



**OFICINA TECNICA NACIONAL DE LOS RIOS  
PILCOMAYO Y BERMEJO**

**“PROYECTO DE RIEGO CALDERAS  
DISEÑO FINAL”**

**TOMO I  
MEMORIA TÉCNICA**



## MEMORIA TÉCNICA

### INDICE

#### **FICHA TECNICA**

<b>FICHA TECNICA DEL SISTEMA DE RIEGO DE CALDERAS .....</b>	<b>2</b>
UBICACIÓN.	2
CUENCA DE APORTE DIRECTO EN LA SECCIÓN PRINCIPAL DE LA PRESA CALDERAS.	2
CRECIDAS DE DISEÑO DEL RÍO CALDERAS.	2
CUENCA INDIRECTA DEL RÍO YESERA EN LA SECCIÓN DE LA OBRA DE TOMA EN EL RÍO YESERA	3
CRECIDAS DE DISEÑO DEL RÍO YESERA.	3
EMBALSE DE CALDERAS.	3
PRESA CALDERAS.	3
ALIVIADERO DE SUPERFICIE.	4
DESAGÜE DE FONDO.	4
TOMAS PARA RIEGO	5
VOLÚMENES DE OBRA DE LA PRESA CALDERAS.	5
AZUD DERIVADOR DE YESERA.	6
CANALES DE RIEGO.	6
VOLÚMENES DE OBRA DE LA TOMA Y LOS CANALES: DE TRASVASE, PRIMARIOS Y SECUNDARIOS.	6
<b>CAPITULO 1:.....</b>	<b>7</b>
<b>INTRODUCCIÓN. ....</b>	<b>7</b>
1.1. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO DE RIEGO DE CALDERAS.	7
1.2. DOCUMENTOS DEL PROYECTO EN NIVEL DE DISEÑO FINAL.	7
1.3. DOCUMENTACIÓN COMPLEMENTARIA DISPONIBLE.	10
<b>CAPITULO 2:.....</b>	<b>12</b>
<b>TRABAJOS Y ESTUDIOS BASICOS. ....</b>	<b>12</b>
2.1. TOPOGRAFÍA.	12
2.2. INVESTIGACIONES GEOLÓGICAS Y GEOTÉCNICAS.	13
2.3. MATERIALES DISPONIBLES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA.	14
2.4. ESTUDIO DE AVENIDAS.	17
2.5. LAMINACIÓN DE AVENIDAS.	25
<b>CAPITULO 3:.....</b>	<b>27</b>
<b>OBRAS DEL SISTEMA DE RIEGO DE CALDERAS.....</b>	<b>27</b>
3.1. PRESA.	27
3.2. ALIVIADERO DE SUPERFICIE.	28
3.3. DESAGÜE DE FONDO.	31
3.4. TOMAS PARA RIEGO.	33
3.5. AZUD DE DERIVACIÓN EN EL RÍO YESERA.	39
3.6. CANAL DE TRASVASE.	39
3.9. AUSCULTACIÓN.	42
3.10. TRATAMIENTO DEL TERRENO.	45
3.11. INSTALACIONES ELÉCTRICAS.	46
3.12. CAMINO DE ACCESO.	47
<b>CAPITULO 4:.....</b>	<b>49</b>
<b>COMPUTOS, PRECIOS UNITARIOS, PRESUPUESTOS Y CRONOGRAMA DE CONSTRUCCIÓN .....</b>	<b>49</b>
4.1. COMPUTOS.	49
4.2. PRECIOS UNITARIOS.	49
4.3. PRESUPUESTOS.	50
4.4. CRONOGRAMA DE CONSTRUCCIÓN.	51



## FICHA TECNICA DEL SISTEMA DE RIEGO DE CALDERAS

### UBICACIÓN.

CURSO DE AGUA:	RÍO CALDERAS
CUENCA DIRECTA:	RÍO CALDERAS
CUENCA DE APOORTE INDIRECTO:	YESERA Cuyas aguas se conducirán por un canal de trasvase al embalse del río Calderas.
LOCALIDAD:	YESERA SUR
PROVINCIA:	CERCADO
DEPARTAMENTO:	TARIJA
COORDENADAS GEOGRÁFICAS:	SUR: 21° 24' a 21° 33' OESTE: 64° 32' a 64° 38'
SUPERFICIE DE LA CUENCA DE CALDERAS:	30,46 km <sup>2</sup>
ALTITUD MEDIA DE LA CUENCA DEL RÍO CALDERAS:	2.475 m snm
PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL:	585,2 mm
ESCORRENTÍA Y CAUDAL MEDIO ANUAL:	Escorrentía media anual: 121,2 mm Caudal medio anual: 0,117 m <sup>3</sup> /s
SUPERFICIE DE LA CUENCA DEL RÍO YESERA:	107,33 km <sup>2</sup>
PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL:	652,0 mm
ESCORRENTÍA Y CAUDAL MEDIO ANUAL:	Escorrentía media anual: 184,0 mm Caudal medio anual: 0,626 m <sup>3</sup> /s
ALTITUD MEDIA DE LA CUENCA DEL RÍO YESERA:	2.631 m snm

### CUENCA DE APOORTE DIRECTO EN LA SECCIÓN PRINCIPAL DE LA PRESA CALDERAS.

NOMBRE:	CALDERAS
RÍO TRIBUTARIO:	CALDERAS
EXTENSIÓN CUENCA:	30,46 km <sup>2</sup>
LONGITUD CAUCE PRINCIPAL:	8,98 km
DESNIVEL DE LA CUENCA:	516 m
ALTITUD MÁXIMA:	2.570 m snm
TIEMPO DE CONCENTRACIÓN:	2,17 horas
ALTURA DE LLUVIA MÁXIMA DIARIA:	- 10 AÑOS: 84,7mm - 20 AÑOS: 95,8 mm

### CRECIDAS DE DISEÑO DEL RÍO CALDERAS.

(Tiempo de pico = 2,17 horas; Tiempo base (Mockus) = 6,36 horas)

PERIODO DE RETORNO (AÑOS)	CAUDAL DE PUNTA (m <sup>3</sup> /seg)	VOLUMEN (10 <sup>6</sup> x m <sup>3</sup> )
50	190,7	2,18
100	209,8	2,40
1.000	269,9	3,13
5.000	317,5	3,63



**CUENCA INDIRECTA DEL RÍO YESERA EN LA SECCIÓN DE LA OBRA DE TOMA EN EL RÍO YESERA**

NOMBRE:	Yesera
RÍO TRIBUTARIO:	Yesera
EXTENSIÓN CUENCA:	107,33 km <sup>2</sup>
LONGITUD CAUCE PRINCIPAL:	18,18 km
DESNIVEL DE LA CUENCA:	998 m
ALTITUD MÁXIMA:	3.130 m snm
TIEMPO DE CONCENTRACIÓN:	2,86 h
ALTURA DE LLUVIA MÁXIMA DIARIA:	- 10 AÑOS: 60,0 mm - 20 AÑOS: 66,3 mm

**CRECIDAS DE DISEÑO DEL RÍO YESERA.**

Tiempo de pico = 4,23 horas; Tiempo base (Mockus) = 11,29 horas.

PERIODO DE RETORNO (AÑOS)	CAUDAL DE PUNTA (m <sup>3</sup> /seg)	VOLUMEN (10 <sup>6</sup> / m <sup>3</sup> )
50	374,9	7,62
100	406,7	8,27

**EMBALSE DE CALDERAS.**

UTILIZACION:	PARA EL RIEGO DE 1.229 ha
NIVEL NORMAL DE EMBALSE (A LA COTA DEL VERTEDERO):	2.084,44 m snm
MÍNIMO NIVEL DEL EMBALSE:	2.054,44 m snm
MÍNIMO NIVEL DE OPERACIÓN DE TOMAS PARA RIEGO:	2.073,80 m snm (Nivel mínimo establecido por la operación de la toma de MI)
NIVEL DEL EMBALSE MUERTO:	2.070,00 m snm
VOLUMEN TOTAL DE EMBALSE:	5,00 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
VOLUMEN DEL EMBALSE MUERTO:	0,54 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
VOLUMEN ÚTIL:	4,46 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
PERÍMETRO DEL EMBALSE:	8,4 km (cota 2.084,44)
SUPERFICIE DEL ESPEJO DEL LAGO:	51,14 ha (cota 2.084,44)
MÁXIMO NIVEL DE AGUA:	1.000 AÑOS: 2.086,03 m snm

**PRESA CALDERAS.**

TIPO DE PRESA:	PRESA DE ENROCADO CON PARAMENTO IMPERMEABLE DE H°A°. PARAPETO DE H° DE 1,00 m DE ALTURA.
VOLUMEN DEL CUERPO DE LA PRESA	158.329 m <sup>3</sup> .
COTA DE CORONAMIENTO:	2.087,34 m snm.
DATOS DE CORONAMIENTO:	Largo: 205,00 m. Ancho: 4,50 m. Pavimento rígido e = 0,15 m.
TALUD DE PARAMENTO DE AGUAS ARRIBA	1: 2.
TALUD DEL PARAMENTO DE AGUAS ABAJO	1: 1,4.



<p><b>IMPERMEABILIZACIÓN:</b> Paquete del Paramento de Aguas Arriba:</p>	<p>LOSA DE H°A° DEL PARAMENTO AGUAS ARRIBA. e = 0,20 m. ESTRATO DE ARCILLA. Corte horizontal del estrato: 5,00 m. ESTRATO DE TRANSICIÓN DE GRAVA ARCILLOSA. Corte horizontal del estrato: 4,00 m.</p>
<p><b>PLINTO DEL PARAMENTO DE H°A° DE AGUAS ARRIBA</b></p>	<p>Largo total: 247 m. Tres secciones transversales: 1) 3,00 X 1,00 m. L<sub>TOT 1</sub> = 125,35 m. 2) 2,00 X 1,00 m. L<sub>TOT 2</sub> = 76,15 m. 3) 1,00 X 1,00 m. L<sub>TOT 3</sub> = 45,50 m.</p>

**ALIVIADERO DE SUPERFICIE.**

<p><b>TIPO:</b></p>	<p><b>LATERAL DE SUPERFICIE</b></p>
<p><b>CAUDAL DE DISEÑO PARA T=1.000 AÑOS</b></p>	<p>197,81 m<sup>3</sup>/s</p>
<p><b>UBICACIÓN:</b></p>	<p><b>EN LA MARGEN IZQUIERDA DEL ANGOSTO.</b></p>
<p><b>COMPONENTES Y DIMENSIONES PRINCIPALES:</b></p>	<p><b>VERTEDERO:</b> Longitud 30 m. Cota de cresta: 2084,44 m snm.</p> <p><b>CANAL COLECTOR LATERAL:</b> Longitud: 20,50 m. Sección: Trapezoidal. Ancho de solera 10 m. Pendiente: 3%</p> <p><b>TRONCO DE TRANSICIÓN Y DE CONTROL:</b> Longitud: 15 m. Ancho: 10 m. Pendiente: 3%</p> <p><b>RAPIDA:</b> Longitud: 105 m (proyecc. horizontal). Ancho: 10 m. Pendiente: 21,5%.</p> <p><b>SALTO DE ESQUI:</b> Longitud: 7 m (proyecc. Horizontal). Radio: 10 m. Angulo: 42° 08' 02". Dientes separadores de caudal 5 elementos espaciados a 1 m. Divergencia lineal de los muros laterales: de 10 m en la sección inicial a 12 m en la sección final.</p>

**DESAGÜE DE FONDO.**

<p><b>COMPONENTES:</b></p>	<p>Dos tuberías paralelas DN 600 de PRFV (Resina Poliester Reforzada con Fibra de Vidrio). Cámara de válvulas en el cuerpo de la presa. Dos válvulas tipo cotina, DN 600. Dos válvulas tipo mariposa, DN 600. Dos válvulas de chorro hueco, DN 600.</p>
----------------------------	---



LONGITUD DE CADA TUBERÍA:	115,00 m
DIÁMETRO INTERIOR DE CADA TUBERÍA:	600 mm
COTA SOLERA AGUAS ARRIBA:	2.054,68 m snm
COTA MÁS BAJA SOLERA AGUAS ABAJO:	2.054,04 m snm
CAUDAL MAX DE DESAGÜE:	4,51 m <sup>3</sup> /s

## TOMAS PARA RIEGO

### 10.1. MARGEN DERECHA.

UBICACIÓN:	EN LA LADERA DERECHA.
COTA:	2.070,46
CAUDAL DE DISEÑO:	0,405 m <sup>3</sup> /seg
DIÁMETRO:	400 mm (2 tuberías).
LONGITUD DE TUBERÍA:	72,90 m
VÁLVULAS DE CADA TUBERÍA:	1 Válvula Mariposa DN 400 PN 10 1 Válvula Multichorro DN 400 PN 10
OTROS:	CÁMARA DE H° A° DE DISIPACIÓN DE ENERGIA PARA LA ENTRADA EN EL CANAL DE RIEGO.

### 10.2. MARGEN IZQUIERDA

UBICACIÓN:	EN LA LADERA IZQUIERDA.
COTA:	2.070,46 m snm
CAUDAL DE DISEÑO:	0,122 m <sup>3</sup> /seg
DIÁMETRO TUBERÍA:	DN 200 (2 tuberías).
LONGITUD TUBERÍA:	72,30 m
VÁLVULAS DE CADA TUBERÍA:	1 Válvula Mariposa DN 200 PN 10 1 Válvula Multichorro DN 200 PN 10
OTROS:	CÁMARA DE H° A° DE DISIPACIÓN DE ENERGIA PARA LA ENTRADA EN EL CANAL DE RIEGO

## VOLÚMENES DE OBRA DE LA PRESA CALDERAS.

EXCAVACIÓN Y RETIRO DE MATERIAL METEORIZADO:	7.100 m <sup>3</sup>
EXCAVACIÓN MANUAL EN ROCA:	1.283 m <sup>3</sup>
EXCAVACIÓN EN ROCA CON EXPLOSIVOS:	3.760 m <sup>3</sup>
RELLENOS:	158.329 m <sup>3</sup>
HORMIGÓN:	4.752 m <sup>3</sup>
TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN:	14 meses

**AZUD DERIVADOR DE YESERA.**

TIPO DE AZUD:	PRESA DERIVADORA CON VERTEDERO TIPO WES.
VOLUMEN DEL CUERPO DEL AZUD	1.350 m <sup>3</sup> .
COTA DE LA CORONA:	2.132,00 m snm.
DATOS DE LA CORONA:	Largo: 30 m. Ancho: 30,50 m.
TALUD DE PARAMENTO DE AGUAS ARRIBA	Vertical.
TALUD DEL PARAMENTO DE AGUAS ABAJO	Perfil WES.
OTROS DATOS:	Toma de agua tipo tirolés. Desarenador de sección 16,00 x 3,80 m

**CANALES DE RIEGO.**

LONGITUD TOTAL CANAL PRIMARIO MARGEN DERECHA:	20,5 km
AREA DE RIEGO SERVIDA MARGEN DERECHA:	893 ha
LONGITUD TOTAL CANAL PRIMARIO MARGEN IZQUIERDA:	10,5 km
AREA DE RIEGO SERVIDA MARGEN IZQUIERDA:	336 ha
LONGITUD TOTAL CANALES SECUNDARIOS MARGEN DERECHA:	24,4 km
LONGITUD TOTAL CANALES SECUNDARIOS MARGEN IZQUIERDA:	19,3 km

**VOLÚMENES DE OBRA DE LA TOMA Y LOS CANALES: DE TRASVASE, PRIMARIOS Y SECUNDARIOS.**

EXCAVACIÓN COMÚN MANUAL Y CON MAQUINARIA:	108.300 m <sup>3</sup>
EXCAVACIÓN EN ROCA CON VOLADURAS:	22.643 m <sup>3</sup>
EXCAVACIÓN MANUAL EN ROCA:	2.600 m <sup>3</sup>
HORMIGÓN:	27.479 m <sup>3</sup>
TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN:	24 meses



## **CAPITULO 1:** **INTRODUCCIÓN.**

### **1.1. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO DE RIEGO DE CALDERAS.**

En la **LAMINA 1.1** se presenta la localización del área del Proyecto que recae en la Primera Sección Municipal Cercado del Departamento de Tarija. La cuenca de cabecera del río Santa Ana incluye las dos **subcuencas de los ríos Calderas y Yesera**, que son las que interesan al presente proyecto. Ambas recaen al Este de la ciudad de Tarija y en el interior de la Primera Sección Municipal de la Provincia Cercado del Departamento de Tarija.

El **Plan Estratégico de Acción de la Cuenca del río Bermejo** de la Oficina Técnica Nacional de los ríos Pilcomayo y Bermejo (OTN) incluye un **Programa** Estratégico de Acción (PEA) para el manejo de la Cuenca del río Santa Ana.

El **PEA** estableció las líneas maestras de actuación en materia de aprovechamiento de los recursos hídricos superficiales del río Calderas. El sistema hidráulico seleccionado comprende una presa de regulación en el río Calderas, una presa de derivación en el río Yesera para alimentar, por medio de un canal de trasvase, el embalse de Calderas. La presa de Calderas alimenta dos redes de canales primarios y secundarios, para el riego de terrenos de las márgenes izquierda y derecha.

