales volcánicos fracturados en ambos flancos.

a) Perfil Sísmico 1, Margen Izquierda del Vaso (Aguas Abajo)

Se encuentra ubicado en la margen izquierda del río Viscachani, en donde se determinó cuatro estructuras; la primera presenta una velocidad de 200.00 m/seg. Con un espesor de 0.37m., que se relacionaría con materiales orgánicos en matriz limo-arcilloso.

La segunda estructura tiene una velocidad de 700.00m/seg. y un espesor de 1.97m., ésta estructura corresponde a materiales areno gravosos con limos y arcillosa.

La tercera estructura con una velocidad de 2500.00m/seg. y espesor de 10.53m., se relaciona con el basamento rocoso compuesto por roca volcánica moderadamente fracturada.

La cuarta estructura determinada tiene una velocidad de 2900.00m/seg., guarda relación con material volcánico más competente.

Cuadro A6.3

Velocidades del Perfil Sísmico 1

PRS	CAPA 1		CAPA 2		CAPA 3		CAPA 4		TOTAL
	V ₁ (m/seg)	Z ₁ (m)	V ₂ (m/seg)	Z ₂ (m)	V ₃ (m/seg)	Z ₃ (m)	V ₄ (m/seg)	Z ₄ (m)	ΣZ (m)
1	200.00	0.37	700.00	1.97	2500.00	10.53	2900.00		12.87

PRS. Perfil de Refracción Sísmica

V₁, V₂,... Velocidad de los diferentes horizontes

Z₁, Z₂,... Espesores de los diferentes horizontes

ΣZ Sumatoria de los espesores

b) Perfil Sísmico 2, en el Eje de Presa (Lecho Del Río)

En el lecho del río se efectuó únicamente un perfil sísmico, en donde se determinó tres horizontes refractores.

El primero tiene una velocidad de 650.00m/seg. y un espesor de 0.70m que corresponde a material orgánico y fluvio aluvial: limo - arcilloso y areno - gravoso.

El segundo horizonte presenta una velocidad de 1911.76m/seg. con un espesor de 15.04m., se relaciona con material limo - arcilloso con clastos de roca volcánica en estado húmedo subyaciendo a la estructura anterior, se localiza el basamento rocoso moderadamente fracturado con una velocidad de 2666.66m/seg.

Cuadro A6.4

Velocidades del Perfil Sísmico 2

PRS	CAPA 1		CAPA 2		CAPA 3		CAPA 4		TOTAL
	V ₁ (m/seg)	Z ₁ (m)	V ₂ (m/seg)	Z ₂ (m)	V ₃ (m/seg)	Z ₃ (m)	V ₄ (m/seg)	Z ₄ (m)	ΣZ (m)
2	650.00	0.70	1911.76	15.04	2666.66				15.74

PRS. Perfil de Refracción Sísmica

V₁, V₂,... Velocidad de los diferentes horizontes

Z₁, Z₂,... Espesores de los diferentes horizontes

ΣZ Sumatoria de los espesores

c) Perfil Sísmico 3 Y 4 Margen Derecha del Vaso (Aguas Abajo)

En esta margen se realizaron dos Perfiles Sísmicos 3 y 4, donde se presentan cuatro horizontes refractados.

El primer horizonte tiene una velocidad entre 185m/seg. a 258.62m/seg., con un espesor de 0.87m., que corresponde a material orgánico limo arcilloso.

El segundo horizonte en el perfil sísmico 3, presenta una velocidad de 1333.33 m/seg. con un espesor de 4.01m., se relaciona con materiales fluvió aluviales: arena gravosos con material limo arcilloso semicompacto (saturado). Este horizonte no ha sido determinado en el perfil sísmico 4.

Subyaciendo al segundo horizonte del perfil sísmico 3 y al primero del perfil 4 se tiene velocidades de 1823.53m/seg. a 1857.14m/seg., con espesores de 8.67m. a 11.73m. que guarda relación con material limo – arcilloso con bloques de roca volcánica (en estado húmedo).

El cuarto horizonte refractor en el perfil sísmico 3 presenta una velocidad de 2450.00m/seg., asociado al basamento rocoso de naturaleza volcánica.

El tercer horizonte del cuarto perfil sísmico tiene una velocidad de 3235.29m/seg. con un espesor de 15.39m que corresponde a roca intrusiva poco alterada.

Subyaciendo al horizonte anterior, se tiene una velocidad de 6666.67m/seg. que se relaciona a la roca intrusiva compacta.

Cuadro A6.5

Velocidades de los Perfiles Sísmicos 3 Y 4

PRS	CAPA 1		CAPA 2		CAPA 3		CAPA 4		TOTAL
	V ₁ (m/seg)	Z ₁ (m)	V ₂ (m/seg)	Z ₂ (m)	V ₃ (m/seg)	Z ₃ (m)	V ₄ (m/seg)	Z ₄ (m)	ΣZ (m)
3	185.70	0.87	1333.33	4.01	1857.14	11.73	2450.00		16.61
4	258.62	0.87	1823.53	8.67	3235.29	15.39	6666.67		24.93

PRS. Perfil de Refracción Sísmica

V₁, V₂,... Velocidad de los diferentes horizontes

Z₁, Z₂,... Espesores de los diferentes horizontes

ΣZ Sumatoria de los espesores

d) Perfil Sísmico 5, Parte Central del Vaso

Se encuentra ubicado aproximadamente en la parte central, es decir, entre la refracción sísmica 1 y 3 en donde se determinó cuatro estructuras:

La primera presenta una velocidad de 222.22m/seg. y un espesor de 1.03m., se relaciona con materiales orgánicos en matriz limo-arcilloso.

La segunda estructura tiene una velocidad de 750.00m/seg. y un espesor de 2.83m., ésta estructura correspondería a materiales fluvio aluviales: arena gravosos, con limos y arcillas (saturado).

Una tercera estructura, presenta una velocidad de 1275.18m/seg. con un espesor de 6.89m., se relaciona con materiales aluviales: gravas, arenas en matriz limo arcillosa semicompacto (saturado).

Subyaciendo a la tercera estructura se tiene una velocidad de 1954.55m/seg. que guarda relación con material limo arcillos y clastos volcánicos.

Cuadro A6.6
Velocidad del Perfil Sísmico 5

PRS	CAPA 1		CAPA 2		CAPA 3		CAPA 4		TOTAL
	V ₁ (m/seg)	Z ₁ (m)	V ₂ (m/seg)	Z ₂ (m)	V ₃ (m/seg)	Z ₃ (m)	V ₄ (m/seg)	Z ₄ (m)	ΣZ (m)
5	222.22	1.03	750.00	2.83	1275.18	6.89	1954.55		10.75