Las directrices del PEA que se han considerado para los estudios de ingeniería son las siguientes:

- i) La Presa de Calderas deberá suministrar agua para el riego de **1.229 ha** de tierras agrícolas, situadas en ambas márgenes de los ríos Calderas y Yesera, de las comunidades de Caldera Chica, Hornos, Curuyo, Gamoneda, Santa Ana Barbecho y Santa Ana Baja.
- ii) Para cumplir el anterior objetivo el embalse útil de Calderas deberá tener cerca de  $4,8 \times 10^6 \text{ m}^3$ .
- iii) Después de los estudios geotécnicos realizados en la garganta de Calderas, se determinó conducir los estudios de diseño final para una Presa de Enrocado, teniendo en cuenta la **calidad** de la roca de fundación, constituida por paquetes de rocas sedimentarias tipo areniscas.
- iv) La presa deberá construirse en la garganta de "Calderas" en un lugar determinado por los estudios geológicos y geotécnicos como el más adecuado. La sección principal también fue seleccionada para que su alineación cumpla con aquellos elementos geomorfológicos que permitan una adecuada ubicación de las obras de arte complementarias del desagüe de superficie, de dos tomas para los dos canales principales de margen derecha e izquierda y un desagüe de fondo.

Los estudios de Prefactibilidad, Factibilidad, Evaluación de Impacto Ambiental y Diseño Final del PROYECTO DE RIEGO CALDERAS, después de una selección mediante Licitación fueron encomendados por la Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo a la consultora INTERPROYECTOS DE BOLIVIA SRL.

### **1.2. DOCUMENTOS DEL PROYECTO EN NIVEL DE DISEÑO FINAL.**

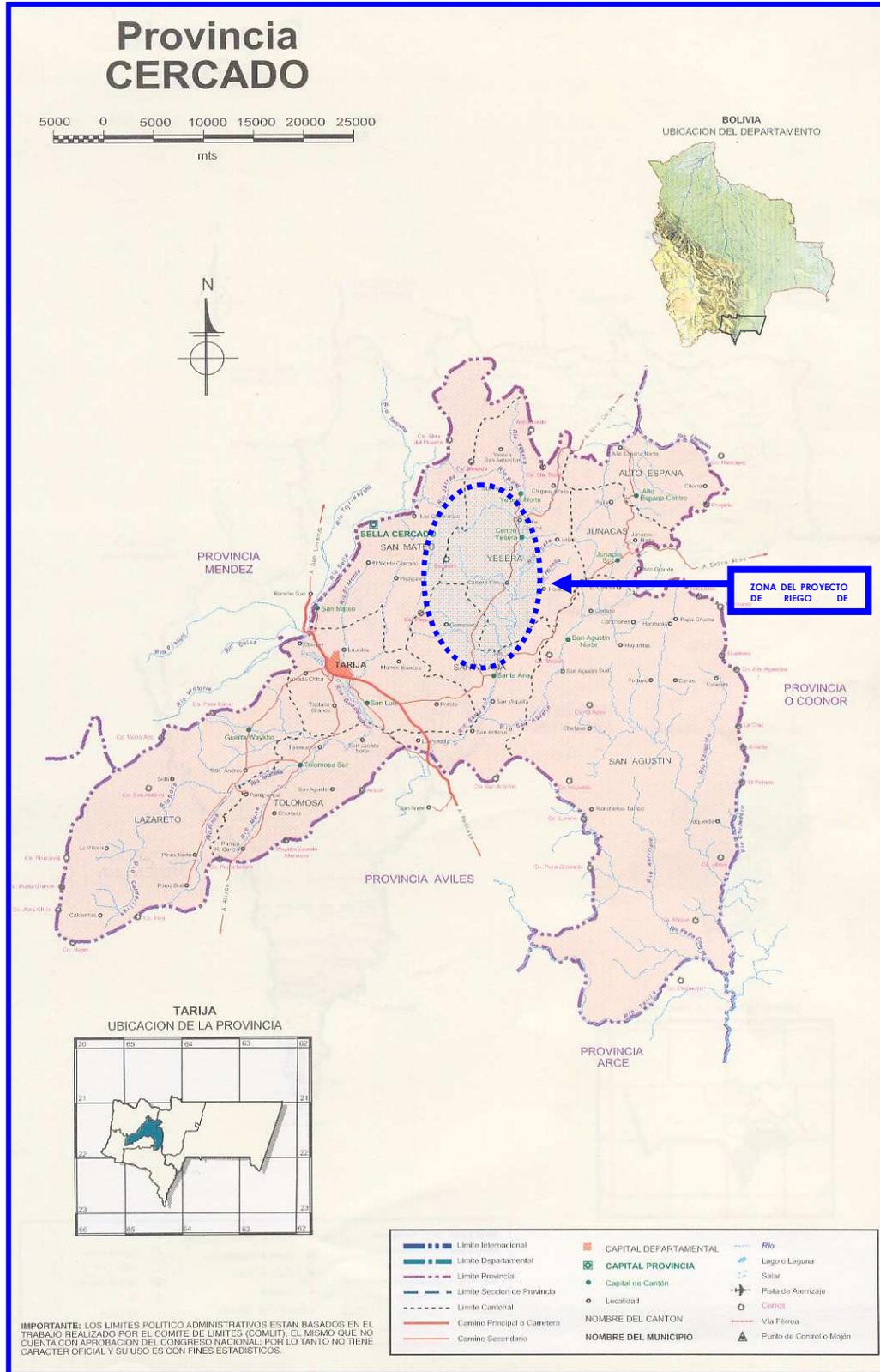
El criterio seguido para organizar en tomos los textos y documentos del Diseño Final del Proyecto fue para facilitar la Licitación, de acuerdo con las nuevas Normas de Contratación de Bienes y Servicios del Sector Público de Bolivia, normados por la Resolución Ministerial del Ministerio de Hacienda N° 065 de 24 de febrero de 2005. Así, en cumplimiento del Artículo 16 del Decreto Supremo N° 27328 de 31 de enero de 2004 y del Artículo 25 de su Reglamento, se ha seguido el último "Modelo de Pliego de Condiciones para la Contratación de Obras", que es



de uso obligatorio para la elaboración de los pliegos de condiciones para la contratación de obras en todas las entidades públicas, sin excepción.



LAMINA 1.1:  
AREA DEL PROYECTO DE RIEGO CALDERAS EN BOLIVIA, EN TARIJA Y EN LA PRIMERA SECCION MUNICIPAL CERCADO.





Los **TOMOS de 1 a 6** integran la parte técnica del Diseño Final que podrá facilitarse a los Proponentes, previo pago de su reproducción.

El **TOMO 7** es exclusivo para la administración licitante y no podrá entregarse a los Proponentes.

Los **TOMOS 9 y 10** contienen los documentos administrativos y técnicos requeridos por las Normas para la licitación de las obras (Especificaciones Técnicas y Volúmenes de Obra). Son los documentos que deberán ser entregados obligatoriamente a los Proponentes.

<b>TOMO 1:</b>	<b>MEMORIA TÉCNICA.</b>
<b>TOMO 2:</b>	<b>ANEXO 1: TOPOGRAFÍA.</b>
	<b>ANEXO 2: GEOLOGÍA Y GEOTÉCNIA.</b>
<b>TOMO 3:</b>	<b>ANEXO 3: CÁLCULOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS.</b>
	<b>- APÉNDICE 3.1: ESTUDIO DE AVENIDAS Y DE LAMINACIÓN.</b>
	<b>- APÉNDICE 3.2: SOLUCIONES TÉCNICAS Y CÁLCULOS HIDRÁULICOS</b>
<b>TOMO 4:</b>	<b>ANEXO 4: CÁLCULOS DE LA PRESA.</b>
	<b>- APÉNDICE 4.1: FUNDACIÓN DE LA PRESA E IMPERMEABILIZACIÓN.</b>
	<b>- APÉNDICE 4.2: CÁLCULOS DEL CUERPO DE LA PRESA</b>
	<b>- APÉNDICE 4.3: CÁLCULOS DE ESTRUCTURAS.</b>
	<b>- APÉNDICE 4.4: INSTALACIONES ELÉCTRICAS E HIDROMECAÑICAS.</b>
	<b>- APÉNDICE 4.5: AUSCULTACIÓN DE LA PRESA.</b>
<b>TOMO 5:</b>	<b>ANEXO 5: ACCESO AL CAMPAMENTO Y AL SITIO DE LA PRESA.</b>
	<b>ANEXO 6: TOMA DE AGUA EN EL RÍO YESERA Y CANAL DE TRASVASE.</b>
	<b>ANEXO 7: CANALES PRIMARIOS Y SECUNDARIOS DE MARGEN IZQUIERDA.</b>
	<b>ANEXO 8: CANALES PRIMARIOS Y SECUNDARIOS DE MARGEN DERECHA .</b>
<b>TOMO 6:</b>	<b>PLANOS</b>
<b>TOMO 7:</b>	<b>ANEXO 9: CRONOGRAMA DE CONSTRUCCIÓN.</b>
	<b>ANEXO 10: COMPUTOS MÉTRICOS.</b>
	<b>ANEXO 11: ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS.</b>
	<b>ANEXO 12: PRESUPUESTO Y CRONOGRAMA DE INVERSIONES.</b>
<b>TOMO 8</b>	<b>PLANES DE ORDENAMIENTO PREDIAL.</b>
<b>TOMO 9:</b>	<b>PLIEGOS DE CONDICIONES PARA LA CONTRATACIÓN DE LA SUPERVISIÓN Y DE LAS OBRAS DEL SISTEMA DE RIEGO DE CALDERAS.</b>
<b>TOMO 10:</b>	<b>ANEXOS DE LOS PLIEGOS DE CONDICIONES.</b>

### **1.3. DOCUMENTACIÓN COMPLEMENTARIA DISPONIBLE.**

Aparte de los documentos propios del Proyecto que se acaban de citar, la Oficina Técnica Nacional de los ríos Pilcomayo y Bermejo dispone de una serie de estudios e informes que se consideran de utilidad y de ilustración de la finalidad del Proyecto. Los documentos más relevantes se relacionan y comentan, sucintamente, a continuación

#### **1.3.1. PEA (PROGRAMA ESTRATÉGICO DE ACCIÓN). DIAGNOSTICO DE LA SUBCUENCA DEL RIO CALDERAS (VOLÚMENES I Y II).**

Fue redactado en marzo de 2003 por CONAM (Consultores Asociados Multidisciplinarios SRL). Realiza un Diagnóstico de todos los elementos básicos de la Cuenca del Río Calderas. Identifica los problemas prioritarios, analizando sus causas y efectos para proponer posibles soluciones.



El objetivo principal fue de disponer de un Plan de Manejo integral de la cuenca del río Calderas para poder utilizar adecuadamente los recursos hídricos de la cuenca, implementar el riego, definir un plan de forestación y otro de control de sedimentos

### **1.3.2. PERFIL DEL PROYECTO DE RIEGO CALDERAS.**

Fue redactado por la Oficina Técnica Nacional de los ríos Pilcomayo y Bermejo en abril de 2002 y representa la primera aproximación al planeamiento general del Proyecto de Riego Calderas.

En el documento mencionado se plantearon los principales objetivos del proyecto, a saber:

- Implantar un sistema de manejo de recursos naturales en la Subcuenca del río Calderas, para lograr un crecimiento económico sostenible que permita mejorar el índice de desarrollo humano.
- Regular los caudales para su aprovechamiento en el riego, para el incremento de la productividad y la producción.

Las conclusiones más importantes del Perfil del Proyecto son las siguientes:

- El sistema se presenta más económico a medida que se cubre mayor superficie, por lo que se seleccionó la alternativa N° 2, correspondiente a 800 ha.
- El esquema general del proyecto comprende una presa de 31 m de altura para la regulación de caudales del río Calderas y el apoyo de caudales del río Yesera, mediante la ejecución de un canal de derivación que funcione en la época de lluvias.
- El tipo de presa elegida es una estructura de Hormigón Compactado con Rodillo.
- La Tasa Interna de Retorno del Proyecto es de 16,89% para un período de 30 años.
- La tarifa del agua determinada es de 0,037 \$us/m<sup>3</sup>.

### **1.3.3. ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DEL SISTEMA DE RIEGO DE CALDERAS.**

Fue redactado por Interproyectos de Bolivia S.R.L. a finales de 2003. Contiene el prediseño de las obras fundamentales del Sistema. Respecto al embalse de Calderas plantea dimensionar el embalse para poder regar una superficie de 1.200 ha, todas ellas situadas en un perímetro de riego ubicado aguas abajo del embalse.

### **1.3.4. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL SISTEMA DE RIEGO DE CALDERAS.**

Fue elaborado por Interproyectos de Bolivia S.R.L. en el año 2004. El informe contiene el diseño preliminar de las obras del proyecto. En esta etapa se decide, en consenso con la OTN, realizar una presa de enrocado. El perímetro de riego se establece en 1.229 ha.

Los temas fundamentales del estudio de factibilidad son:

- Recursos hidráulicos - Demandas de agua - Regulación del embalse - Trazado de canales principales y secundarios.
- Alternativas de presas.
- Esquema del sistema de riego.
- Análisis de áreas regables.
- Precios unitarios de construcción.



## **CAPITULO 2:** **TRABAJOS Y ESTUDIOS BASICOS.**

### **2.1. TOPOGRAFÍA.**

#### **2.1.1. GENERALIDADES.**

El proyecto de Riego Calderas está ubicado entre las coordenadas geográficas 21° 24' a 21° 33" de latitud sur, y 64° 32' a 64° 38' de longitud oeste.

De acuerdo a las cartas geográficas del IGM a escala 1:50.000 disponibles para esta zona, las altitudes varían entre 2.110 (fondo presa) y 2.890 (cumbre cerro Escalera). Sin embargo, después de realizadas las nivelaciones geométricas tomando como "datum" el punto LOMA (cota 2.164,00 m s.n.m.) determinado por la OTNPB, la cota de fondo de presa resulta en valor aproximado de 2054,00 m s.n.m. La incongruencia de elevaciones en el fondo del valle del río Calderas puede ser atribuida a la precisión de las restituciones aerofotogramétricas realizadas por el IGM para la carta geográfica mencionada más arriba.

La Oficina Técnica Nacional de los ríos Pilcomayo y Bermejo ha realizado un levantamiento topográfico del sitio del futuro embalse Calderas, a escala 1:2.000, que se ha utilizado como "datum" para los trabajos topográficos del presente estudio. Los puntos base de la OTNPB tomados para el presente estudio topográfico son:

**P-1: N = 7.627.110,0000 E = 336.357,0000**

**P-2: N = 7.627.436,7007 E = 336.313,1737**

El sistema altimétrico de la topografía elaborada por la OTNPB parte del punto denominado LOMA, con elevación aproximada 2.164,00 m s.n.m. Este punto fue tomado de la carta geográfica N° 6629-I del IGM, a escala 1:50.000, y ha servido de punto de partida para todas las nivelaciones del presente estudio topográfico.

#### **2.1.2. POLIGONAL BASE DEL EMBALSE.**

La poligonal base del embalse Calderas fue instalada y medida sobre la base de varios puntos entregados por la OTN al consultor, los que fueron reubicados o reemplazados por el consultor en función a su importancia y utilidad para el trabajo a ejecutar.

Los monumentos utilizados para los vértices de la poligonal base son cilindros de hormigón simple de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura, enterrados totalmente en el terreno. Dichos cilindros disponen de una espiga de acero de 6 mm de diámetro, empotrada en el interior del mismo, que sirve de materialización de punto de estación.

Las mediciones fueron ejecutadas con una estación total LEICA de 1" de precisión angular y 1 ppm de precisión en distancia.

Los datos de campo fueron procesados y compensados aplicando las siguientes tolerancias exigidas por el Servicio Geodésico Interamericano para una poligonal electrónica topográfica de segundo orden, es decir:

- El número de cursos entre verificaciones acimutales no debe exceder de 6 cursos ó 75 km.
- Error probable del azimut astronómico = 2,00".
- El cierre acimutal en los puntos de verificación acimutal no debe exceder de  $6'' \times (N)^{1/2}$  ó 2" por estación, donde N = Número de vértices de la poligonal.



- Las medidas de las distancias son exactas dentro de 1:20.000.
- Después del ajuste acimutal, el error de cierre no debe exceder de 1:10.000.

Las coordenadas y distancias compensadas de la poligonal del Embalse Calderas se presentan en el **CUADRO 2.1**. Además, se concluye que los errores cometidos son los siguientes:

- Error de cierre angular = 15,70" (dentro de tolerancia de cierre angular).
- Tolerancia angular = 18,97".
- Error de cierre de distancias = 0,036 m en 3.335,6509 m de poligonal, es decir error = 1/92.522 (dentro de tolerancia de cierre de distancias).
- Tolerancia de cierre de distancias = 1/10.000.

**CUADRO 2.1: Poligonal compensada del Embalse Calderas**

ESTACIÓN	ANGULO HORIZONTAL COMPENSADO (°)	AZIMUT (°)	COORDENADAS COMPENSADAS		DISTANCIAS COMPENSADAS (m)
			N	E	
P1		352,35959324	<b>7627110,0000</b>	<b>336357,0000</b>	329,6272
P2	133,41706389	305,77665713	<b>7627436,7007</b>	<b>336313,1737</b>	260,5587
P3	61,27645278	187,05310991	7627589,0285	336101,7806	298,0522
P4	237,31595278	244,36906268	7627293,2317	336065,1833	452,4670
P5	208,43000833	272,79907102	7627097,5029	335657,2413	239,9111
P6	201,21099907	294,01007009	7627109,2161	335417,6163	227,8894
P7	44,97534167	158,98541176	7627201,9416	335209,4443	393,9841
P8	115,43061944	94,41603120	7626834,1611	335350,7277	325,1067
P9	221,50248056	135,91851176	7626809,1250	335674,8690	89,9804
P10	103,54118426	59,45969602	7626744,4871	335737,4661	719,3205
P1	112,89989722	352,35959324	7627110,0000	336357,0000	

Fuente: *Elaboración propia IP de B.*

*Las coordenadas de P-1 y P-2 fueron establecidas con lecturas de navegador GPS como "datum" de proyecto.*

Los datos de campo y la compensación de ángulos de la poligonal del embalse se muestran en los apéndices del ANEXO de Topografía.

## **2.2. INVESTIGACIONES GEOLÓGICAS Y GEOTÉCNICAS.**

En la etapa de prefactibilidad se realizó una evaluación geológica general de la zona del embalse y de la ubicación propuesta del eje de la presa a fin de poder elaborar los estudios previos orientados de determinar el tipo de presa, los materiales de construcción y otras características de la estructura de cierre como ser:

- Altura de la cortina.
- Profundidad aproximada de fundación.
- Tipo de fundación.
- Estimación de las propiedades de la roca de apoyo y de empotramiento.
- Capacidad o conductividad de la masa de roca para evaluar los flujos debajo de la cortina.
- Necesidades de una cortina de inyecciones.
- Otras características importantes.



Con estos datos se procedió entonces a definir una estructura de cierre con su ubicación aproximada que fue definida en la fase de factibilidad considerando la información complementaria obtenida mediante sondajes profundos y ensayos de laboratorio de mecánica de rocas.

En la etapa de factibilidad se profundizaron los estudios geológicos y geotécnicos para definir el tipo de presa, condiciones geológicas y geotécnicas del sitio de la obra de cierre, modelo matemático para el cálculo de esfuerzos, deformaciones y filtraciones a través de la fundación y de la presa. Los principales temas analizados en la etapa de factibilidad fueron:

- Evaluación geológica de detalle en el sitio de la presa y en el sitio de toma.
- Mecánica de rocas.
- Tipo de estructura de cierre.
- Parámetros geotécnicos para el diseño.
- Cálculo de esfuerzos, deformaciones y filtraciones para la estructura de cierre.
- Materiales de construcción.

Con toda la información analizada, en la fase de Diseño final, se procedió a realizar los cálculos correspondientes.

## **2.3. MATERIALES DISPONIBLES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA.**

### **2.3.1. ANTECEDENTES.**

Con el fin de identificar y cuantificar las fuentes de materiales para la construcción del cuerpo de la presa y de agregados para la preparación de hormigones de las obras hidráulicas complementarias (azud derivador, canal de trasvase, canales primarios y secundarios de riego), se ha realizado un reconocimiento general del valle de Yesera, en especial a lo largo del cauce del río principal, y de manera complementaria se han recorrido los cauces de algunos ríos menores como el río Calderas, Curuyo y Hornos.

También se ha consultado bibliografía especializada para la identificación, caracterización y cuantificación de los bancos de materiales disponibles en la región del valle central de Tarija. Los bancos que por sus características de materiales y distancia al sitio del proyecto han resultado interesantes, fueron también visitados para verificar los datos encontrados en las fuentes bibliográficas consultadas.

#### **2.3.1.1 Bancos de préstamo en la cuenca del río yesera**

En el valle del río Yesera no existen actualmente bancos de materiales en proceso de explotación comercial, debido a la estrechez del cauce del río y a la limitada presencia de meandros donde pueda depositarse material aluvial.

Las actividades de explotación de agregados para hormigones se han realizado siempre de manera muy limitada y en cantidades indispensables para la construcción de algunas obras hidráulicas y de arte existentes en la zona (azudes de toma, canales de riego, muros de contención,...), que en general han formado parte de pequeños proyectos de construcción ejecutados en el valle de Yesera.

Debido a los importantes volúmenes de agregados que requerirá la presa de Calderas y las otras obras de hormigón del proyecto, se han identificado 2 bancos de áridos, identificados como Banco N° 1 y Banco N°2. Las ubicaciones de los mismos se muestran en el **PLANO GR-04**.



### 2.3.2. MATERIAL GRANULAR.

Entre el enrocado del cuerpo de la presa y la pantalla impermeable de hormigón hay dos capas intermedias de material granular.

La primera deberá proporcionar el apoyo directo a la pantalla, lo que exige cierta inpermeabilidad y una superficie relativamente uniforme, sin desigualdades notable, para evitar excesos del hormigón, puesto que éste se vertirá sobre dicha superficie. Todo ello conlleva al empleo de granulometrías más finas que el resto de la presa, por ende, una baja permeabilidad, que es una cualidad que deberá cumplir el material granular, pues ayudará a subsanar el efecto de posibles grietas en la pantalla o en la junta perimetral.

Para ello, el material granular deberá cumplir la siguiente granulometría:

Las características físicas y límites granulométricos recomendados para este material se muestran en el [CUADRO 2.2](#) y [LÁMINA 2.1](#) presentados a continuación.

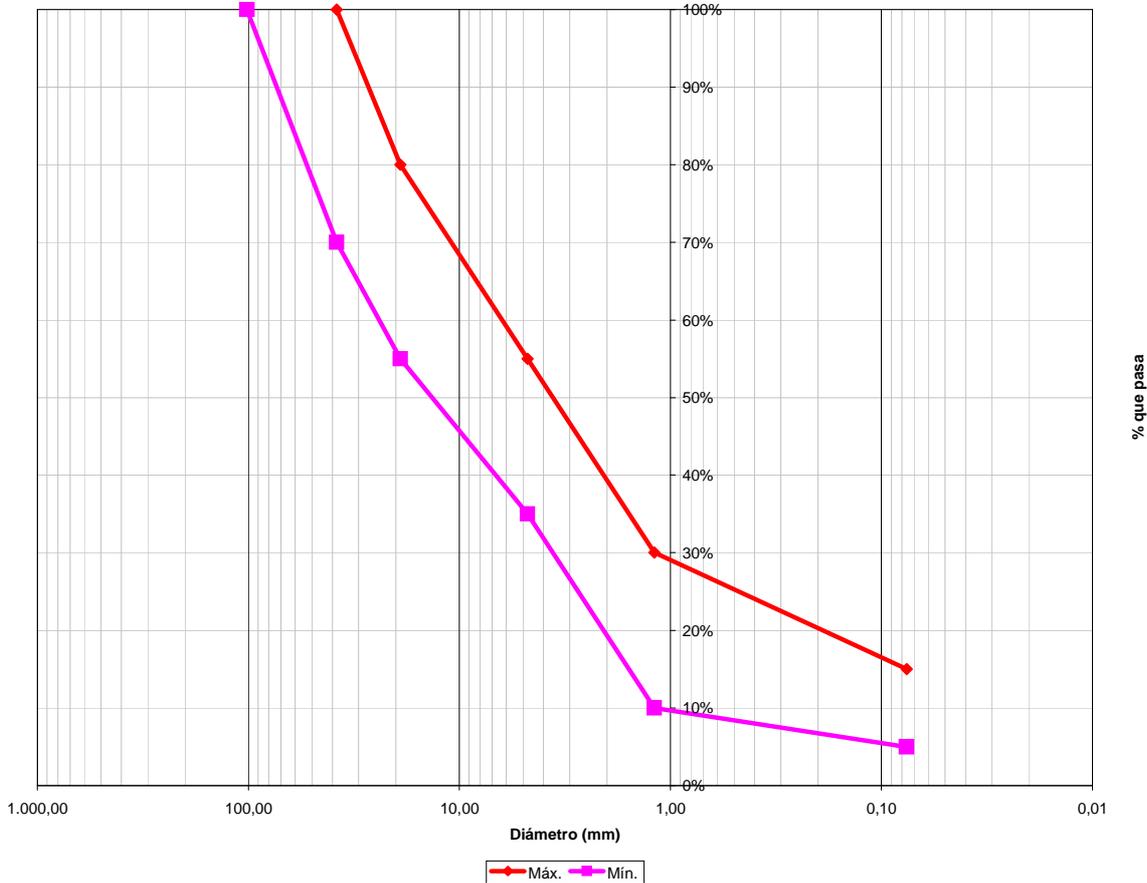
#### **CUADRO 2.2: Características principales del material de apoyo de la losa de impermeabilización.**

Material	Tamaño máximo (mm)	Tamaño mínimo (mm)	Coefficiente de uniformidad
Capa de apoyo de la pantalla de H°A°	75	-	40 – 50
Material	Tamiz	Máx. % que pasa en peso	Mín. % que pasa en peso
Grava	4"	100%	-
Grava	1,5"	100%	70%
Grava	0,75"	80%	55%
Arena	N° 4	55%	35%
Arena	N° 30	30%	10%
Arcilla	N° 200	15%	5%

Fuente: Elaboración propia Ip de B.



**LÁMINA 2.1:** Límites granulométricos para la capa de apoyo de la losa de impermeabilización.



La siguiente capa tendrá la siguiente granulometría, donde se observa un mayor diámetro de material:

**CUADRO 2.3:** Características principales de la capa intermedia de transición.

Material	Tamaño máximo (mm)	Tamaño mínimo (mm)	Coefficiente de uniformidad
Capa intermedia de transición	200	0,2	15

Fuente: Elaboración propia IP de B.

Estos materiales serán extraídos de los bancos de préstamo mencionados anteriormente.

**2.3.3. MATERIAL PARA ENROCADO.**

Para definir el tamaño de los bloques de roca no existe una especificación de nivel internacional de referencia para el diseño de la presa de Calderas, razón por la cual, por experiencia, se adopta la franja granulométrica que fue usada en la construcción de presas de enrocado que se encuentran en perfecto estado de funcionamiento.



Así, para la presa de Calderas se adopta la siguiente banda de tamaños:

#### **CUADRO 2.4: Características principales del material para enrocado de la presa.**

<b>Material</b>	<b>Tamaño máximo (mm)</b>	<b>Tamaño mínimo (mm)</b>	<b>Coefficiente de uniformidad</b>
Enrocado	305	4,8	10 - 20

Fuente: Elaboración propia IP de B.

Con esta banda media de tamaños para los bloques de roca se han construido muchas presas a nivel internacional con un resultado óptimo lo que permite sugerirla como referencia para la construcción de la presa de Calderas.

## **2.4. ESTUDIO DE AVENIDAS.**

### **2.4.1. INTRODUCCIÓN.**

El estudio de avenidas fue realizado en la etapa de factibilidad y se han determinado los caudales máximos de avenidas en el sitio de la presa, ubicado en el cauce del río Calderas, y en el sitio de la toma, ubicado en el cauce del río Yesera.

### **2.4.2. METODOLOGÍA SEGUIDA.**

Para determinar los valores de los caudales máximos de avenida en las dos secciones de interés mencionadas más arriba, y debido a que no se dispone de mediciones de aforos, se ha procedido por vía indirecta, siguiendo métodos empíricos y el método racional.

### **2.4.3. CARACTERÍSTICAS DE LAS SUBCUENCAS.**

#### **2.4.3.1. Ubicación y Extensión.**

Las subcuencas de los ríos Calderas y Yesera, ubicadas muy cerca de la ciudad de Tarija, recaen enteramente en el departamento de Tarija, en la parte superior del Valle del Río Santa Ana. Ambas integran la cuenca superior del río Bermejo (ver [LÁMINA 2.2](#)).

Para fines del estudio hidrológico y del proyecto, se han considerado:

- La subcuenca de aporte del río Calderas hasta la sección de la presa (30,45 km<sup>2</sup>).
- La subcuenca de aporte del río Yesera, hasta la sección de derivación (107,33 km<sup>2</sup>).
- La superficie del embalse en condiciones de mínimo y máximo nivel.
- El perímetro de riego con su área de influencia directa, que se encuentra en sus inmediatos alrededores.

#### **2.4.3.2. Subcuenca del río Calderas.**

La subcuenca del río Calderas, en la sección de emplazamiento de una presa de regulación tiene una superficie de 30,45 km<sup>2</sup>. La subcuenca tiene forma muy compacta.

La subcuenca del río Calderas está circundada por tres cadenas montañosas y posee una morfología bastante empinada, especialmente hacia el Oeste, donde se tienen altitudes de más de 2.800 m snm.

El fondo del valle, donde se encuentra la localidad de Caldera Grande, está a 2.200 m snm. Algunas referencias geográficas son las siguientes: al Norte se encuentra el Cerro La Mina (2.700



m snm). Al Oeste se destacan el Cerro Escalera (2.824 m snm) y el Cerro San Pedrito (2.750 m snm). Al Sur se tiene el Cerro Morro Grande (2.300 m snm) y el valle del río Gamoneda. Al Este se tiene el valle del río Yesera. En la parte alta del río Calderas se tienen las quebradas de la Mina y de Morro Grande.

En el tramo que interesa a las obras de cierre, el cauce principal del río Calderas corre en dirección Oeste – Este. En ambas márgenes se han formado unas terrazas más o menos grandes, que tienen actualmente cultivos que podrán alcanzar buenos rendimientos cuando reciban el servicio del riego.





### **2.4.3.3. Subcuenca del río Yesera.**

La subcuenca del río Yesera, en la sección de derivación de aguas hacia el embalse del río Calderas tiene una superficie de 107,33 km<sup>2</sup>. El Río Yesera tiene dirección Norte – Sur. Recibe dos afluentes, por el lado derecho el río Piray y por el izquierdo el río Molle Cancha. Alrededor de la cuenca se tiene una orografía con cimas más altas que aquellas del río Calderas, superando los 3.000 m snm (cerros Angosto y Alto Grande). En ambas márgenes del cauce se notan áreas agrícolas pero son bastante reducidas y muy discontinuas.

## **2.4.4. CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA.**

### **2.4.4.1. Geomorfología.**

La zona del proyecto de Calderas se encuentra en el interior de la cadena montañosa de la Cordillera Oriental de Los Andes. Está constituida predominantemente por rocas de los sistemas Ordovícico (lutitas, limolitas, areniscas, cuarcitas y filitas), con presencia de Cuaternario en la parte central de las subcuencas de Calderas y Yesera. Esto determina cuencas que tienen la característica de ser prevalentemente impermeables, respecto a la formación de aguas subterráneas profundas. Además, las pendientes de las laderas son bastante fuertes lo que favorece el rápido escurrimiento superficial.

Desde el punto de vista tectónico, todo el sector muestra una zona con buzamientos de los estratos en la dirección Oeste – Este. Se observan abanicos aluviales de buena magnitud. Los procesos tectónicos y la posterior erosión han dado lugar a una topografía muy variada y muy característica.

### **2.4.4.2. Hidrografía y Fisiografía.**

Las dos subcuencas de Calderas y de Yesera, pequeñas y de cabecera, pertenecen al sistema fluvial del Río de la Plata. Sus redes de drenaje están constituidas por varias quebradas de fuerte pendiente. La mayor densidad de drenaje la tiene la cuenca del río Yesera, que tiene una mayor ramificación de incisiones y cauces menores.

Desde el punto de vista fisiográfico, los dos valles, que son muy estrechos, tienen varios aunque reducidos sectores planos. En general, en las laderas que circundan las partes planas, se tienen pendientes abruptas, especialmente en la proximidad al sitio de la presa. En el fondo del valle del río Yesera se presentan sitios con pendientes suaves. En las partes altas las pendientes son fuertes y, por ello, el problema de la erosión y el arrastre de sedimentos es alto.

### **2.4.4.3. Cobertura Vegetal.**

La cobertura vegetal es poco densa. Varía desde la paja, pastos y musgo que se encuentran en las partes altas de las cuencas y entre las cotas 2.700 y 3.000, hasta superficies ampliamente expuestas en que se tienen generalmente árboles aislados de "churquis" (algarrobo). La vegetación corresponde a un clima o piso ecológico de Tierras Altas, con variaciones de los pisos ecológicos que llegan en la parte media hasta el bosque espinoso montano bajo subtropical (**BEmb-st**). Localmente, especialmente a lo largo de los cauces, se tienen pequeñas áreas antropizadas con eucaliptos, molles y sauces. La agricultura bajo riego complementario alcanza apenas a pocas hectáreas, siempre concentradas alrededor de los cursos de agua. Así, la mayor parte de los suelos está sin riego y hay muchos terrenos que requieren de rehabilitación. Además, un fuerte porcentaje de las tierras sin posibilidades de riego, no tiene posibilidad de aprovechamiento agrícola por las abruptas pendientes, la aridez y el suelo muy pedregoso.



## 2.4.5. ESTUDIO PLUVIOMÉTRICO.

### 2.4.5.1. Introducción.

Dado que en el interior de las subcuencas de los ríos Calderas y Yesera, con excepción de la estación termo pluviométrica de Yesera, no están instaladas estaciones de medidas, los estudios de Climatología e Hidrología se han realizado recurriendo a criterios de análisis hidrológico regional.

Para ello, se han considerado y analizado las series históricas registradas en las estaciones de medidas ubicadas en una amplia zona alrededor del área del Proyecto (ver [CUADRO 2.5](#)). Se dispone de las series históricas de precipitación mensual y anual registrada en 5 estaciones pluviométricas. La ubicación de estas estaciones se presenta en la [LÁMINA 2.3](#).

**CUADRO 2.5: Estaciones Climatológicas y Pluviométricas**

ESTACIÓN	LATITUD (S)	LONGITUD (W)	ALTITUD (m snm)	TIPO DE ESTACIÓN	PERÍODO DE REGISTRO
TARIJA AASANA	21° 32'	64° 43'	1.875	Climatológica	1963 – 2002
EL TEJAR	21° 32'	64° 44'	1.859	Climatológica	1970 – 2002
YESERA	21° 22'	64° 34'	2.200	Climatológica	1990 – 2002
JUNACAS	21° 26'	64° 28'	2.300	Pluviométrico	1978 – 2002
GAMONEDA	21° 29'	64° 38'	2.150	Pluviométrico	1979 – 2002

Fuente: Compendio de Datos Meteorológicos SENAMHI.