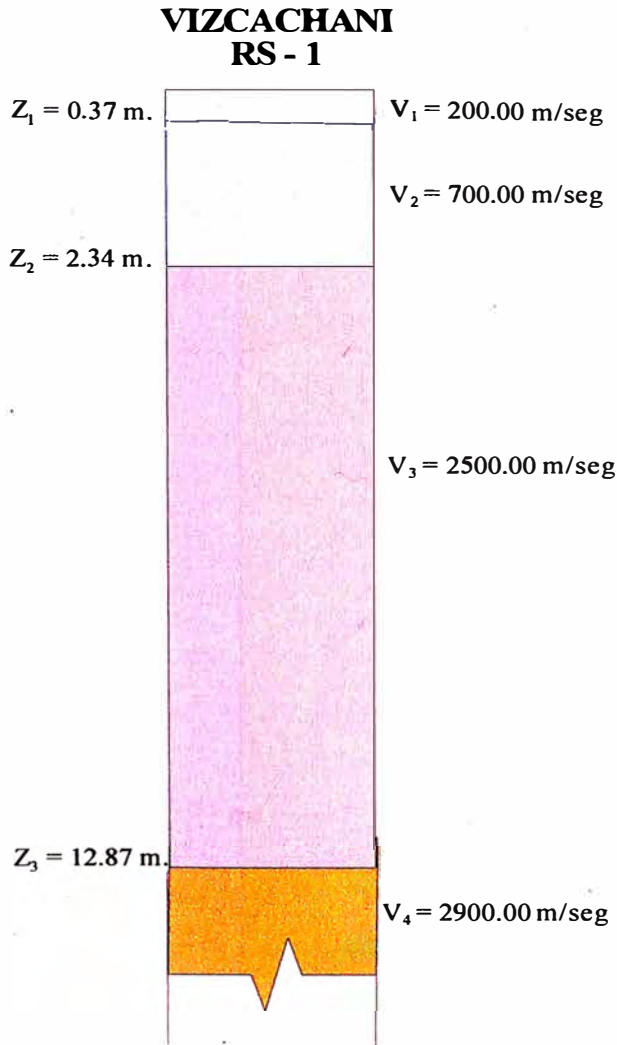
PRS. Perfil de Refracción Sísmica

V₁, V₂,... Velocidad de los diferentes horizontes

Z₁, Z₂,... Espesores de los diferentes horizontes

ΣZ Sumatoria de los espesores

Figura A6.1: Perfil Sísmico 1, Margen Izquierdo (Aguas Abajo)



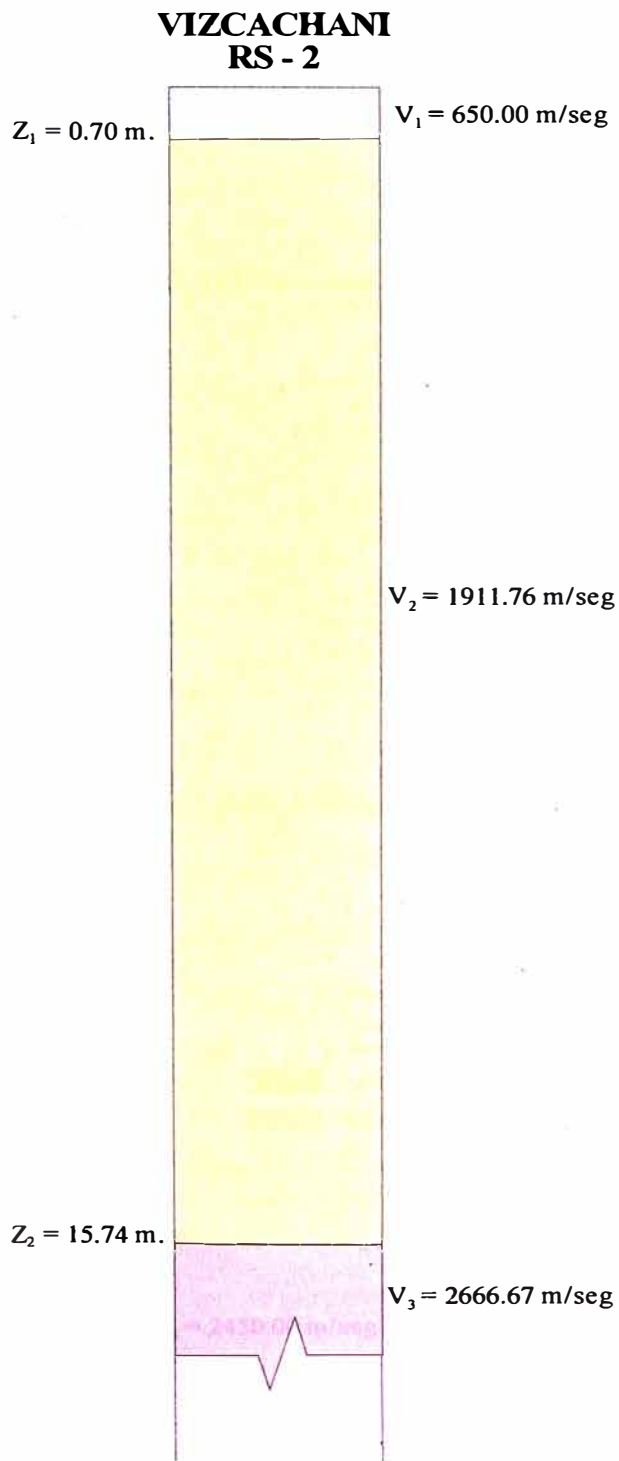
Leyenda

- Materiales orgánicos fluvio aluviales no compactos
- Materiales aluviales: arenas y gravas en matriz areno limosa
- Roca volcánica moderadamente fracturada (basamento rocoso)
- Roca volcánica (sana)

$Z_1 \dots =$ Profundidad
 $V_1 \dots =$ Velocidad

Coordenadas de ubicación
 UTM
 E=814583.02
 N=8393329.28

Figura A6.2: Perfil Sísmico, 2 Eje de Presa



Leyenda

- Materiales aluviales: gravas angulosas a subangulosas en matriz areno limosa
- Material limo arcilloso con bloques de roca
- Roca volcánica moderadamente fracturada (basamento rocoso)

$Z_1 \dots =$ Profundidad
 $V_1 \dots =$ Velocidad

Figura A6.3: Perfil Sísmico 3, Margen Derecha (Aguas Abajo)