### 2.4.5.2. Precipitaciones máximas de duración igual o inferior a 24 horas.

El estudio pluviométrico realizado en la etapa de factibilidad del proyecto, ha permitido determinar los valores de las alturas máximas anuales de precipitación para cualquier duración igual o inferior a 24 horas en cada una de las subcuencas estudiadas.

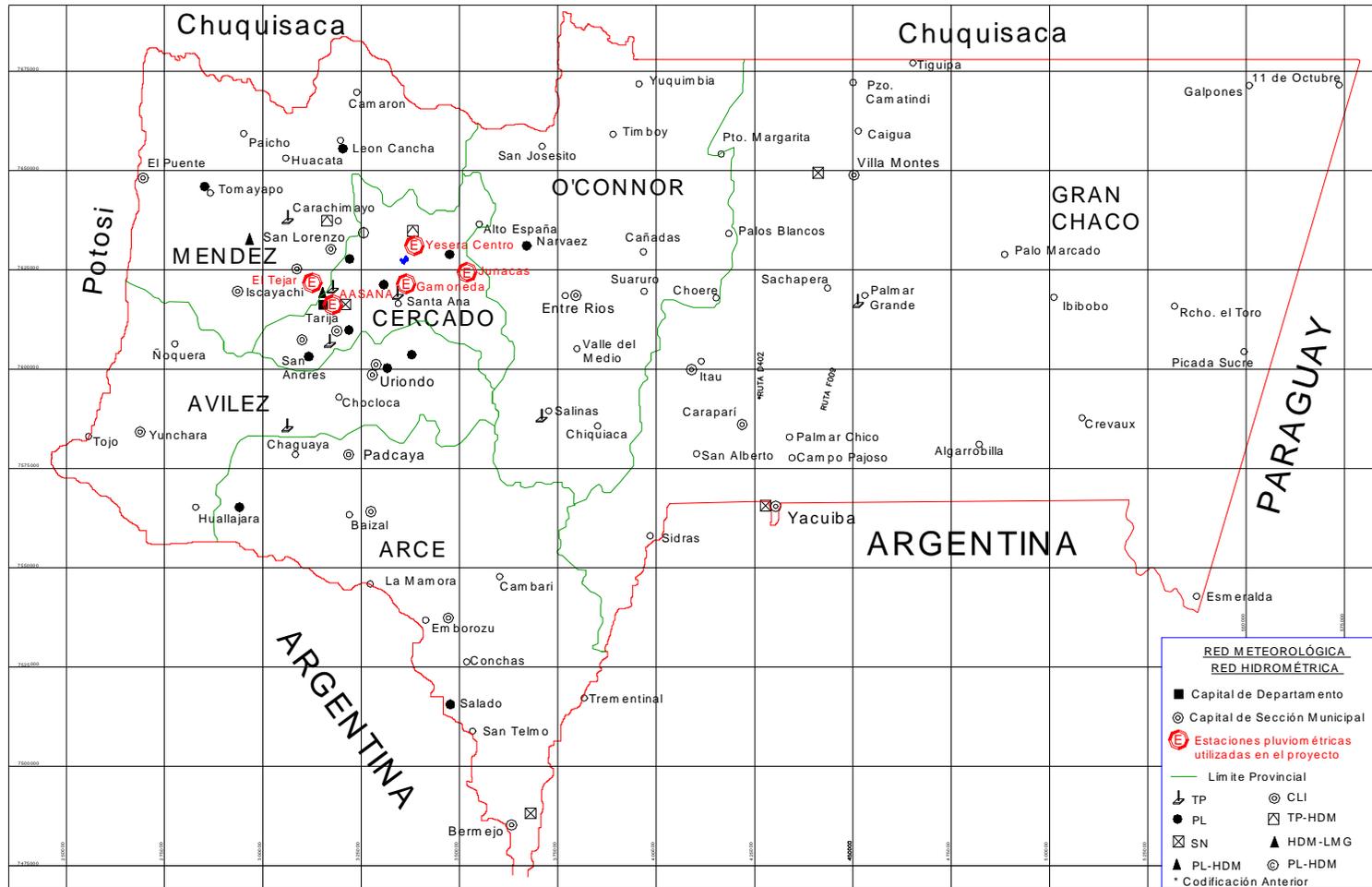
Para la subcuenca de Calderas y el Perímetro de Riego, se tiene  $\epsilon_d = \epsilon_{24} = 48$  mm y se adopta, por similitud hidrológica, el exponente  $n = 0,3$ . Esto corresponde al valor modal  $\epsilon_1 = 18,5$  mm y, por lo tanto, la expresión algebraica de las curvas de probabilidad pluviométrica (al variar de  $t$  y  $T$ ) resulta la siguiente:

$$h_{t,T} = 18,5 (1 + 0,765 \log T)^{t^{0,3}}$$

En el [CUADRO 2.6](#) se presentan los valores de  $h_{t,T}$  que corresponden a tiempos  $t$  entre 1 y 24 horas y  $T$  de 1.000 Y 5.000 años.



LÁMINA 2.3:  
ESTACIONES METEOROLÓGICAS EN TARIJA



**CUADRO 2.6:** Perímetro de riego y subcuenca del río Calderas.

Valores de  $h_{t,T}$  de las alturas máximas anuales de lluvia que corresponden a duraciones  $t$  entre 1 y 24 horas.

T (años)	t = 1 hora	t = 3 horas	t = 6 horas	t = 12 horas	t = 24 horas
1.000	61,0	84,8	104,3	128,5	158,2
5.000	70,8	98,5	121,3	149,3	183,8

FUENTE: Elaboración propia con datos del SENAMHI.

Para la subcuenca de Yesera, se adopta el coeficiente  $n=0,3$ ; el valor modal resulta  $\varepsilon_1=15$  mm y la expresión de la curva de probabilidad pluviométrica resulta la siguiente:

$$h_{t,T} = 15 (1 + 0,541 \log T) t^{0,3}$$

En el **CUADRO 2.7** se presentan los valores de  $h_{t,T}$  que corresponden a tiempos  $t$  entre 1 y 24 horas y T de 10, 20, 50 Y 100 años.

**CUADRO 2.7:** Subcuenca del Yesera.

Valores de  $h_{t,T}$  de las alturas máximas anuales de lluvia que corresponden a duraciones  $t$  entre 1 y 24 horas.

T (años)	t = 1 hora	t = 3 horas	t = 6 horas	t = 12 horas	t = 24 horas
1.000	39,3	54,7	67,3	82,9	102,1
5.000	45,0	62,6	77,1	94,9	116,8

Fuente: Elaboración propia con datos del SENAMHI.

**2.4.6. OBTENCIÓN DE LOS HIDROGRAMAS DE AVENIDA.**

Los hidrogramas de avenida para el estudio de laminación en el embalse Calderas y para el diseño de la obra de toma en el río Yesera fueron determinados con el método de Mockus, que establece valores conservadores y permite la utilización de métodos numéricos para la integración de volúmenes de entrada y salida en el estudio de laminación.

Previo al cálculo de los hidrogramas de crecidas, se han determinado los valores de los caudales máximos de avenida con método indirecto.

**2.4.6.1. Determinación de los caudales máximos de avenida.**

Los parámetros físicos de las cuencas de Calderas y Yesera fueron determinados sobre la base de las cartas geográficas del IGM, a escala 1:50.000. Estos resultados se muestran en el **CUADRO 2.8** a continuación.

**CUADRO 2.8:** Parámetros físicos de las subcuencas de los ríos Calderas y Yesera.

PARÁMETRO	CALDERAS	YESERA
S (km <sup>2</sup> )	30,45	107,33
L (m)	8.980	18.180
Ym (m snm)	2.475	2.631
Yo (m snm)	2.054	2.132
J (%)	5,75	5,49
Cota más alta de L (m snm)	2.570	3.130

Fuente: Elaboración propia IP de B.

Para el cuadro anterior se ha utilizado la siguiente simbología:

- L (km): Longitud del curso principal.
- J (%): Pendiente del curso principal.
- S (km<sup>2</sup>): Superficie de la cuenca.
- Y (m): Altura media de la cuenca.
- Yo (m): Cota de la sección terminal de la cuenca.

El tiempo de concentración  $t_c$  ha sido determinados con la fórmula de Giandotti:

$$t_c = (4 (S)^{1/2} + 1,5 L) / (0,8 (Y_m - Y_o)^{1/2})$$

Los resultados obtenidos se muestran en el **CUADRO 2.9** a continuación.

**CUADRO 2.9:** Tiempos de concentración de las subcuencas de Calderas y Yesera.

FÓRMULA	$t_c$ Río CALDERAS (horas)	$t_c$ Río YESERA (horas)
Giandotti	2,17	4,63

Fuente: Elaboración propia IP de B.

#### 2.4.7. CAUDALES MEDIOS DEL RÍO.

Los caudales medios de los ríos Calderas y Yesera fueron determinados sobre la base de un estudio de Las características físicas de cada subcuenca y el balance hidrológico medio anual. Los resultados de los cálculos han establecido los resultados que se muestran en el **CUADRO 2.10** a continuación.

**CUADRO 2.10: Precipitación y Escorrentía media anual en las subcuencas de Calderas y Yesera.**

<b>SUBCUENCA DEL RÍO CALDERAS</b>	<b>SUPERFICIE:</b>	30,46 km <sup>2</sup>
	<b>PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL:</b>	585,2 mm
	<b>ESCORRENTÍA Y CAUDAL MEDIO ANUAL:</b>	Escorrentía media anual: 121,2 mm Caudal medio anual: 0,117 m <sup>3</sup> /s
<b>SUBCUENCA DEL RÍO YESERA</b>	<b>SUPERFICIE:</b>	107,33 km <sup>2</sup>
	<b>PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL:</b>	652,0 mm
	<b>ESCORRENTÍA Y CAUDAL MEDIO ANUAL:</b>	Escorrentía media anual: 184,0 mm Caudal medio anual: 0,626 m <sup>3</sup> /s

## **2.5. LAMINACIÓN DE AVENIDAS.**

Las características de la laminación de avenidas del río Calderas que ejercitará el embalse de Calderas dependen de las interrelaciones que existen entre varios parámetros, aquellos físicos de la presa y del embalse, y aquellos hidrológicos como las características del hidrograma de avenida, es decir: la altura de la presa, la altura de máximo embalse determinado por la cota de la cresta del vertedero del aliviadero, la curva de volúmenes de embalse, elementos que combinados han permitido determinar tanto las alturas de embalse temporal que se almacenará por encima del vertedero, como los caudales que serán evacuados por la obra.

También, para la etapa inicial de construcción se han determinado los valores físicos de las obras de desagüe para garantizar la integridad del sitio de construcción con una avenida bienal.

### **2.5.1. LAMINACIÓN DE AVENIDAS EN EL EMBALSE CALDERAS.**

El estudio de laminación de crecidas en el embalse Calderas fue realizado para determinar la longitud más económica del vertedero de superficie, aplicando las recomendaciones de organizaciones internacionales referidas al diseño de vertederos de superficie.

Los criterios aplicados son los siguientes:

- El vertedero de superficie deberá tener longitud suficiente para evacuar los caudales de crecidas del río Calderas para períodos de retorno  $T = 1.000$  años
- Se verificará el funcionamiento del vertedero de superficie para una crecida del río Calderas de período de retorno  $T = 5.000$  años.
- El método de cálculo aplicado es el método de tránsito de piscina nivelada, mediante un sistema de integración numérica adaptado para una hoja de cálculo Excel<sup>1</sup>.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

<sup>1</sup> Hidrología Aplicada, Chow, Maidment, Mays, 1993.



- Después de analizar la laminación de crecidas para diferentes longitudes de vertedero de superficie, se concluye que la longitud más conveniente es un labio de 30,00 m, ya que las alturas de embalse temporal para longitudes mayores no son sustancialmente menores.
- En el **CUADRO 2.11** se presentan los resúmenes de laminación con los valores pico de hidrograma de entrada y de salida en el embalse Calderas.

**CUADRO 2.11:** Laminación para un aliviadero de superficie (Medio pico de Pato) con cresta: L = 30,00 m; Cota 2.084,44

<b>PERIODO DE RETORNO (años)</b>	<b>Q<sub>pico</sub> Entrada (Mockus) (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>h Altura de embalse temporal (m)</b>	<b>Q<sub>pico</sub> Salida (Laminado) (m<sup>3</sup>/s)</b>
1.000	273,21	2,06	197,81
5.000	317,54	2,30	233,55

Fuente: Elaboración propia IP de B.



## **CAPITULO 3:** **OBRAS DEL SISTEMA DE RIEGO DE CALDERAS.**

### **3.1. PRESA.**

La presa de Calderas es una presa de enrocado, de altura total 32,90 m, con una longitud de corona de 205,00 m, implantada en un angosto deel cauce del río Calderas que deja aguas arriba la posibilidad de embalsar, tanto las aguas de la cuenca directa, como de aquellas que se conducirán con un canal de trasvase.

La solución de realizar una presa de enrocado fue adoptada después de extenso análisis y de la consideración de factores tecnológicos y condiciones de oportunidad posibles de aplicar en nuestro país por parte de empresas constructoras con experiencia suficiente en obras similares.

El eje de implantación refleja una solución de compromiso entre la mejor posición topográfica respecto de las márgenes del sitio de la cerrada y las características geológicas y geotécnicas de la roca de fundación. Con la elección final de este eje se logran ahorros importantes en volúmenes de algunos ítems de obra como excavaciones, enrocado y de las mismas longitudes del desagüe de fondo y de las tomas para riego. También se logra optimizar el vertedero de superficie y su obra de disipación con menor longitud respecto a otras opciones consideradas.

La definición de los materiales para la construcción del cuerpo de la presa se basa esencialmente sobre la experiencia internacional en este tipo de presas y en la aplicación de medidas específicas de construcción, con el fin de limitar las deformaciones del cuerpo de la presa. Éste, será construido con un escollerado de tamaño máximo limitado, aplicando técnicas de compactación adecuadas para conseguir la mayor densidad del mismo, antes que soporte los esfuerzos debidos al llenado del embalse. Por otra parte, el ángulo de fricción interna del escollerado no se ve perjudicado por el tamaño limitado de sus granos más gruesos (máximo 305 mm.), ya que la compactación a aplicar logrará que sus valores puedan superar los 45°, valor muy superior al que se lograría con un escollerado con grandes bloques, simplemente vertido y acomodado.

El material de apoyo de la pantalla de impermeabilización de hormigón armado a construir sobre la cara aguas arriba de la presa estará constituido por dos capas:

- Una capa superior, de ancho 5,00 m en proyección horizontal, constituida por material con granulometría de alto coeficiente de uniformidad (de 40 a 50) y de granos de tamaño máximo 75 mm, que garantizarán una masa fácil de colocar, talud estable después del compactado y menores sobreespesores de hormigón gracias a su uniformidad superficial. Por otra parte, la baja permeabilidad esperada para esta capa (de  $10^{-3}$  a  $10^{-4}$  cm/s representa ventajas tanto para la etapa de construcción (utilización de la presa como ataguía provisional antes de construir la pantalla de hormigón) como de operación (actúa como una zona semimpermeable que limitará posibles fugas inclusive en casos extremos de agrietamiento de la pantalla causadas por un sismo, y permitirá eventuales reparaciones sin necesidad de bajar el nivel del embalse)<sup>2</sup>.
- Una capa subyacente a la primera, constituida por material granular de pequeño tamaño (tamaño máximo 200 mm y mínimo 0,2 mm, coeficiente de uniformidad de 15 con una dimensión horizontal de 4,00 m, que servirá de transición entre la capa de apoyo y el enrocado del cuerpo de la presa.

---

<sup>2</sup> Manual Básico de Presas, Eugenio Vallarino.



El cálculo de estabilidad de la obra de cierre se ha realizado con un utilitario computarizado adecuado para aplicar el método de elementos finitos (**ver el APÉNDICE 4.2: CÁLCULOS DEL CUERPO DE LA PRESA**), que es considerado como el más adecuado para un conocimiento en detalle de esfuerzos, deformaciones y caudales de filtración a través del cuerpo de la presa y del macizo rocoso que la sostiene.

La altura de la presa (y por consiguiente su capacidad máxima de embalse) fue determinada en el Estudio de Factibilidad, con el objetivo de regar una superficie total de **1.229 ha**, para una cédula de cultivo cuya demanda hídrica anual es de **5.396 m<sup>3</sup>/ha\*año**.

### **3.2. ALIVIADERO DE SUPERFICIE.**

El aliviadero de superficie comprende un vertedero lateral sin control de entrada, ubicado fuera del cuerpo de la presa e implantado en la margen izquierda del angosto, con coordenadas UTM de contorno que se detallan en el **CUADRO 3.1**.

**CUADRO 3.1: Coordenadas geográficas UTM del eje del Aliviadero de Superficie.**

PUNTO	COORDENADAS UTM		OBSERVACIONES
	Norte	Este	
VC-1	7.627.450,042	336.366,804	Inicio vertedero y cubeta
VC-2	7.627.432,970	336.421,816	Fin vertedero y cubeta
VC-3	7.627.435,186	336.362,314	Auxiliar vertedero y cubeta
TT-1	7.627.432,970	336.421,816	Inicio tronco de transición
TT-2	7.627.428,524	336.436,142	Fin tronco de transición
RSE-1	7.627.423,892	336.434,704	Inicio de la rápida
RSE-2	7.627.390,524	336.541,725	Fin del salto de esquí

Fuente: Elaboración propia IP de B.

La cresta del vertedero del aliviadero se encuentra con cota 2084,44 m snm y tiene una longitud de 30,00 m, determinada con un estudio de laminización de crecidas. El perfil del vertedero es del tipo WES. El vertedero tiene en planta la forma de medio "pico de pato", forma que fue adoptada para minimizar el tamaño de la obra.

La cubeta se ubica debajo del vertedero, con ancho variable (definido por la forma del vertedero) y con una pendiente constante, de manera que la solera de la misma no se ahogue en ningún punto con el caudal de salida. El diseño de la cubeta está basado en un método de integración numérica aplicado al principio de conservación de la cantidad de movimiento, que permite establecer en detalle el comportamiento hidráulico de la misma bajo el efecto del caudal de salida. La forma de la cubeta del vertedero es aproximadamente semitrapezoidal de ancho 10,00 m y con una pendiente constante (del 3%) en toda su longitud.

El vertedero y la cubeta del aliviadero de superficie serán construidos como una estructura de hormigón armado (Tipo H 20), con un espesor constante de 20 cm, a excepción del muro posterior (margen izquierda) que tendrá 30cm. (Ver detalles constructivos en los **PLANOS VC-04, VC-05 y VC-06**).

Esta obra será construida en la margen izquierda de la presa (ver **PLANO PR-04**). La geometría de la cresta y vertedero en general se encuentran en el **PLANO VC-01**, y las secciones transversales del vertedero y cubeta en los **PLANOS VC-01, VC-02 y VC-03**, donde se puede apreciar el inicio y final de esta estructura.



Entre el contacto de la superficie rocosa y la estructura se colocará una capa de nivelación de hormigón simple (Tipo H 10) con un espesor de 10 cm (ver [PLANO VC-04](#)). En el perímetro de la cresta del vertedero en contacto con el terreno, se deberán realizar perforaciones **tipo NQ** para una posterior inyección impermeabilizante, para evitar filtraciones y subpresiones transmitidas a la base de esta estructura. Las perforaciones serán del **Pe1** al **Pe6** (ver los detalles en el [PLANO PR-05](#)).

El tronco de transición y el canal de desagüe, ubicados a continuación de la cubeta del vertedero de superficie, constituyen una obra que finaliza en una sección de control y que conecta hidráulicamente el vertedero con la rápida. El diseño de esta obra se ha basado en el establecimiento de un régimen hidráulico de características bien conocidas que permita garantizar su funcionamiento aún en las condiciones más adversas de funcionamiento del vertedero. El tronco de transición y el canal diseñado tienen una pendiente del 3,00% y la sección hidráulica del canal de desagüe es rectangular de 10,00 m de ancho y 3,42 m de altura de agua, para poder evacuar un caudal máximo de **197,81 m<sup>3</sup>/s** (correspondiente a la laminación de una crecida con período de retorno T de 1.000 años). El bordo libre (franco) de este canal es de 0,80 m. El detalle de los cálculos hidráulicos y estructurales, se encuentran respectivamente en los [APÉNDICES 4.2 Y 4.3](#).

El tronco de transición, forma parte del aliviadero de superficie y está ubicado entre el vertedero - cubeta y la rápida (ver [PLANOS TT-01, TT-02](#)).

La estructura superior se une con la rápida. El tronco de transición tiene la forma de un cuarto de elipse en sus paredes laterales para permitir la menor perturbación posible en el flujo de agua.

Por razones de armado de la estructura se ha dividido la rápida en 8 partes, estas son:

- **Losa de fondo 1.-** Tiene un área en planta de 10,00 m x 10,00 m y un espesor de pared de 0,20 m (Ver [PLANOS TT-01, TT-02](#)), la cual se encuentra armado en ambas caras (Ver [PLANO TT-04](#)). Colinda a la derecha con el Muro margen derecha 1, a la izquierda con el Muro margen izquierda 1, aguas arriba con el vertedero y Cubeta y aguas abajo con la Losa de fondo 2.
- **Losa de fondo 2.-** Tiene un área en planta de 5,00 m x 10,00 m y un espesor de 0,20 m (Ver [PLANOS TT-01, TT-02](#)), la cual se encuentra armado en ambas caras (Ver [PLANO TT-08](#)). Colinda a la derecha con el Muro margen derecha 2, a la izquierda con el Muro margen izquierda 2, aguas arriba con la Losa de fondo 1 y aguas abajo con la Rápida.
- **Muro margen derecha 1.-** El muro tiene una altura máxima de 2,10 m, una longitud de 10 m y un espesor de 0,30 m (Ver [PLANOS TT-01, TT-02](#)). El muro por razones hidráulicas tiene una geometría que responde a la de un cuarto de elipse y se conecta aguas arriba con el Vertedero y aguas abajo con el Muro margen derecha 4, además se encuentra armado en ambas caras (Ver [PLANO TT-05](#)) y fuertemente empotrado a la Losa de fondo 1.
- **Muro margen derecha 2.-** Tiene una altura de 3 m, una longitud de 10 m y un espesor de 0,30 m. Se encuentra en la parte superior del Muro margen derecha 1, cuya geometría es distinta a la anterior y responde a la de una parábola (Ver [PLANO TT-05](#)). La estructura se encuentra armado en ambas caras (Ver [PLANO TT-05](#)).
- **Muro margen derecha 3.-** El muro tiene una forma triangular cuya altura varía de 5 m a 0,40 m y con un espesor de 0,30 m (Ver [PLANOS TT-01, TT-02](#)). En la parte inferior se encuentra unido a una zapata corrida de 0,60 m de ancho y de 0,20 m de espesor (Ver [PLANO TT-06](#)). El muro se encuentra en contacto con el Muro margen derecha 2.
- **Muro margen derecha 4.-** Tiene una altura que varía de 5,20 m a 5,35 m, una longitud de 5 m y un espesor de 0,30 m (Ver [PLANOS TT-01, TT-02](#)). La estructura se conecta aguas



arriba con el Muro de margen derecha 1 y 2, aguas abajo con la Rápida. El muro se encuentra armado en ambas caras ([Ver PLANO TT-08](#)) y fuertemente empotrado a la Losa de fondo 2.

- **Muro margen izquierda 1.-** Tiene una altura de 5,00 m, una longitud de 10,00 m y en espesor de 0,30 m, se encuentra armado en ambas caras ([Ver PLANO TT-07](#)). Colinda aguas arriba con el Vertedero y aguas abajo con el Muro margen izquierda 2.
- **Muro margen izquierda 2.-** La estructura tiene una altura que varía desde 5,30 m a los 5,45 m, una longitud de 5m y un espesor de 0,30 m ([Ver PLANOS TT-01, TT-02](#)), además se halla armada en ambas caras ([Ver PLANO TT-08](#)): El muro colinda aguas arriba con el Muro margen izquierda 1 y aguas abajo con la Rápida.

La rápida es una obra destinada a acercar el caudal de salida hacia el cauce del río, para la disipación de la energía cinética adquirida por el agua entre el vertedero de superficie y el pie de la rápida. El diseño de esta obra se ha compatibilizado con las dimensiones del canal de desagüe y las características topográficas a lo largo de su eje de implantación. El régimen hidráulico de esta obra es supercrítico, razón por la que será una obra que necesite de un mantenimiento proporcional al comportamiento hidrológico de la subcuenca del río Calderas durante el período de vida útil de la presa y sus obras complementarias. La rápida es un canal rectangular de alta pendiente, con 10,00 m de base y altura hidráulica de 0,95 m que, con la aireación a lo largo de la rápida hasta podría duplicar su altura hidráulica. Para esta obra se ha previsto un bordo libre de 0,50 m. La pendiente de la rápida es del 20,5%.

La obra de disipación de energía está constituida por un "salto de esquí", que permite airear el chorro de agua proveniente de la rápida y lanzarlo al aire de manera que se produzca un efecto de pulverización del agua, que disipe la energía cinética por fricción con el aire y que produzca una erosión moderada en el sitio de contacto del chorro con la superficie del terreno.

Las características principales del "salto de sky" son: caudal máximo: 197,81 m<sup>3</sup>/s, ancho: 10,00 m, ángulo de salida: 30°.

La Rápida y el Salto de esquí son dos estructuras que comprenden la parte terminal del aliviadero de superficie.

Su longitud es de 107,40 m con una pendiente de 21,50 % y está dividida, para una mejor interpretación geométrica, en tres partes claramente definidas que pueden apreciarse en el [PLANO RSE-01](#).

En sentido transversal a su dirección lleva juntas de dilatación con cinta "water Stop" cada 20,00 m para absorber los cambios volumétricos de la losa y paredes debidos a los efectos térmicos y evitar el paso del agua. El detalle de estas juntas se puede ver en el [PLANO RSE-01](#).

Cada una de las tres partes de La Rápida está proyectada en tramos de 10 m, y cada tramo tiene un dentellón de 0,30 m de altura medido en el terreno en todo lo ancho del canal ([Ver PLANO RSE-07](#)), esto con el fin de evitar el deslizamiento de los tramos.

Bajo la losa de La Rápida la superficie irregular del terreno natural obliga a adoptar rellenos de hormigón ciclópeo que se aprecian en los [PLANOS RSE-02 y RSE-03](#).

Las armaduras de La Rápida consisten en emparillados en cada una de las caras de los muros y en las caras superior e inferior de la losa de fondo ([Ver PLANOS RSE-04, RSE-05, RSE-06](#)).

El Salto de esquí, es la estructura final del aliviadero de superficie, está diseñado de H°A° y se encuentra a continuación de La Rápida, descansando sobre un bloque de H°C°. Gracias a



esta estructura el caudal del aliviadero es lanzado hacia arriba y cae al río a cierta distancia del extremo de La Rápida. Basicamente, consiste en una losa cuyo plano tiene una forma trapezoidal, es decir su ancho varía desde 10 m hasta 12 m en el extremo final, esta losa además tiene una curvatura de circunferencia de radio 10 m en sentido vertical. La longitud en desarrollo de la losa es de 7,35 m.

En el extremo final del Salto de esquí se presentan cinco bloques de H<sup>º</sup>A<sup>º</sup> denominados "dientes", que permitirán el lanzamiento del chorro de agua en direcciones múltiples. La forma de estos dientes es de cuña con una base de 2,20 m de largo por 1,00 m de ancho y una altura de 0,50 m, su detalle geométrico y de armado se presenta en el [PLANO RSE-07](#).

### **3.3. DESAGÜE DE FONDO.**

Esta obra está compuesta por dos tuberías de PRFV (Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio) DN 600 mm, paralelas entre sí, dispuestas de manera rectilínea a lo largo del talweg del río Calderas. Las tuberías están rodeadas por una estructura de hormigón armado que las protege de posibles golpes durante la construcción del cuerpo de la presa (Ver detalle en el [PLANO DF-05](#)), y proporcionan anclaje al desagüe de fondo con el cuerpo de la presa gracias a unas bridas de hormigón que coinciden con las de las tuberías de PRFV. El detalle es apreciable en el [PLANO DF-04](#).

Las coordenadas del eje directriz del desagüe de fondo se muestran en el [CUADRO 3.2](#) a continuación.

**CUADRO 3.2: Coordenadas geográficas del eje del Desagüe de Fondo.**

Punto	Coordenadas		Observaciones
	Norte	Este	
DF-1	7.627.305,005	336.382,607	Eje tubería 1
DF-2	7.627.350,531	336.496,200	
DF-3	7.627.304,058	336.382,987	Eje tubería 2
DF-4	7.627.349,584	336.496,579	
DF-5	7.627.330,749	336.482,213	Centro pozo acceso

Fuente: Elaboración propia IP de B.

La longitud en proyección horizontal de esta obra es de 119,37 m.

Los criterios principales de diseño del desagüe de fondo son los siguientes:

- Mientras dure la construcción de la presa, la obra funcionará como una derivación provisional capaz de laminar una crecida de recurrencia  $T = 2$  años ( $Q_{T=2} = 100,74 \text{ m}^3/\text{s}$ ), con descarga máxima de  $8,10 \text{ m}^3/\text{s}$ . La altura máxima de la lámina de agua detrás de la presa en construcción será de 18,52 m. El embalse temporal de aguas así producido tardará aproximadamente 2 días en desaguar.
- Durante la operación del embalse Calderas, el desagüe de fondo tendrá la misión de desaguar el embalse en caso de emergencia. Para este fin se ha establecido que se pueda vaciar el tercio superior del mismo en 10,43 días funcionando sólo el desagüe de fondo, y en 8,68 días cuando funcionan al mismo tiempo, el desagüe de fondo y las tomas para riego.
- Los órganos hidromecánicos de esta obra son los siguientes:
  - Dos válvulas de emergencia DN 600 tipo cortina, ubicadas en una cámara de válvulas dentro del cuerpo de la presa, en coincidencia con el eje directriz de cada tubería paralela, a la que se accede por un pozo vertical de hormigón armado de 2,10 m de diámetro interno, dotado de una escalera marinera. El mismo pozo vertical será utilizado



para el descenso o izaje de las válvulas. Cada válvula estará provista de una válvula by-pass que servirá para equilibrar presiones en la tubería antes de abrir la válvula de emergencia.

- Dos válvulas mariposa DN 600 mm, en una cámara de válvulas ubicada en el pie aguas abajo del desagüe de fondo.
- Dos válvulas de cono DN 600, a continuación de las válvulas mariposa, en una cámara de válvulas ubicada en el pie aguas abajo del desagüe de fondo. Estas válvulas tendrán el objetivo de emitir un chorro de agua aireada con un ángulo de inclinación de 22,5° respecto de la horizontal, para conseguir un efecto de pulverización del agua y la disipación de energía por fricción de las partículas de agua con el aire.
- No se prevé la construcción de un cuenco amortiguador aguas abajo de la presa de Calderas.

A continuación se describen los componentes del desagüe de fondo:

El extremo aguas arriba del desagüe de fondo está provisto de una obra de entrada abocinada de hormigón armado, cuya geometría es apreciable en el [PLANO DF-04](#). Se encuentra ubicada sobre el plinto (aguas arriba de la presa), cuya función es permitir el paso de agua hacia las tuberías del desagüe de fondo para su posterior evacuación. A esta estructura van ancladas las tuberías mediante unos elementos denominados manguitos de empotramiento, elementos que no permitirán el paso del agua.

Otro elemento del desagüe de fondo, es el pozo de acceso a la cámara de válvulas, consiste en un elemento de forma cilíndrica hueca de un espesor de pared de 20 cm y con un diámetro interno inicial de 2,10m y una longitud de 28,45m desde la corona de la presa hasta la transición inferior. Esta transición tendrá una longitud de 1,50m hasta el inicio del nuevo diámetro ampliado del pozo, siendo este diámetro interno igual a 3 m, con una longitud de 3,80m hasta alcanzar la cimentación. La cimentación tendrá un canto de 50 cm con una base de 3,40x3,40m. (Ver detalles constructivos en los [PLANOS DF-06 y DF-07](#)).

La función de esta estructura, consistirá en permitir el acceso a los operadores, hacia las válvulas cortina, para poder abrir estas y evacuar el agua del embalse.

Las válvulas cortina se ubicarán sobre un bloque de apoyo de hormigón simple (tipo H 15) (Ver detalles en [PLANO DF-04](#)) con dimensiones de 0,55x2,00x0,60 y este a su vez sobre la base de fundación del pozo de acceso.

El diámetro superior está diseñado con la finalidad de permitir el acceso del operador por medio de escaleras metálicas (Ver detalles en [PLANOS DF-11](#)), y a su vez permitir la introducción o extracción de las válvulas.

El extremo superior deberá ser cerrado con una tapa metálica, cuyos detalles se observan en el [PLANO DF-11](#).

Los detalles estructurales del pozo de acceso se encuentran en los [PLANOS DF-06 y DF-07](#).

La cámara de válvulas, es una estructura de hormigón armado (Tipo H 20), ubicada en la parte final del desagüe de fondo, su función es la de soportar las grandes cargas dinámicas ejercidas por la presión del agua y de alojar el equipo hidromecánico. Su diseño permite la fácil operabilidad de las válvulas. (Ver detalles constructivos en los [PLANOS DF-08, DF-09 y DF-10](#)).



Esta cámara de válvulas tiene estructuras metálicas como son: la escalera marinera, barandas, tapas, pasarela desmontable y ventanas. Los detalles de estos elementos metálicos son apreciables en el [PLANO DF-12](#).

### **3.4. TOMAS PARA RIEGO.**

Las tomas para riego son dos y están constituidas cada una por dos tuberías de PRFV (Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio), instaladas en ambas márgenes del angosto, a cota 2.070,00 m snm, en coincidencia con el nivel del embalse muerto.

Los diámetros de las tuberías de toma para riego han sido determinados en función de la demanda máxima de agua para riego, establecida en el Estudio de Factibilidad.

#### **3.4.1. TOMA PARA RIEGO DE LA MARGEN IZQUIERDA.**

Esta obra está constituida por dos tuberías de PRFV (Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio) DN 200 mm, adecuadas para proveer un caudal máximo de 0,122 m<sup>3</sup>/s, correspondiente al caudal de cabecera del canal principal de margen izquierda.

Las coordenadas del eje directriz de la toma para riego de la margen izquierda se muestran en el [CUADRO 3.3](#) a continuación.