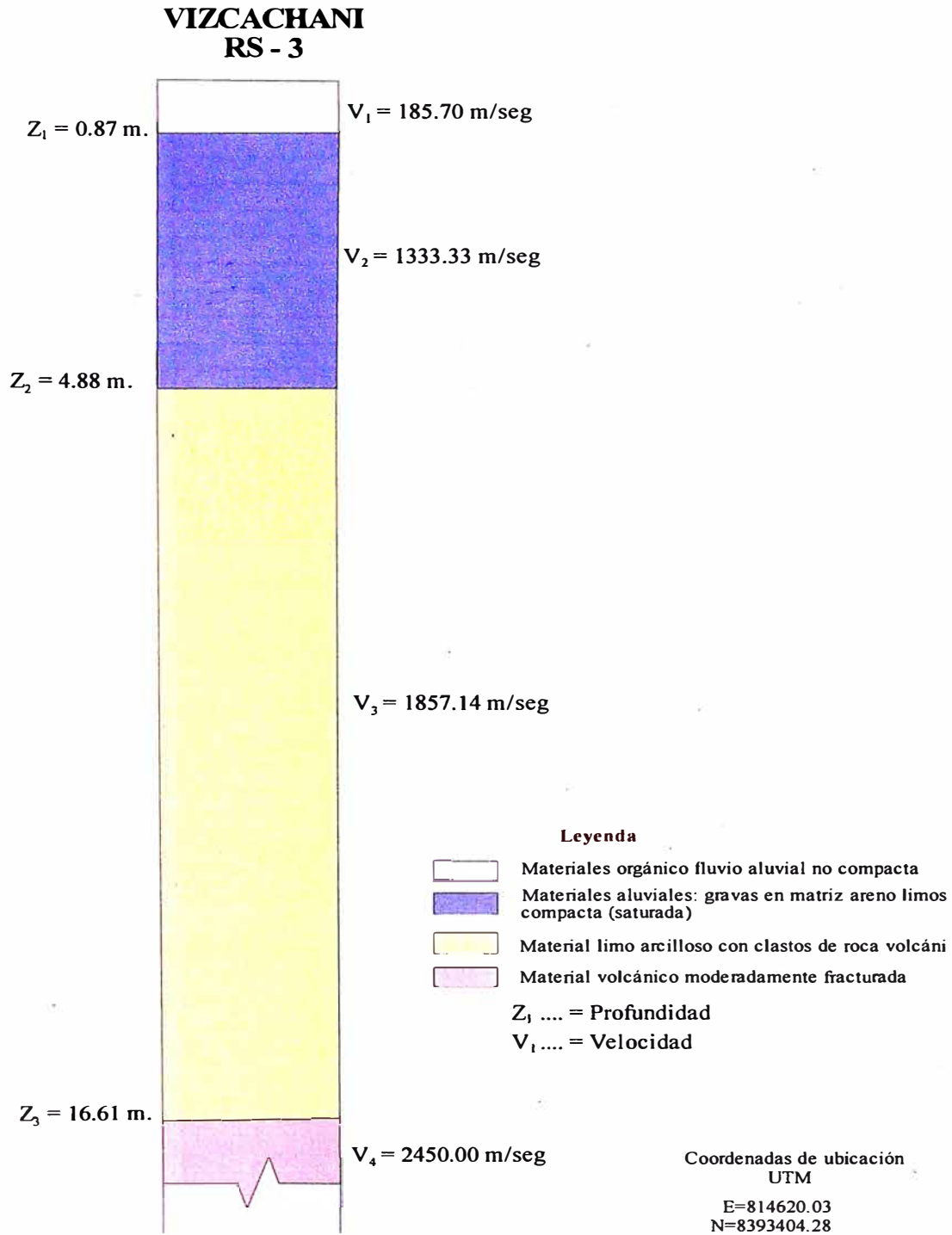


Figura A6.4: Perfil Sísmico 3, Margen Derecha (Aguas Abajo)

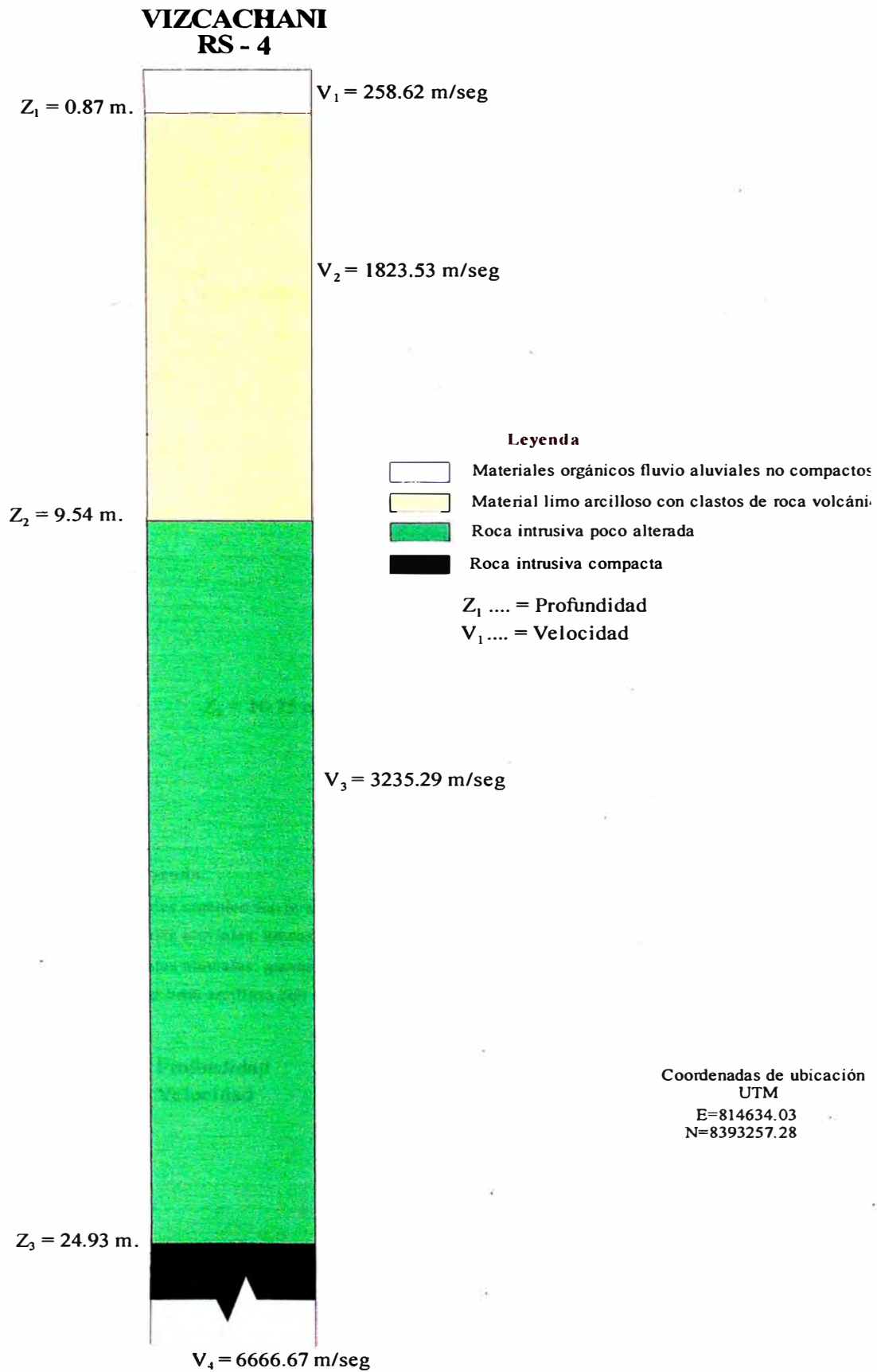
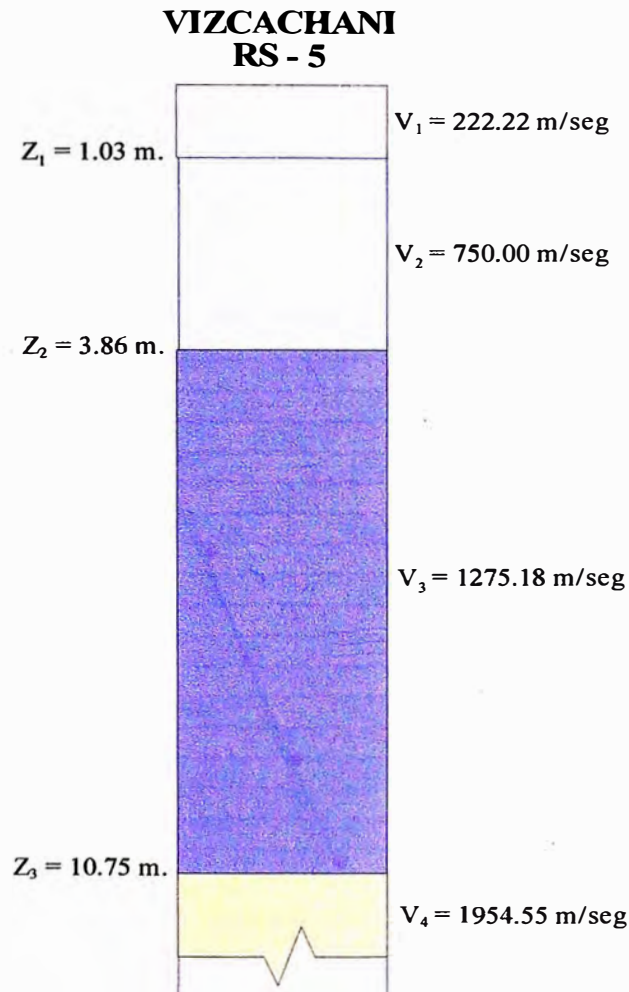