#### **CUADRO 3.3: Coordenadas geográficas de la Toma para Riego de la Margen Izquierda.**

Punto	Coordenadas		Observaciones
	Norte	Este	
OTI-1	7.627.372,511	336.398,318	Eje tubería 1
OTI-2	7.627.397,980	336.462,805	
OTI-3	7.627.372,046	336.398,502	Eje tubería 2
OTI-4	7.627.397,515	336.462,989	

Fuente: Elaboración propia IP de B.

La longitud en proyección horizontal de esta obra es de 72,68 m.

Los criterios principales de diseño de la toma para riego de la margen izquierda son:

- La obra de toma debe proveer el caudal de demanda para riego (0,122 m<sup>3</sup>/s), aún con los niveles más bajos de embalse útil.
- Los órganos hidromecánicos de esta obra son los siguientes:
  - Dos válvulas mariposa DN 200 mm (una para cada tubería paralela), en una cámara de válvulas ubicada en el pie aguas abajo de la toma para riego.
  - Dos válvulas de chorro hueco DN 200, a continuación de cada válvula mariposa, en una cámara de válvulas ubicada en el pie aguas abajo del las tuberías de la toma. Estas válvulas tendrán el objetivo de regular caudal y de emitir dos chorros horizontales de agua aireada, que chocarán contra una pantalla de hormigón armado ubicada aguas abajo de estas válvulas.
- Aguas abajo de las válvulas de chorro hueco se construirá una cámara de disipación de energía por choque contra una pantalla de hormigón y resalto hidráulico. El cuenco conectará con la cabecera del canal principal de riego de margen izquierda, a través de una obra de medición de caudal constituida por una sección de control y medición Parshall.



A continuación se describen las estructuras que la componen:

La primera estructura es la cámara de ingreso ([Ver PLANO OTD-04](#)), destinada a asegurar el ingreso del agua, libre de ramas, piedras y otros, de forma que no obstaculicen el libre paso del agua hacia las tuberías. La cámara es de forma rectangular y se encuentra sujeta al nivel de fundación de la presa mediante 8 perforaciones de diámetro NQ 3" y longitud de 1 m, dichas perforaciones se rellenarán con armaduras y lechada de cemento cuyo objetivo será de anclar la losa de fondo de la cámara de manera segura al terreno. La losa de fondo tendrá un área en planta de 1,36 x 1,30 m<sup>2</sup> y un espesor de 0,15 m alcanzando la cota 2070,00 m snm. Tanto la losa de fondo como las paredes serán de H<sup>º</sup>A<sup>º</sup> con armaduras en ambas caras ([Ver PLANO OTD-05](#)). Las paredes terminarán en un macizo o cabezal el cual tendrá una ranura a todo lo largo de esta de 0,15 m y un ancho de 0,015 m destinada a alojar las placas de PRFV.

Las placas de PRFV serán dos ([Ver PLANO OTD-05](#)), dispuestas una en la parte superior de la cámara, con un área de 1,00 x 1,00 m, y otra ubicada en la pared frontal con un área de 1,00 x 1,10 m, ambas con un espesor de 0,008 m. Las rejillas tendrán espacios abiertos destinados al paso del agua los cuales serán de forma circular con un diámetro de 3" y una separación de centro a centro de 0,10 m.

El agua será conducida desde la cámara de ingreso hasta la cámara de válvulas mediante una serie de tuberías de PRFV Espiga-Enchufe clase 3 DN 300 ([Ver en PLANOS OTD-04 y OTD-06](#)). La cota solera al principio de la tubería estará a 2070,00 m snm en la cámara de entrada, la misma que se encontrará firmemente anclada mediante unos manguitos de empotramiento. Las tuberías tendrán un largo de 12 m y deberán cubrir una distancia total de 68,5 m con una pendiente del 0,16%, atravesando por completo el cuerpo de la presa, para lo cual deberán estar protegidas de las presiones externas mediante un recubrimiento de H<sup>º</sup>S<sup>º</sup> (Tipo H 10) de espesor de 0,25 m alrededor de toda la tubería; esta protección descansará sobre una base de H<sup>º</sup>C<sup>º</sup> de 0,30 m de espesor (Con un 40% de piedra desplazadora), rematando con una carpeta de H<sup>º</sup>S<sup>º</sup> (Tipo H 10) de 0,10 m espesor. En la unión entre tuberías (cada 12 m) se reforzará el recubrimiento mediante un collar de H<sup>º</sup>A<sup>º</sup> de 0,25 m de espesor.

Al final se encuentra la cámara de salida la cual está conformada por dos estructuras, siendo la primera de forma rectangular con un área en planta de 3,60 x 4,30 m ([Ver PLANOS OTD-04, OTD-07](#)), la misma que alojará dos válvulas destinadas a regular el caudal de salida del agua, para ello, se dispuso válvulas en serie y conectadas mediante tuberías de FF DN 300 PN10 de 1,00 m y 1,20 m de largo respectivamente, siendo la primera de ellas la válvula Mariposa seguida de la de Chorro múltiple. Las válvulas estarán reposando sobre bloques de H<sup>º</sup>S<sup>º</sup> (Tipo H 15). El espesor de las paredes y de la losa de fondo es de 0,30 m, estas estarán armadas en ambos lados. La cámara contará con una tapa de ingreso metálica de 1,00 X 1,00 m y una ventana basculante de 0,60 X 0,60 m ([Ver PLANO OTD-11](#)).

La segunda estructura tiene un área en planta de 1,90 x 3,60 m, esta destinada a absorber la energía del agua que sale de las tuberías a presión, para ello se ha diseñado una pared de forma dentada, creando de esta manera un obstáculo que reduce considerablemente la energía del flujo del agua. Dicha pared se encuentra armada considerablemente y sujeta mediante otras dos paredes verticales, las mismas que son perpendiculares a esta y uniéndose a la cámara de válvulas.

Por otra parte, en los canales principales se tienen estructuras tipo puente canal que han permitido vencer las depresiones del terreno.

El puente canal es una estructura de H<sup>º</sup>A<sup>º</sup> que toma la misma sección del canal de H<sup>º</sup>C<sup>º</sup> al que pertenece, es decir, dos paredes laterales y una losa de fondo. Utiliza las paredes como



vigas portantes que se arman fuertemente y la losa de fondo simplemente se arma para controlar la retracción del hormigón. El espesor de los muros y de la losa de fondo es constante de 0,20 m.

En la margen derecha se tiene un total de ocho puentes canal, y en la margen izquierda de dos.

La presentación de la planta y el perfil de estos puentes donde se aprecia la depresión del terreno, la longitud de las vigas, la de las columnas, y los apoyos extremos está contenida en un solo plano por estructura.

Para la presentación de las armaduras de los puentes canal se tienen dos planos por estructura, en el primero una disposición esquemática de las posiciones y diámetros de las barras de refuerzo, incluyendo los tipos de materiales utilizados y los detalles de las juntas necesarias, y en el segundo un ordenamiento de tales armaduras en las correspondientes planillas de armado indicando además las cantidades de acero necesario en Kg para cada uno de los puentes.

En el siguiente cuadro, se muestra las dimensiones de los diferentes puentes, número de tramos, progresiva de inicio y fin, longitud y número de plano donde se podrán encontrar los detalles constructivos.

#### **CUADRO 3.4: Puentes Canal de Margen Izquierda.**

<b>Puente</b>	<b>Base</b>	<b>Alto</b>	<b>No. Tramos</b>	<b>Prog. Inicio</b>	<b>Prog. Final</b>	<b>Longitud</b>	<b>Planta y perfil</b>	<b>Armado y detalles</b>
1	0,60	0,60	4	0+743,00	0+781,84	38,84	<b>CPRI-17</b>	<b>CPRI-18-20</b>
2	0,40	0,40	3	6+978,75	7+008,70	29,95	<b>CPRI-21</b>	<b>CPRI-22,23</b>

En el desarrollo del canal principal de riego se presentan estructuras tipo puente sifón. Al igual que los puentes canal dichas estructuras han permitido vencer de manera económica y segura, las depresiones que presenta el terreno.

El puente sifón es una estructura de H<sup>o</sup>A<sup>o</sup> que consta de vigas T, columnas, zapatas y apoyos de H<sup>o</sup>C<sup>o</sup>.

En los planos de planta y perfil de dichos puentes se pueden apreciar la depresión del terreno, la longitud de las vigas, las de las columnas, y algunos detalles pertinentes a la estructura en sí.

En los planos de armado y detalles se presentan de manera esquemática las diferentes posiciones y diámetros de las barras de refuerzo que se utilizarán en los diferentes elementos estructurales, incluyendo los tipos de materiales utilizados y detalles de las juntas de dilatación si es que corresponde. Finalmente se presenta la planilla de armado donde se pueden apreciar de manera ordenada las posiciones, diámetros, longitudes, cantidades y peso en kg de las barras utilizadas en el puente sifón.

A continuación se presenta un resumen de los puentes sifones, cabe hacer notar que el diámetro nominal de las tuberías están en milímetros, y las demás dimensiones en metros



**CUADRO 3.5:** Puentes Canal de Margen Derecha.

Puente	Diámetro Tuberías	Nº tramos	Prog. Inicio	Prog. Final	Longitud	Planta y Perfil	Armado y Detalles
1	400	5	0+854,179	0+894,179	40,00	CPRI-28	CPRI-29
2	300	5	1+255,611	1+305,611	50,00	CPRI-30	CPRI-31
3	250	11	4+050,857	4+160,857	110,00	CPRI-32-34	CPRI-35
4	200	6	5+708,515	5+768,515	60,00	CPRI-36-38	CPRI-39

**3.4.2. TOMA PARA RIEGO DE LA MARGEN DERECHA.**

Esta obra está constituida por dos tuberías de PRFV (Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio) DN 300 mm, adecuadas para proveer un caudal máximo de 0,324 m<sup>3</sup>/s, correspondiente al caudal de cabecera del canal principal de margen derecha.

Las coordenadas del eje directriz de la toma para riego de la margen derecha se muestran en el **CUADRO 3.6** a continuación.

**CUADRO 3.6:** Coordenadas geográficas de la Toma para Riego de la Margen Derecha.

Punto	Coordenadas		Observaciones
	Norte	Este	
OTD-1	7.627.265,878	336.421,447	Eje tubería 1
OTD-2	7.627.284,820	336.487,694	
OTD-3	7.627.265,301	336.421,612	Eje tubería 2
OTD-4	7.627.284,243	336.487,858	

Fuente: Elaboración propia IP de B.

La longitud horizontal de esta obra es de 70,05 m.

Los criterios principales de diseño de la toma para riego de la margen derecha son:

- La obra de toma debe proveer el caudal de demanda para riego (0,324 m<sup>3</sup>/s), aún con los niveles más bajos de embalse útil.
- Los órganos hidromecánicos de esta obra son los siguientes:
  - Dos válvulas mariposa DN 300 mm, en una cámara de válvulas ubicada en el pie aguas abajo de la toma para riego.
  - Dos válvulas de chorro hueco DN 300, a continuación de cada válvula mariposa, en una cámara de válvulas ubicada en el pie aguas abajo del las tuberías de la toma. Estas válvulas tendrán el objetivo de regular caudal y de emitir dos chorros horizontales de agua aireada, que chocarán contra una pantalla de hormigón armado ubicada aguas abajo de estas válvulas
- Aguas abajo de las válvulas de chorro hueco se construirá una cámara que permitirá disipar la energía por choque del chorro contra una pantalla de hormigón y un resalto hidráulico. La cámara conectará con la cabecera del canal principal de riego de margen derecha, a través de una obra de medición de caudal constituida por una sección de control y medición Parshall.

A continuación se describen las estructuras que la componen:



La primera estructura es la cámara de ingreso (**Ver [PLANO OTI-04](#)**), destinada a asegurar el ingreso del agua, libre de ramas, piedras y otros, de forma que no obstaculicen el libre paso del agua hacia las tuberías. La cámara es de forma rectangular y se encuentra sujeta al nivel de fundación de la presa mediante 8 perforaciones de diámetro NQ 3" y longitud de 1 m, dichas perforaciones se rellenarán con armaduras y lechada de cemento cuyo objetivo será de anclar la losa de fondo de la cámara de manera segura al terreno. La losa de fondo tendrá un área en planta de 1,36 x 1,30 m<sup>2</sup> y un espesor de 0,15 m alcanzando la cota 2070,00 m snm. Tanto la losa de fondo como las paredes serán de H°A° con armaduras en ambas caras (**Ver [PLANO OTI-05](#)**). Las paredes terminarán en un macizo o cabezal el cual tendrá una ranura a todo lo largo de esta de 0,15 m y un ancho de 0,015 m destinada a alojar las placas de PRFV.

Las placas de PRFV serán dos (**Ver [PLANO OTI-05](#)**), dispuestas una en la parte superior de la cámara, con un área de 1,00 x 1,00 m, y otra ubicada en la pared frontal con un área de 1,00 x 1,10 m, ambas con un espesor de 0,008 m. Las rejillas tendrán espacios abiertos destinados al paso del agua los cuales serán de forma circular con un diámetro de 3" y una separación de centro a centro de 0,10 m.

El agua será conducida desde la cámara de ingreso hasta la cámara de válvulas mediante una serie de tuberías de PRFV Espiga-Enchufe clase 3 DN 200 (**Ver [PLANOS OTI-04 y OTI-06](#)**). La cota solera al principio de la tubería estará a 2070,00 m snm en la cámara de entrada, la misma que se encontrará firmemente anclada mediante unos manguitos de empotramiento. Las tuberías tendrán un largo de 12 m y deberán cubrir una distancia total de 65,18 m con una pendiente del 0,46%, atravesando por completo el cuerpo de la presa, para lo cual deberán estar protegidas de las presiones externas mediante un recubrimiento de H°S° (Tipo H 10) de espesor de 0,25 m alrededor de toda la tubería; esta protección descansará sobre una base de H°C° de 0,30 m de espesor (Con un 40% de piedra desplazadora), rematando con una carpeta de H°S° (Tipo H 10) de 0,10 m espesor. En la unión entre tuberías (cada 9 m) se reforzará el recubrimiento mediante un collar de H°A° de 0,25 m de espesor.

Al final se encuentra la cámara de salida la cual está conformada por dos estructuras, siendo la primera de forma rectangular con un área en planta de 3,60 x 4,30 m (**Ver [PLANOS OTI-04, OTI-07](#)**), la misma que alojará dos válvulas destinadas a regular el caudal de salida del agua, para ello, se dispuso válvulas en serie y conectadas mediante tuberías de FF DN200 PN10 de 1,00 m y 1,20 m de largo respectivamente, siendo la primera de ellas la válvula Mariposa seguida de la de Chorro múltiple. Las válvulas estarán reposando sobre bloques de H°S° (Tipo H 15). El espesor de las paredes y de la losa de fondo es de 0,30 m, estas estarán armadas en ambos lados. La cámara contará con una tapa de ingreso metálica de 1,00 X 1,00 m y una ventana basculante de 0,60 X 0,60 m (**Ver [PLANO OTI-11](#)**).

La segunda estructura tiene un área en planta de 1,90 x 3,60 m, esta destinada a absorber la energía del agua que sale de las tuberías a presión, para ello se ha diseñado una pared de forma dentada, creando de esta manera un obstáculo que reduce considerablemente la energía del flujo del agua. Dicha pared se encuentra armada considerablemente y sujeta mediante otras dos paredes verticales, las mismas que son perpendiculares a esta y uniéndose a la cámara de válvulas.

Al igual que en la margen izquierda, en el canal principal se tienen estructuras tipo puente canal que han permitido vencer las depresiones del terreno.

El puente canal es una estructura de H°A° que toma la misma sección del canal de H°C° al que pertenece, es decir, dos paredes laterales y una losa de fondo. Utiliza las paredes como vigas portantes que se arman fuertemente y la losa de fondo simplemente se arma para



controlar la retracción del hormigón. El espesor de los muros y de la losa de fondo es constante de 0,20 m.

En la margen derecha se tiene un total de ocho puentes canal, y en la margen izquierda de dos.

La presentación de la planta y el perfil de estos puentes donde se aprecia la depresión del terreno, la longitud de las vigas, la de las columnas, y los apoyos extremos está contenida en un solo plano por estructura.

Para la presentación de las armaduras de los puentes canal se tienen dos planos por estructura, en el primero una disposición esquemática de las posiciones y diámetros de las barras de refuerzo, incluyendo los tipos de materiales utilizados y los detalles de las juntas necesarias, y en el segundo un ordenamiento de tales armaduras en las correspondientes planillas de armado indicando además las cantidades de acero necesario en Kg para cada uno de los puentes.

En el siguiente cuadro, se muestra las dimensiones de los diferentes puentes, número de tramos, progresiva de inicio y fin, longitud y número de plano donde se podrán encontrar los detalles constructivos.

### **CUADRO 3.7: Puentes Canal de Margen Derecha.**

<b>Puente</b>	<b>Base</b>	<b>Alto</b>	<b>No. Tramos</b>	<b>Prog. Inicio</b>	<b>Prog. Final</b>	<b>Longitud</b>	<b>Planta y perfil</b>	<b>Armado y detalles</b>
1	0,80	0,70	4	4+353,71	4+390,01	36,30	<b>CPRD-36</b>	<b>CPRD-37,38</b>
2	0,65	0,60	4	10+847,00	10+882,00	35,00	<b>CPRD-39</b>	<b>CPRD-40,41</b>
3	0,55	0,50	5	12+051,00	12+101,00	50,00	<b>CPRD-42</b>	<b>CPRD-43,44</b>
4	0,55	0,50	4	12+504,00	12+538,00	34,00	<b>CPRD-45</b>	<b>CPRD-46,47</b>
5	0,50	0,50	4	14+712,00	14+750,50	38,50	<b>CPRD-48</b>	<b>CPRD-49,50</b>
6	0,50	0,50	3	15+152,00	15+174,00	22,00	<b>CPRD-51</b>	<b>CPRD-52,53</b>
7	0,50	0,50	4	16+357,00	16+389,00	32,00	<b>CPRD-54</b>	<b>CPRD-55,56</b>
8	0,50	0,50	6	18+461,00	18+516,00	55,00	<b>CPRD-57</b>	<b>CPRD-58,59</b>

En el desarrollo del canal principal de riego se presentan estructuras tipo puente sifón. Al igual que los puentes canal dichas estructuras han permitido vencer de manera económica y segura, las depresiones que presenta el terreno.