Figura A6.5: Perfil Sísmico 5, Parte Central del Vaso



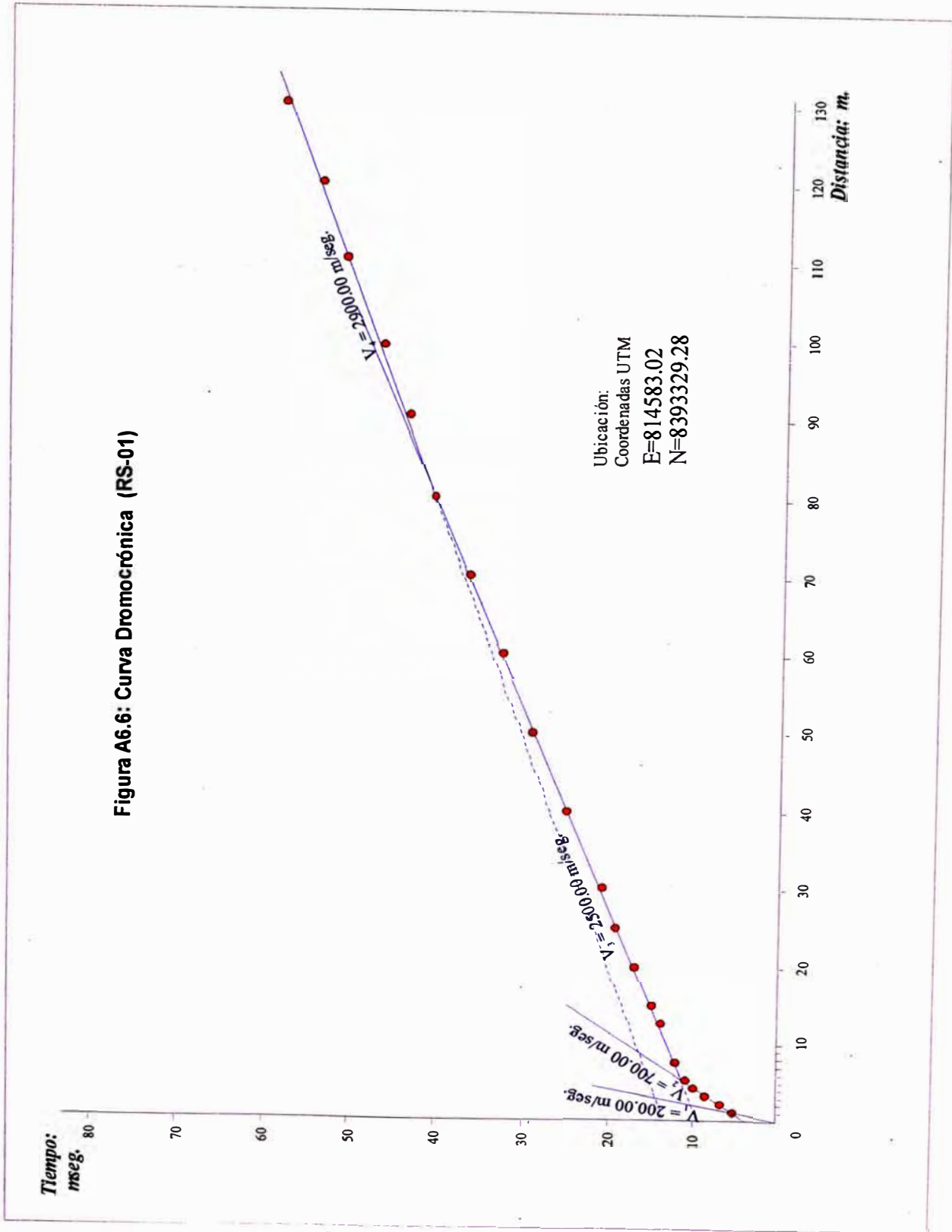
Leyenda

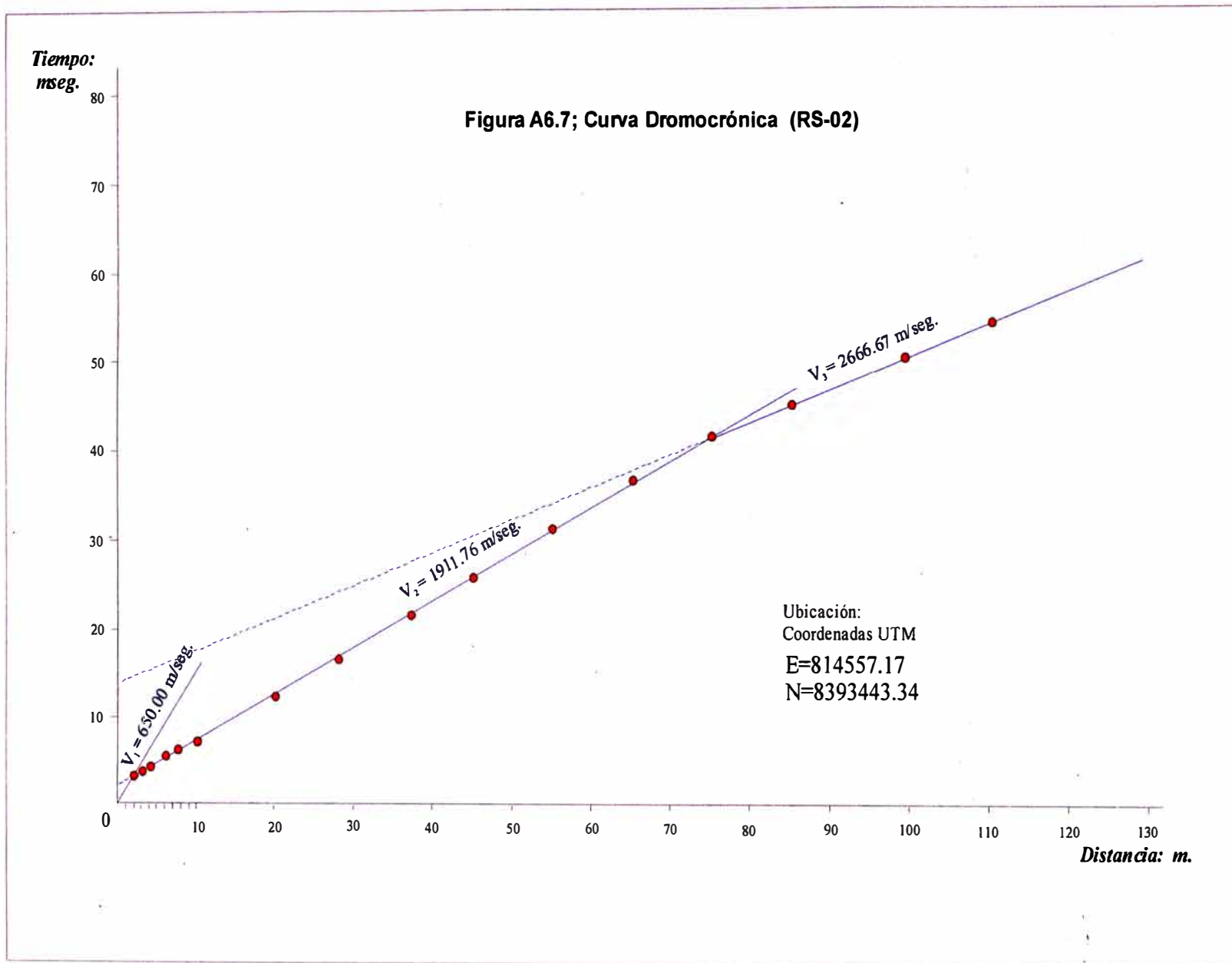
- Materiales orgánico fluvio aluviales no compactos
- Materiales aluviales: arenas, gravilas y gravas en matriz areno limosa (saturado)
- Materiales aluviales: gravas, arenas en matriz areno limosa (saturado)
- Material limo arcilloso con clastos de roca volcánica (húmedo)