El puente sifón es una estructura de H<sup>o</sup>A<sup>o</sup> que consta de vigas T, columnas, zapatas y apoyos de H<sup>o</sup>C<sup>o</sup>.

En los planos de planta y perfil de dichos puentes se pueden apreciar la depresión del terreno, la longitud de las vigas, las de las columnas, y algunos detalles pertinentes a la estructura en si.

En los planos de armado y detalles se presentan de manera esquemática las diferentes posiciones y diámetros de las barras de refuerzo que se utilizarán en los diferentes elementos estructurales, incluyendo los tipos de materiales utilizados y detalles de las juntas de dilatación si es que corresponde. Finalmente se presenta la planilla de armado donde se pueden apreciar de manera ordenada las posiciones, diámetros, longitudes, cantidades y peso en kg de las barras utilizadas en el puente sifón.

A continuación se presenta un resumen de los puentes sifones, cabe hacer notar que el diámetro nominal de las tuberías están en milímetros, y las demás dimensiones en metros

**CUADRO 3.8: Puentes Canal de Margen Derecha.**

Puente	Diámetro Tuberías	Nº tramos	Prog. Inicio	Prog. Final	Longitud	Planta y Perfil	Armado y Detalles
1	600	3	2+104,751	2+125,751	21,00	<b>CPRD-64</b>	<b>CPRD-65</b>
2	600	9	5+546,669	5+634,653	88,00	<b>CPRD-66</b>	<b>CPRD-67,68</b>
3	400	3	7+165,562	7+190,686	25,12	<b>CPRD-69</b>	<b>CPRD-70</b>
4	300	3	13+801,505	13+828,875	27,30	<b>CPRD-71</b>	<b>CPRD-72</b>
5	250	5	15+420,955	15+466,955	46,00	<b>CPRD-73</b>	<b>CPRD-74</b>
6	250	3	17+489,534	17+519,534	30,00	<b>CPRD-75</b>	<b>CPRD-76</b>
7	250	5	18+703,827	18+750,827	47,00	<b>CPRD-77</b>	<b>CPRD-78</b>

### **3.5. AZUD DE DERIVACIÓN EN EL RÍO YESERA.**

El azud derivador en el río Yesera, como será una pequeña presa de hormigón ciclópeo. La estructura tendrá una altura de 4,80 m desde la cresta del vertedero hasta el fondo del talón de aguas arriba. El azud tendrá una longitud de 50,00 m (a lo largo de la cresta) y un ancho de 19,77 m. Se deberán sistematizar para la conducción del caudal en el río partes del cauce de aguas arriba y abajo.

En el interior de la obra, la caída de agua siguiendo el perfil WES será de 3,50 m hasta el intradós de la losa del cuenco amortiguador.

Para posicionar el azud en el lecho del río, se fijó una situación vertical de la cresta de 1,50 m por encima del lecho actual del río considerando, por un lado, los posibles perjuicios que causaría una lámina de agua de las avenidas del río, precisamente cuando el azud pueda ser un obstáculo para la corriente hídrica en el cauce, por el otro, se requiere satisfacer el servicio de captación al que se destina la obra (principalmente se deberán respetar las cotas de Proyecto fijadas, tanto para el sistema de captación, como para el arranque del canal de trasvase.

El eje del vertedero del azud (asumido como de referencia planimétrica) también corresponde a la mejor posición respecto a las formaciones geológicas del sector (afloramiento rocoso de la margen derecha).

### **3.6. CANAL DE TRASVASE.**

El canal de trasvase tendrá una longitud total de 8,62 km y capacidad máxima de transporte de 0,86 m<sup>3</sup>/s. Unirá la obra de toma en el río Yesera con el embalse de Calderas.

Se prevén 8 tramos de canales con sección trapezoidal, con dimensiones variables en función de las pendientes previstas que varían entre el 0,12 % y el 0,70 %. Ver los [PLANOS CT-09 a CT-22](#) en los que se detallan las correspondientes planimetrías y perfiles longitudinales.

También, para superar los obstáculos determinados por quebradas con variadas longitudes y profundidades, se deberán realizar 7 sifones invertidos (ver [PLANOS de CT-27 a CT-44](#)). Para ello se emplearán tuberías de PRFV de varios diámetros para el paso sobre puentes. Cada tramo, antes de entrar en el sifón tendrá un vertedero lateral limitador de caudales, un desarenador y una cámara de ingreso a la tubería. En la margen opuesta, al finalizar el sifón invertido, se prevé otra cámara de recepción e inicio del tramo subsiguiente del canal. El diseño tipo se encuentra en el [PLANO CT-45](#).



La obra de entrega al embalse (ver [PLANO CT-46](#)), corresponde a una cámara de llegada y a un área de vertido al embalse zampeada con rejunte de mortero, de tal forma de minimizar la erosión local que puede determinar el flujo de los caudales de aporte desde el río Yesera.

### **3.7. CANAL PRIMARIO DE MARGEN IZQUIERDA.**

El Canal Primario de Margen Izquierda parte de la cámara de válvulas de la toma de margen izquierda, ubicada en el pie aguas abajo de la presa Calderas ([Ver PLANO CPRI-01](#)).

Está constituido por un pequeño tramo de canal rectangular de 3,00 m de base. A continuación le sigue una transición de ancho que lo conecta con la cabecera del canal primario de sección rectangular, de 0,60 m de base. Seguidamente, el canal primario de margen izquierda describe una trayectoria curvilínea para poder atravesar por debajo de la rápida ubicada aguas abajo de la presa Calderas ([Ver PLANO CPRI-01](#)).

Para la medición de caudales en el Canal Primario de Margen Izquierda, se ha instalado un medidor Parshall de sección trapezoidal ([Ver PLANO CPRI-03](#)), que permitirá verificar el caudal de agua que se entrega desde la cámara de válvulas de la toma de agua de margen izquierda.

Esta obra tiene capacidad máxima de transporte de 0,122 m<sup>3</sup>/s. Une la obra de toma de margen izquierda en el embalse Calderas con el punto de entrega de caudal más alejado de esta margen en una longitud total de 7,98 km. En los [PLANOS CPRI-04 AL CPRI-16](#), se presentan las plantas y perfiles de todo el canal, identificándose los pasos de quebradas, sifones, puntos de entrega, etc.

Es una obra lineal provista de 5 tramos de canales de sección rectangular y pendientes que varían entre 0,10% y 0,50%.

Existen 4 sifones invertidos que cruzan quebradas de variadas longitudes y profundidades. Estas obras están provistas de un vertedero lateral de excedencias y desarenador aguas arriba de la cámara de ingreso; una cámara de ingreso y otra se salida en la margen opuesta ([Ver PLANOS CPRI-28 AL CPRI-39](#)).

También existen dos puentes canal de longitud aproximada 40 m, resuelto totalmente con estructura continua de hormigón armado de vanos de 10,00 m de luz.

El puente canal es una estructura de H<sup>o</sup>A<sup>o</sup> que toma la misma sección del canal de H<sup>o</sup>C<sup>o</sup> al que pertenece, es decir, dos paredes laterales y una losa de fondo. Utiliza las paredes como vigas portantes armadas. La losa de fondo se arma para controlar la retracción del hormigón y para servir de vínculo entre las paredes del canal y cumplir la doble función de canal y estructura. El espesor de los muros y de la losa de fondo es constante de 0,20 m.

Se han elaborado planos específicos de presentación de la planta y el perfil de los puentes, donde se aprecia la depresión del terreno, y las características dimensionales de la estructura general. Las dimensiones de vigas, columnas y apoyos extremos están contenida en un plano por estructura de cada puente.

Para la presentación de las armaduras de los puentes canal se tienen dos planos por estructura, en el primero con una disposición esquemática de las posiciones y diámetros de las barras de refuerzo, incluyendo los tipos de materiales utilizados y los detalles de las juntas necesarias; y en el segundo un ordenamiento de tales armaduras en las correspondientes planillas de armado indicando además las cantidades de acero necesario en kg para cada uno de los puentes.



### **3.8. CANAL PRIMARIO DE MARGEN DERECHA.**

El Canal Primario de Margen Derecha parte de la cámara de válvulas de la toma de margen derecha, ubicada en el pie aguas abajo de la presa Calderas (**Ver PLANO CPRD-01**).

Está constituido por un pequeño tramo de canal rectangular de 3,00 m de base. A continuación le sigue una transición de ancho que lo conecta con la cabecera del canal primario de sección rectangular, de 0,60 m de base (**Ver PLANO CPRD-01**).

Para la medición de caudales en el Canal Primario de Margen Derecha, se ha instalado un medidor Parshall de sección trapezoidal (**Ver PLANO CPRD-03**), que permitirá verificar el caudal de agua que se entrega desde la cámara de válvulas de la toma de agua de margen derecha.

Esta obra tiene capacidad máxima de transporte de 0,324 m<sup>3</sup>/s. Une la obra de toma de margen derecha en el embalse Calderas con el punto de entrega de caudal más alejado de esta margen en una longitud total de 19,00 km. En los **PLANOS CPRD-04 AL CPRD-35**, se presentan las plantas y perfiles de todo el canal, identificándose los pasos de quebradas, sifones, puntos de entrega, etc.

Es una obra lineal provista de 8 tramos de canales de sección rectangular y pendientes que varían entre 0,07% y 0,13%.

Existen 7 sifones invertidos que cruzan quebradas de variadas longitudes y profundidades. Estas obras están provistas de un vertedero lateral de excedencias y desarenador aguas arriba del la cámara de ingreso; una cámara de ingreso y otra se salida en la margen opuesta (**Ver PLANOS CPRD-64 AL CPRD-78**).

También existen ocho puentes canal de longitudes entre 34 y 55 m, resueltos totalmente con estructura continua de hormigón armado de vanos de 10,00 m de luz.

El puente canal es una estructura de H<sup>o</sup>A<sup>o</sup> que toma la misma sección del canal de H<sup>o</sup>C<sup>o</sup> al que pertenece, es decir, dos paredes laterales y una losa de fondo. Utiliza las paredes como vigas portantes armadas. La losa de fondo se arma para controlar la retracción del hormigón y para servir de vínculo entre las paredes del canal y cumplir la doble función de canal y estructura. El espesor de los muros y de la losa de fondo es constante de 0,20 m.

Se han elaborado planos específicos de presentación de la planta y el perfil de los puentes, donde se aprecia la depresión del terreno, y las características dimensionales de la estructura general. Las dimensiones de vigas, columnas y apoyos extremos están contenida en un plano por estructura de cada puente.

Para la presentación de las armaduras de los puentes canal se tienen dos planos por estructura, en el primero con una disposición esquemática de las posiciones y diámetros de las barras de refuerzo, incluyendo los tipos de materiales utilizados y los detalles de las juntas necesarias; y en el segundo un ordenamiento de tales armaduras en las correspondientes planillas de armado indicando además las cantidades de acero necesario en kg para cada uno de los puentes.



### **3.9. AUSCULTACIÓN.**

#### **3.9.1. DEFINICIÓN Y OBJETIVOS.**

La actividad de "auscultación" de la Presa de Calderas será el conjunto de tareas con equipo específico necesario para conocer y evaluar su comportamiento y aquella de todas sus obras accesorias, tanto durante su construcción, como a lo largo de su vida útil.

El objetivo principal de la auscultación de la Presa de Calderas es **controlar su seguridad**. Auscultar la presa de Calderas corresponde a tomar todo el conocimiento para tomar decisiones que permitan evitar cualquier tipo de fallas o accidentes.

La presa de Calderas será construida para obtener un almacenamiento de agua para el riego de cerca de 1.200 ha. Por lo tanto, es esencial para los regadíos previstos que tienen consecuencias sobre la actividad agropecuaria. El embalse de Calderas es un potencial hidráulico que quedará sustentado con la seguridad de la presa.

El previsto uso y la gestión misma de la presa para riego, considerando la realidad económica de su ejercicio, llevan a elegir tipo y nivel de la auscultación posible, tratando de aprovechar al máximo de las posibilidades que ofrece la tecnología.

#### **3.9.2. AUSCULTACIÓN DE LA PRESA DE ENROCADO DE CALDERAS.**

##### **3.9.2.1. Introducción y magnitudes de control.**

Las presas de "materiales sueltos" están formadas exclusiva o preferentemente por materiales naturales como son las piedras, gravas, arenas, limos, arcillas y suelos en general. La presa de Calderas será de "enrocado". Se prevé que el material con adecuada granulometría será la piedra gruesa (entre 1 cm y 1 m). La impermeabilidad estará determinada por un paramento de HºAº aguas arriba debidamente fundado sobre un plinto perimetral.

Las magnitudes que se deberán controlar serán las siguientes:

- Seguridad de la presa, medida a través del control de sus movimientos horizontales y verticales.
- Volúmenes de embalse, medidos mediante el conocimiento de los niveles hídricos en el embalse.
- Filtraciones, medidas con una canaleta de control y medición y control de la napa aguas abajo de la presa mediante tres piezómetros en línea.
- Parámetros climáticos, registrados en una estación climatológica principal (SENAMHI).
- Deformaciones, dilataciones y contracciones térmicas de las losas de Hº Aº del paramento de aguas arriba.

##### **3.9.2.2. Procedimientos de auscultación para la presa de Calderas.**

De acuerdo con las magnitudes que se quieren controlar y el rango de valores que asumirán los parámetros, para realizar la auscultación, se prevén equipos y sitios de lectura. Se consideran también, tanto el grado de precisión, como la sensibilidad que se pretende alcanzar.

La auscultación para la presa de Calderas permitirá obtener la información necesaria y suficiente para comprobar su buen comportamiento general y para detectar cualquier indicio de condiciones adversas en cuanto a asentamientos, filtraciones, etc. Permite también valorar la seguridad de la presa durante su construcción, su primer llenado y su posterior explotación.



### **3.9.2.3. Procedimiento para controlar los movimientos horizontales y verticales.**

La confiabilidad general sobre la estabilidad de la presa de Calderas se podrá obtener al controlar sus movimientos en el espacio por medio de un procedimiento geodésico-topográfico, que se describe a continuación.

Se controlarán los desplazamientos mediante la colimación de puntos de referencia desde aquellos de observación, todos ubicados en la pantalla de aguas debajo de la presa y en sus obras complementarias. Para cada punto se dispondrá de las coordenadas (x, y, z). Las diferencias de coordenadas ( $\Delta x$ ,  $\Delta y$ ,  $\Delta z$ ) que podrán ocurrir en el tiempo podrán determinarse fácilmente. Obviamente, es importante determinar las coordenadas iniciales de los puntos de medida con gran precisión, para que sirvan de referencia y para poder comparar con las mismas las futuras coordenadas de posteriores mediciones.

En el **PLANO PR- 32** , se presenta una planimetría de referencia y un cuadro de las coordenadas UTM de todos los puntos de medición y de emplazamiento de equipo o de referencia, junto a particulares constructivos. Se considerarán los siguientes elementos:

#### **(1): Tres estaciones base fijas (EB1, EB2 y EB3).**

Cada estación base estará realizada por un pilar de hormigón armado que sobre sale 1,05 m sobre el terreno. Penetra 0,80 m para su estabilidad. Sobre el pilar se colocará una caja de bronce de base triangular (**PLANO PR-32**), especialmente realizada para poder instalar en su cara superior un instrumento de colimación (estación total o teodolito). Los lugares elegidos están suficientemente alejados de la presa para que no estén afectados eventualmente por deformaciones próximas que pueda producir la presa o el mismo embalse.

#### **(2): Miras fijas de colimación (de M1 a M8).**

El sistema de colimación se basará en la implementación de ocho miras fijas pintadas. Cinco (M1, M2, M3, M4 Y M5), estarán diseñadas en cinco bases de concreto de los postes de la iluminación de la corona de la Presa (**PLANO PR- 32**). Otras tres miras (M6, M7 y M8) estarán diseñadas en las obras complementarias de salida de las tomas de margen izquierda y margen derecha y en el desagüe de fondo. El detalle de las otras miras se presenta en el **PLANO PR- 33**.

### **3.9.2.4. Procedimiento para determinar los volúmenes del embalse.**

Para lograr la funcionalidad prevista para el riego, que deberá obedecer a un preciso y prefijado calendario de entregas de agua desde la presa, será necesario disponer del conocimiento de los volúmenes útiles disponibles. Esta operación será realizada por el Vigilante de la Presa que deberá medir el nivel de agua en el embalse todos los días a las 8,00 y a las 18,00. El volumen disponible corresponderá a la relación que tienen con las alturas en la curva característica del embalse.

Para la medición óptica directa, en la ladera derecha del embalse, cerca del paramento de aguas arriba, se instalarán en cascada progresiva 4 reglas limnimétricas, cada una de 3 m de longitud. La ubicación de las mismas (códigos **RL1, RL2, RL3 y RL4**) se muestra en la Planimetría del **PLANO PR- 32**. La lectura de la escala métrica podrá realizarla el observador directamente desde la corona de la presa o accediendo a pie hasta las cercanías de la regla que marque el nivel de agua.