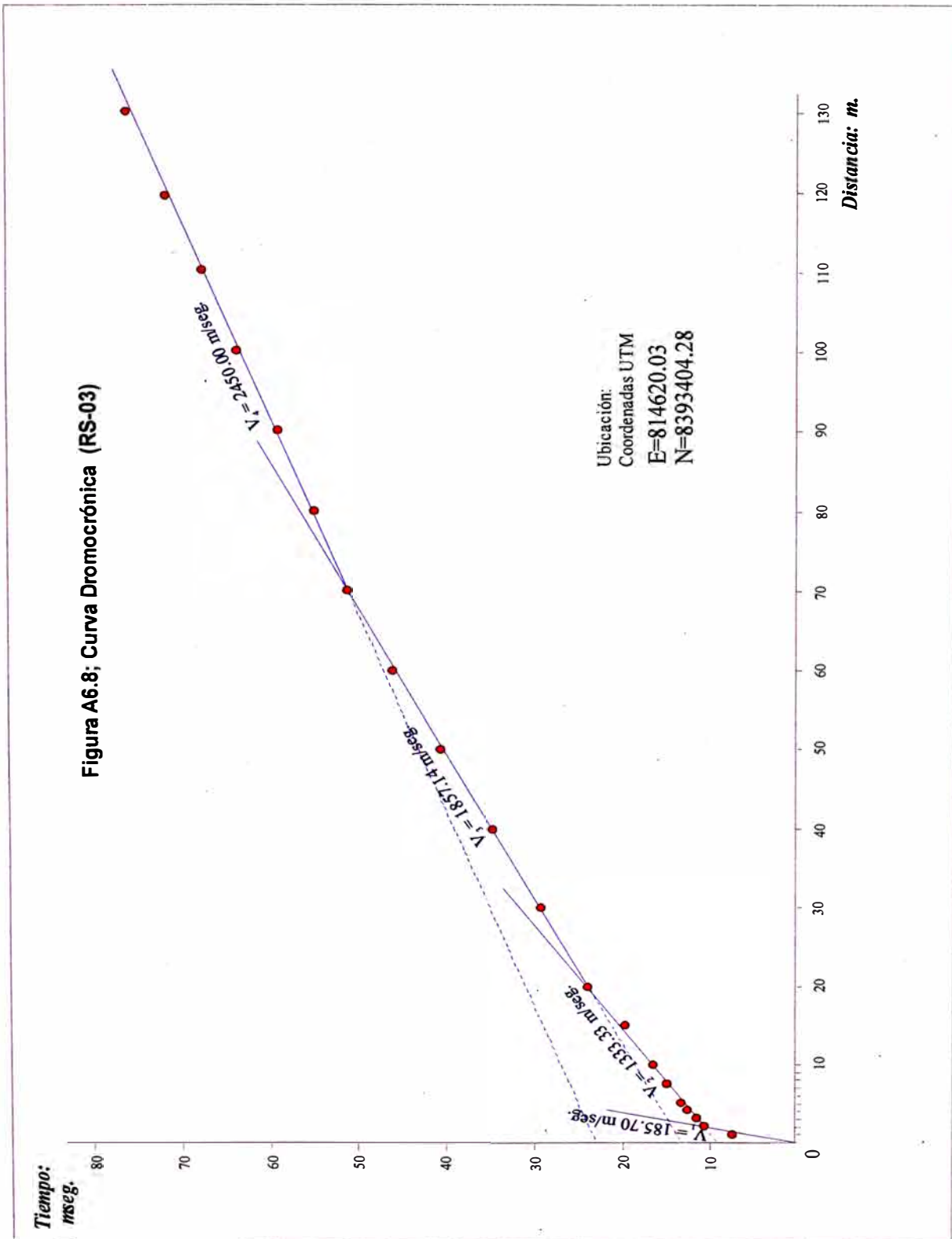
$Z_1 \dots$ = Profundidad
 $V_1 \dots$ = Velocidad

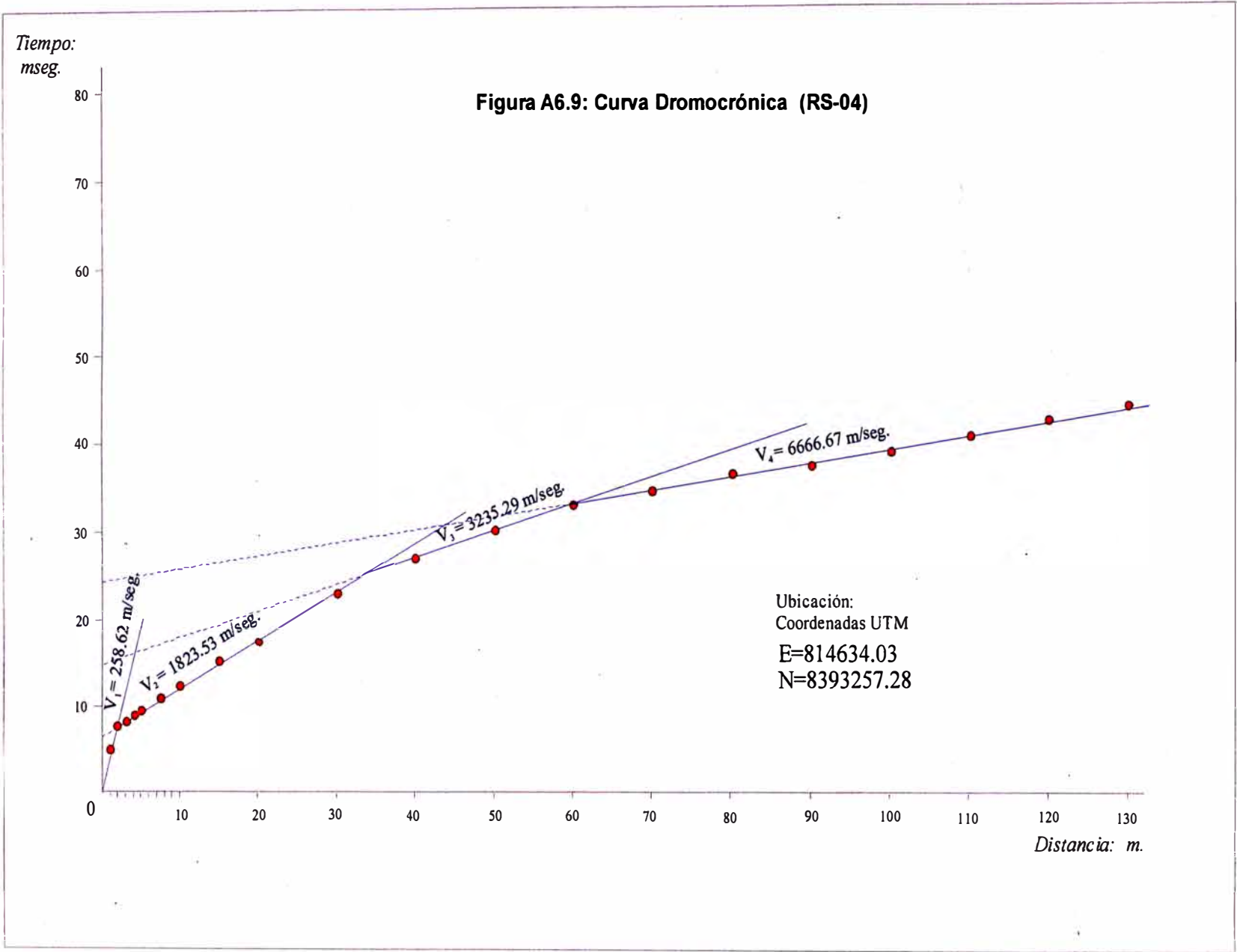
Coordenadas de ubicación
 UTM
 E=814600.03
 N=8393371.28

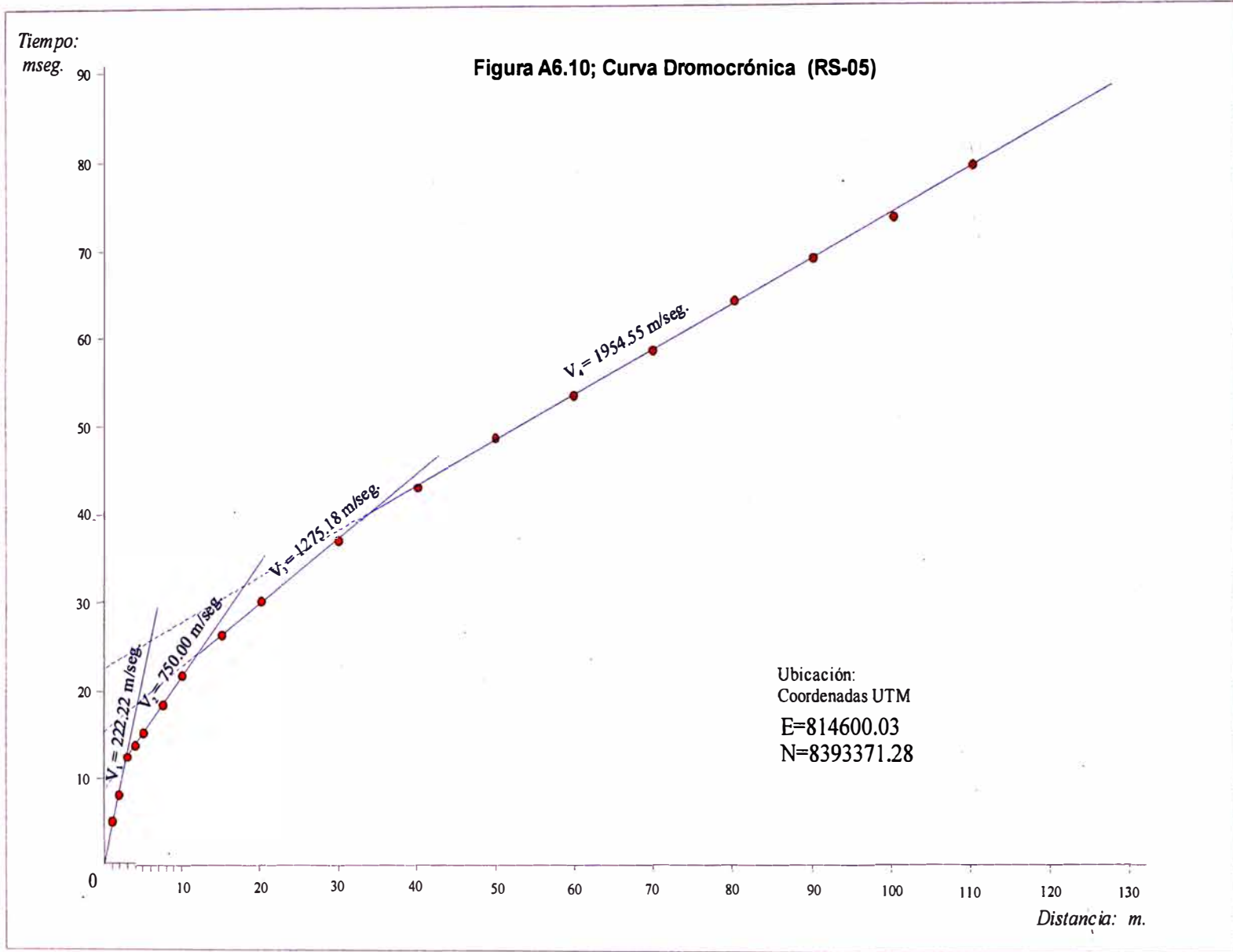
Figura A6.6: Curva Dromocrónica (RS-01)











Interpretación de las Secciones Sísmicas

Sección A-A' Transversal al Vaso

En la sección sísmica (Figura N° A6.11), se ha determinado cuatro estructuras principales bien definidas:

La primera correspondería a un suelo constituido por material orgánico, fluvio aluviales no compactos,

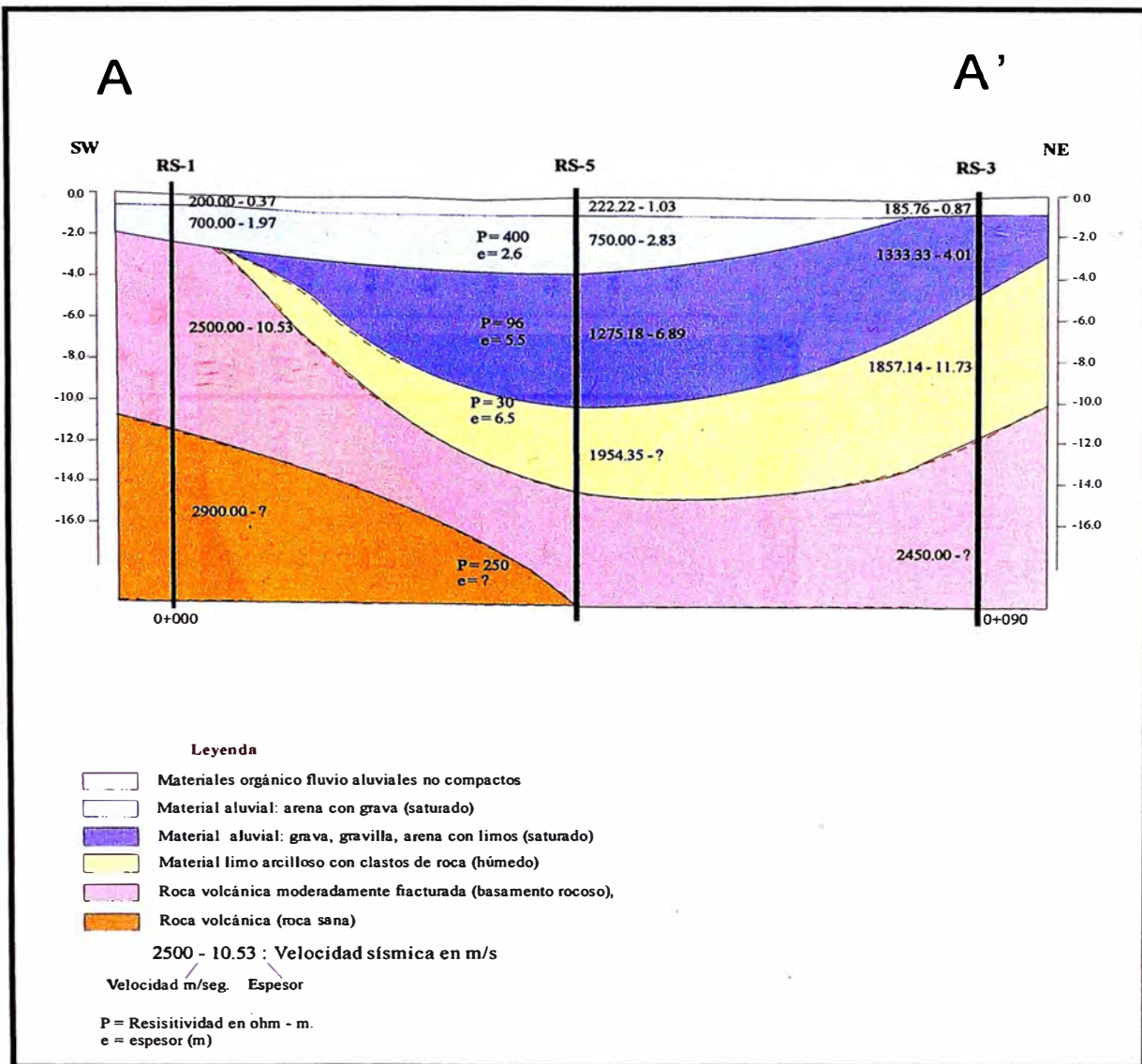
La segunda estructura solamente se presenta en RS-1 y RS-5, constituido por materiales aluviales: arenas y gravas en matriz areno-limosa,

En RS-5 (tercera estructura) y en RS-3 (segunda estructura), corresponde también a materiales aluviales constituido por: gravas, gravilla, arena en matriz limo – arcillosa.

Subyaciendo a los depósitos aluviales, se observa velocidades de 1859.14 y 1954.55 m/seg., que se relaciona a material limo arcilloso con clastos volcánicos. Su espesor en RS-5 es de 6.5 m (aprox.) este valor ha sido proporcionado de los resultados del sondaje eléctrico realizado en este punto.

En RS-1 (tercera estructura) y RS-3 (cuarta estructura) se tiene el basamento rocoso moderadamente fracturado.

Figura A6.11: Perfil Sección Sísmica (A-A') Transversal al Vaso



Seccion B-B' Longitudinal al Lecho del Río (Figura A6.12)

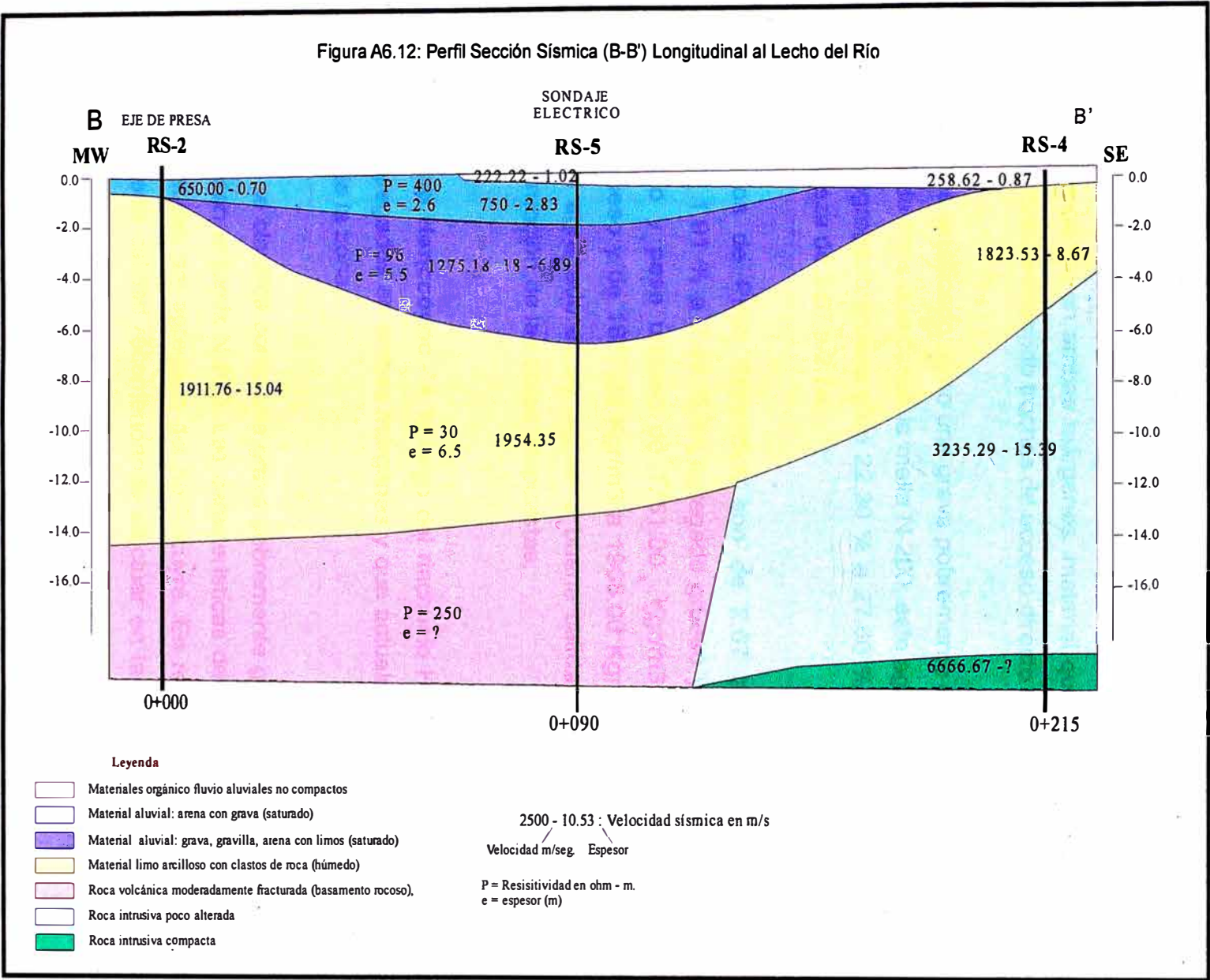
En este sentido se observa, que el basamento rocoso se localiza a una profundidad de 15 m., aproximadamente. Litológicamente estaría compuesto por la roca volcánica que aflora en los flancos de la boquilla y vaso de la presa proyectada.

Sobreyaciendo a esta estructura se ubica sedimentos limo – arcillosos con bloques de roca en estado húmedo. Su espesor es de 15 m aproximadamente en el eje de presa, disminuyendo hacia el vaso.

Seguidamente se ubica un deposito acuifero de origen aluvial compuesto por grava, gravilla, arena con limos, su espesor es mayor en el vaso (6.8 m).

Finalmente en superficie se presentan materiales de origen fluvio – aluvial.

Figura A6.12: Perfil Sección Sísmica (B-B') Longitudinal al Lecho del Río



ANEXO A7 CANTERAS

Canteras de Material de Construcción.

Cantera de Agregados.

Playas del Río Tucuyre.- A lo largo del cauce del río Tucuyre existen amplias playas de agregados en ambos márgenes, material que actualmente es utilizado por los pobladores, existiendo trochas de acceso directo para su explotación.

El agregado es clasificado como una grava pobremente graduada (GP) con un 1.90 % a 2.70 % de finos que pasan la malla N-200, este agregado tiene un 72.40 % a 77.70 % de agregado grueso y un 22.30 % a 27.60 % de agregado fino, con un módulo de fineza de 2.67 a 2.74.

Los resultados de Peso Específico son de 2.67 a 2.85; el Porcentaje de absorción de 1.91 % a 2.49 % en agregado grueso y del 2.29 % a 2.69 % en agregado fino y peso unitario de 1751.00 Kgr/m³ a 1812.00 Kgr/m³ para agregado grueso y de 1887.00 Kgr/m³ a 1908.00 Kgr/m³ en agregado fino. En conclusión el agregado es de regular a buena calidad, con volumen suficiente para la construcción de las obras propuestas.

Playas del río Hanccoyoc.- A lo largo del riachuelo Hanccoyoc se han formado playas de agregados en ambos márgenes y que actualmente es explotado por los comuneros de la zona.

El agregado se clasifica como una grava pobremente graduada con un 1.59 % de finos que pasan el tamiz N-200. Las características del agregado son similares a las características del agregado del río Tucuyre. En resumen el agregado es de regular a buena calidad recomendando efectuar en la etapa de construcción los ensayos especiales que no se realizaron en la etapa de estudio.

Se analizó las muestras de cantera de agregado V-0 y de arena V-3 del Río Hanccoyoc-Vaso y la muestra de material fino resultante de la mezcla de los

pozos V-12, M-1 y V-2 - M-2 (ver plano de canteras UC-01 del Anexo A9), estas muestras presentan los siguientes resultados:

Cuadro A7.1
Resultados Ensayos de Laboratorio

MALLA	AGREGADO GRUESO	ARENA	MATERIAL FINO
3"	100.0		
2"	78.6		
1 1/2"	75.0	100.0	
1"	65.0	86.6	
3/4"	59.3	82.7	
1/2"	50.6	78.1	100.0
3/8"	44.6	75.8	99.6
1/4"	36.8	72.3	98.9
Nº 4	33.5	71.0	98.4
Nº 8	26.7	68.0	96.1
Nº 16	21.0	64.1	94.6
Nº 25	15.2	55.6	87.2
Nº 50	5.7	21.2	76.6
Nº 100	1.2	2.9	72.9
Nº 200	0.9	1.8	71.8
LL	---	---	30.64
LP	---	---	22.60
IP	N.P.	N.P.	8.04
SUCS	GW	SP	CL

Elaboración: Plan Meriss Inka.

Luego se procedió a efectuar los ensayos de Proctor Modificado y ensayos de Corte Directo Remoldeados al 100% de la Máxima Densidad Seca del Proctor Modificado, con partículas menores de 3/8", obteniéndose los siguientes resultados que mostramos en el Cuadro A7.2.

Cuadro A7.2
Características Físico Mecánicas
Canteras de Material de Préstamo

PROYECTO : SANTO TOMAS

CALICATA ZONA	M. #	ANALISIS GRANULOMETRICO %			LIMITES DE CONSISTENCIA %			CLASIF. SUELOS SUCS	C.P. MODIFICADO		CORTE DIRECTO	
		GRAVA	ARENA	L.Y/O A.	LL	LP	IP		D.MAX gr/cm3	C.O.HUM %	C=Kg/cm2	ANGULO GRADOS
AGREGADO	1	66.50	32.60	0.90	NP	NP	NP	GW				
ARENA	1	29.00	69.20	1.80	NP	NP	NP	SP				
FINO C-12 M-1+ C-2M-2	1	1.60	26.60	71.80	30.64	22.60	8.04	CL				
MEZCLAS ACTUALES DE AGREGADO + MATERIAL DE PRESTAMO FINO EN LAS PROPORCIONES INDICADAS												
MEZCLA 1 (70,10,20)	1	67.70	17.00	15.30	27.50	20.10	7.40	GC	2.20	9.40	0.21	34
MEZCLA 2 (80,5,15)	1	74.20	13.30	12.50	27.00	19.89	7.11	GC	2.213	8.20	0.13	38
MEZCLA 3 (70,15,15)	1	69.10	18.60	12.30	26.60	19.60	7.00	GC	2.162	8.70	0.28	35
MEZCLAS ANTERIORES DE AGREGADO + MATERIAL DE PRESTAMO FINO EN PROPORCION 3:1 Y 4:1												
A+V-12 (3:1)	1	50.70	29.60	19.70	28.56	21.10	7.46	GC	2.176	9.07	0.221	29
A+V-2 (4:1)	1	47.50	44.80	7.70	29.85	22.65	7.20	GP-GC	2.106	5.45	0.095	31

Elaboración: Plan Meriss Inka

De donde se desprende que con la Mezcla N° 2 consistente en 80% de agregado grueso, 5% de arena, 15 % de arcilla, se obtiene parámetros de resistencia al esfuerzo cortante de:

Cohesión (C) = 0.13 Kgs/cm²

Angulo de Fricción Interna (ϕ) = 38°

Con la siguiente clasificación:

Cuadro A7.3
Clasificación Mezcla N° 2

MALLA	% que Pasa
1 1/2"	100
1"	80.3
3/4"	67.5
1/2"	47.3
3/8"	41
1/4"	29.4
N° 4	25.8
N°10	21.7
N° 20	20.3
N° 40	19
N° 60	15.1
N° 100	12.9
N° 200	12.5

LL	27
LP	19.89
IP	7.11
SUCS	GC

Elaboración: Plan Meriss Inka

Considerando que en la conformación del cuerpo de la represa se emplearán partículas de 3" de tamaño máximo, los valores empleados en el diseño de $\phi=37^\circ$ y cohesión de $C=0.05 \text{ Kg/cm}^2$, se llegarán a encontrar sin ningún problema.

ANEXO A8: PANEL FOTROGRAFICO



Foto 1: Zona del vaso de la Presa Vizcachani.



Foto 2: Vista del vaso desde la boquilla.



Foto 3: Abundante material fluvio aluvial en el reservorio, el cual será usado para el cuerpo de la presa.



Foto 4: Entrada a la boquilla vista desde la zona del vaso.



Foto 5: Zona de la boquilla constituida por rocas Basálticas y Andesíticas.



Foto 6: Zona donde termina el canal del vertedero de demasías.



Foto 7: Equipo de perforación diamantina en el estribo derecho del eje de la Presa Vizcachani.



Foto 8: Perforación diamantina en el eje de la Presa Vizcachani.

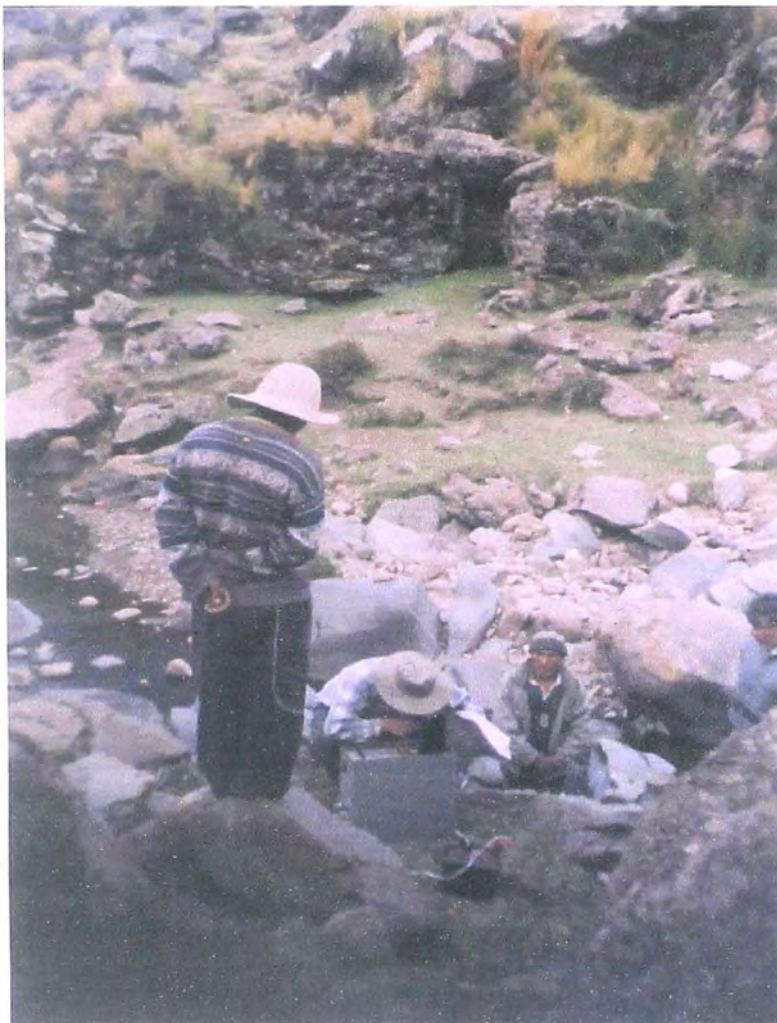


Foto 9: Estudio Geofísico realizado en el eje de la Presa Vizcachani.



Foto 10: Estudio Geofísico realizado en la zona del vaso de la Presa Vizcachani.



Foto 11: Vista de la boquilla de Presa Vizcachani y el equipo de perforación en el estribo izquierdo.