Los detalles constructivos de cada regla limnimétrica se presentan en el **PLANO PR- 34**.



### **3.9.2.5. Procedimiento para determinar filtraciones.**

Las filtraciones, mayores o menores, se producen por el contacto de agua con la presa y en el vaso de aguas arriba. En la presa de enrocado de Calderas, debido al material rocoso permeable que constituye la mayor parte del cuerpo de la presa se impone una atenta vigilancia. Un aforo de filtraciones durante la estación seca (al inicio de las operaciones de riego y con el embalse lleno) es, sin duda, el mejor indicador del comportamiento general de la Presa. Su importancia reside en el hecho de que la filtración es una magnitud integral y que, por lo tanto, puede reflejar el comportamiento de toda la presa más que las situaciones puntuales.

El caudal de eventuales filtraciones se deberá medir con intervalos de una semana, observando y registrando también si habrá coloración o turbiedad o si se registrará un aumento anormal del agua de filtración entre las visitas de inspección.

El dispositivo de aforo de filtraciones consistirá en un vertedero en forma de V con pantalla calibrada instalada al final de un canal de H° C° de 25 m de longitud. El canal de control, que tendrá una sección rectangular de 0,60 x 1,00 m, será construido directamente en el fondo del cauce, apenas aguas abajo de la presa. Un aforo preciso y continuo del caudal de filtración será realizado y registrado en las inspecciones visuales del vigilante. Esto será un medio rápido y eficaz para detectar cualquier anomalía en la presa.

El vertedero triangular que será realizado con una plancha de acrílico transparente con escala 1,10 x 0,65 m con un corte superior en forma de V con ángulo de 90°, con ancho b= 0,90 y alto h= 0,45 cm, permitirá medir los caudales (hasta 200 l/ seg) con la siguiente fórmula tradicional, en función de la altura h:

$$Q= 1,5 h^{2,5} \text{ (en m}^3/\text{ seg)}$$

También se realizarán tres piezómetros que se instalarán con boca de pozo en la cota 2.056,00 a una distancia de 50, 100 y 200 m de la base de la presa (ver [PLANOS PR-32](#) y [PR-36](#)). Los piezómetros serán de PVC (DN50 ranurados) serán colocados dentro de una perforación D= 100 hasta una profundidad de 15,00 m. Entre la perforación y el tubo se colocará un filtro constituido por gravilla  $\Phi$  0,5 cm. La boca del pozo estará alojada en un bloque de cemento ciclópeo con el 40 % de piedra desplazado. En la parte superior se protegerá la boca del pozo con una tapa metálica con cierre hermético, con bisagras y una chapa con candado.

### **3.9.2.6. Medición de parámetros climáticos.**

En las cercanías de la casa de la Vigilancia, cumpliendo con todas las normas del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología de Bolivia (SENAMHI) se instalará una moderna Estación Climatológica Principal, cuya instrumentación podrá ser proporcionada por este servicio. Así, se podrán disponer de valores de precipitación, temperatura, humedad, radiación solar, evaporación, dirección y fuerza de los vientos.

### **3.9.2.7. Medición de deformaciones en la pantalla impermeable de H°A° de aguas arriba.**

Los movimientos relativos de una estructura de hormigón respecto a otra parte de las mismas como son las losas de la pantalla impermeable de H°A° de aguas arriba de la presa, se pueden medir con varios tipos de instrumentos para medir deformaciones. Se tienen así medidores de juntas, extensómetros y otras clases de aparatos de control de fisuras.



El método que será utilizado en Calderas será práctico de medición directa con seis dilatómetros. Para ello, como se puede observar en el [PLANO PR-32](#), en la pantalla de H° A° se han elegido 6 puntos de medición (D01 a D06) que serán realizados en las juntas de dilatación entre dos losas contiguas. Se dispondrán en dos alineaciones horizontales de a tres. La primera en la cota 2.086,00 (fuera de agua) y la otra en la cota 2.069,00 (generalmente sumergida), pero sobre la cota del embalse muerto.

En cada punto de medición, el **dilatómetro** estará compuesto por dos perfiles de hierro galvanizado a L (que serán emplazados en paralelo y en la superficie de dos losas contiguas. Cada elemento angular a L tendrá las dimensiones de 2" x 2" x 1/4" y una longitud de 10 cm. En la cara superior se perforarán dos agujeros cónicos de 3 mm de diámetro. La medición de la distancia entre los dos agujeros será realizada directamente con un Nonio o Vernier. Cada perfil deberá quedar bien emplazado en el momento del vaciado de la losa correspondiente y deberá quedar anclado a la misma con una barreta soldada internamente al angular a forma de T.

### **3.10. TRATAMIENTO DEL TERRENO.**

#### **3.10.1. JUSTIFICACIÓN.**

En las investigaciones geotécnicas directas se ha podido observar que en el sitio de la presa se tienen materiales rocosos fuertemente meteorizados, con profundidades que pueden alcanzar hasta 1,00 m de profundidad. Pero se tienen también afloraciones rocosas duras. Por este motivo, se retirará un estrato superficial que podrá tener un espesor promedio de 0,50 m.

Los emplazamientos de las obras complementarias de la presa deberán perfilarse adecuadamente y de acuerdo con los diseños. Se trata generalmente de excavaciones de la roca que se encuentra dispuesta en estratos paralelos y subverticales.

#### **3.10.2. PANTALLA DE IMPERMEABILIZACIÓN AGUAS ARRIBA DE LA PRESA.**

Para completar y garantizar la impermeabilización del paramento de aguas arriba de la presa, teniendo en cuenta la presencia de estratos de roca prácticamente verticales (prácticamente 85°) se procederá a una campaña de inyecciones de cemento en profundidad para realizar un bloque impermeable con el plinto base de apoyo de las losas.

Se realizarán tres series de inyecciones profundas para la impermeabilización utilizando perforaciones NQ con inclinación efectiva respecto a la vertical de 30°, con dirección ortogonal al rumbo de 15° (azimut medio de 285°; buzamiento medio de 89°E). La impermeabilización estará garantizada con el tratamiento intersticial de relleno que afectará a un buen número de estratos. La profundidad máxima efectiva de la impermeabilización en la parte central baja de los plintos sería de 22,50 m, con buena acción sobre las subpresiones.

La primera serie de perforaciones será de 28,00 m; la segunda serie será de 18 m; la tercera serie será de 8m. Las características se detallan en el Cuadro que sigue. El total de perforaciones será de 1.522 m

**CUADRO 3.9: Detalle de las perforaciones.**

<b>ESTRUCTURA</b>	<b>PERFORACIONES DE 28 m</b>	<b>PERFORACIONES DE 18 m</b>	<b>PERFORACIONES DE 8 m</b>
<b>Plinto 1 (B= 3,00 m)</b>	20 x 28 = 560 m	20 x 18 = 360 m	20 x 8 = 160 m
<b>Plinto 2 (B= 2,00 m)</b>	-	13 x 18 = 234 m	12 x 8 = 96 m
<b>Plinto 3 (B= 1,00 m)</b>	-	-	9 x 8 = 72 m
<b>Vertedero</b>	-	-	5 x 8 = 40 m
<b>TOTALES</b>	<b>560 m</b>	<b>594 m</b>	<b>368 m</b>

El contacto entre la superficie plana que se realizará en la extremidad superior de las inyecciones y la base de los plintos será sellada con otras inyecciones de cemento que se realizarán a través de barbacanas de PVC NQ (2 ½").

**3.11. INSTALACIONES ELÉCTRICAS.****3.11.1. ANTECEDENTES.**

Para la provisión de energía eléctrica durante la construcción de la presa, la empresa constructora, de acuerdo con las necesidades de su campamento, de las obras y del equipo que haya propuesto, con la aprobación del Supervisor, deberá establecer definitivamente las características que deberá tener su conexión y el contrato que deberá suscribir con SETAR (Servicios Eléctricos de Tarija).

Para el ejercicio del Sistema de Riego de Calderas, en cambio, se prevé una instalación eléctrica permanente (ver **PLANO PR-31**) que deberá satisfacer las siguientes condiciones.

1. Llevar hasta las cercanías de la presa y de la caseta de vigilancia la línea de alta tensión (AT) de SETAR.
2. La red rural de SETAR de Media Tensión es de 24,9 kV en trifásico y 14,40 kV en monofásico.
3. Proporcionar energía a la caseta del vigilante con una potencia instalada de 4 kVA (ducha, calefacción invernal, iluminación, heladera, computadora, televisión y radio, otros electrodomésticos).
4. Proporcionar energía para la iluminación de la corona de la presa que prevé 14 luminarias de 250 W instalados en postes metálicos de 3". La potencia requerida será de 3,5 kVA.
5. El sistema eléctrico está previsto para que la caída de tensión en Media Tensión (MT) no exceda el 3 % y en Baja Tensión (BT) no exceda el 5 %.
6. El transformador necesario para la iluminación de la corona de la presa y la caseta del vigilante será 24,9 kV/ 0,38 – 0,22 kV. La potencia del transformador será de 10 kVA.

**3.11.2. LINEAS DE AT Y DE BT.**

Para el enlace con la red de SETAR se prevé el conductor tipo 2/0 ACR (270 A).

Los aisladores para la línea de AT tendrán las siguientes características:

- Tensión nominal 34,4 kV
- Nivel Básico de aislación BIL: 75 kV
- Peso: 5,85 kg.
- Clase 56-3
- Tipo: campana.



- Diámetro 7 ½" = 0,18 m
- Largo 5 ¾" = 0,15 m.

Para la red de BT (caseta- iluminación corona) se prevé el conductor 4/0 AWG y para el conductor neutro el N° 2 AWG.

Para la línea de BT los aisladores serán tipo rodillo para 600 V montados en rack en juego de 4 aisladores.

La iluminación será realizada con luminarias de sodio de 250 W que se fijarán a postes metálicos que integrarán la línea de baja tensión (BT).

La protección contra cortocircuitos se obtendrá mediante disyuntor termomagnético.

En el poste donde estará el transformador se colocará un pararrayos de óxido metálico (OZn).

La característica será la siguiente:

Clase distribución ANSI Clase 5 KA IEC  
Voltaje nominal (rated) 9 kV  
Voltaje residual onda 8/20  $\mu$ seg: 5 KA  $V_{rp} = 32,51$  V  
Corriente nominal para descarga: 5 kA  
Altura de instalación 2.100 m snm.

La protección contra sobretensiones en BT se obtendrá aterrando la línea mediante el conductor de puesta en tierra. El conductor será de cobre del tipo 6 AWG. La puesta a tierra será del tipo sólido utilizando jabalinas metálicas.

### **3.12. CAMINO DE ACCESO.**

El acceso al sitio de la Presa Calderas, donde se emplazará el campamento temporal de la Empresa Contratista que se haya adjudicado las obras, se realizará por un camino vecinal que se encuentra en buenas condiciones. Se accede también al cauce por el camino habilitado para la realización de las perforaciones geognósticas. El mejoramiento de estas vías deberá ser realizada a su costo por el Contratista, de acuerdo con su propuesta técnica – económica que deberá estar de acuerdo con el equipo que proponga. Estos accesos hoy están bien y recorribles en todo tiempo. Se accede a los caminos vecinales que interesan desde la carretera pavimentada al Chaco, antes del puente sobre el río Santa Ana.

El acceso al sitio del azud de derivación es también permanente a través de un camino vecinal.

Los caminos de servicio, en cambio, son aquellos previstos en el Diseño Final y que deberán ser progresivamente habilitados, también con el progreso de la construcción del cuerpo de la presa y de todas sus obras complementarias.

Estos caminos de servicio para acceder a la coronación de la presa de enrocado, a los sitios de las cámaras de válvulas de las obras de toma de ambos márgenes y al desagüe de fondo terrazas para el parqueo y la maniobra de vehículos, son los siguientes:

1. Camino de acceso a la presa.
2. Camino de acceso al desagüe de fondo.
3. Camino de acceso a la obra de toma margen derecha.



4. Acceso a la obra de toma margen izquierda.

Para completar estas obras se prevén también varias terrazas de parqueo y maniobra, algunas alcantarillas y el paso sobre el canal primario de margen derecha de los caminos de acceso.



## **CAPITULO 4:** **COMPUTOS, PRECIOS UNITARIOS, PRESUPUESTOS Y CRONOGRAMA DE CONSTRUCCIÓN**

### **4.1. COMPUTOS.**

Para una correcta valoración de la Obra proyectada, así como para facilitar su descripción y, estructurarla con vistas a la redacción del Pliego de Especificaciones Técnicas, se ha subdividido el conjunto de trabajos a realizar en 2 capítulos.

- 1. Presa de enrocado.**
- 2. Obras de trasvase (azud derivador y canal).  
Canales Primarios de riego de las márgenes izquierda y derecha.  
Canales Secundarios de riego de las márgenes izquierda y derecha.**

En consecuencia, el Pliego de Especificaciones Técnicas, la lista de precios unitarios y los volúmenes de obra están estructurados en las siguientes partes.

1. **(TP)** Trabajos preliminares.
2. **(MT)** Movimiento de tierras.
3. **(HAA)** Hormigones, aditivos y acero.
4. **(OC)** Obras complementarias.
5. **(TVC)** Tuberías, válvulas, compuertas y otros.
6. **(E)** Exteriores.
7. **(MA)** Mitigación ambiental.

El computo métrico de las unidades de obra se ha realizado sobre los planos de detalle, estos resultados se reflejan en las diferentes planillas de computos métricos, presentadas en el **TOMO 7 - ANEXO 10** .

### **4.2. PRECIOS UNITARIOS.**

Con el fin de conocer el costo de construcción del Proyecto de Riego Calderas, se ha realizado un análisis de los precios unitarios de los ítems necesarios para la ejecución del mismo.

Los métodos utilizados para definir los precios unitarios, se basan en una serie de análisis, consideraciones y comparaciones de las metodologías, utilizadas por las diferentes entidades que agrupan a las empresas constructoras, (Cámara de la Construcción de Bolivia). INTERPROYECTOS de Bolivia adopta para la elaboración de los análisis de precios unitarios del proyecto, factores de mayoración (cargas sociales, gastos generales, utilidades, IVA, IT), factores debidamente justificados, que permitan contar con precios de referencia, que hagan factible una competencia leal, asimismo que permitan la conclusión de obras en plazo previsto, por contar con precios racionales.

Para el cálculo de los precios unitarios de los diferentes ítems de construcción, INTERPROYECTOS de Bolivia ha utilizado el programa **"QUARK"** Costos y Presupuestos, Programa de Therconsult S.r.l. El detalle del cálculo se presenta en el **TOMO 7 - ANEXO 11** .



### **4.3. PRESUPUESTOS.**

La determinación de los presupuestos de construcción para las estructuras de presa y para las obras de distribución del recurso agua a lo largo del perímetro de riego, se ha basado en el cálculo de precios unitarios actualizados para los ítems más relevantes del proyecto.

El cuadro a continuación presenta el resumen del presupuesto de construcción para cada parte específica de las obras. Por otra parte, el presupuesto de obra fue elaborado de forma desglosada, esto con la finalidad de poder contar con el detalle de cada uno de los componentes que forman parte del proyecto, Presa, Obras de Traslase y Canales de riego principales y secundarios. Asimismo, se menciona el importe relacionado a la indemnización y habilitación de tierras.

A continuación se citan los componentes del presupuesto y el costo parcial de cada componente. Al final se presenta el costo total del proyecto.

<b>Descripción</b>	<b>Monto en U\$</b>
1. Instalación de faenas	99.110,73
2. Presa	
2.1 Cuerpo de la presa, caseta de guardia, auscultación, otros	1.512.948,68
2.2 Pantalla impermeable y Corona de la presa	742.275,23
2.3 Camino de servicio	47.282,89
2.4 Desagüe de fondo - Obra de toma	1.761,35
2.5 Desagüe de fondo - Pozo de acceso a válvulas	91.084,09
2.6 Desagüe de fondo - Estructura de protección de tuberías	75.323,03
2.7 Desagüe de fondo - Cámara de válvulas	168.801,37
2.8 Obra de toma margen derecha - Cámara de ingreso	1.899,86
2.9 Obra de toma margen derecha - Cámara de válvulas	50.249,21
2.10 Obra de toma margen derecha - Estructura de protección de tuberías	19.708,50
2.11 Obra de toma margen izquierda - Cámara de ingreso	1.897,63
2.12 Obra de toma margen izquierda - Cámara de válvulas	37.708,47
2.13 Obra de toma margen izquierda - Estructura de protección de tuberías	14.950,81
2.14 Aliviadero de superficie - Cubeta y Vertedero	69.731,08
2.15 Aliviadero de superficie - Tronco de transición	37.229,39
2.16 Aliviadero de superficie - Rápida y salto de esquí	172.755,23
3. Obras de trasvase	1.039.069,64
4. Canal Primario de riego - Margen Izquierda	447.170,41
5. Canal Secundario de riego - Margen Izquierda	98.254,91
6. Canal Primario de riego - Margen Derecha	1.105.758,89
7. Canal Secundario de riego - Margen Derecha	254.117,71
8. Prevención y Mitigación Ambiental	159.456,12
9. Indemnizaciones	40.000,00
10. Habilitación de tierras	370.000,00
<b>TOTAL</b>	<b>6.658.545,23</b>

El costo total de la obra es de 6.658.545,23 (Seis millones seiscientos cincuenta y ocho mil quinientos cuarenta y cinco 23/100).



En el **TOMO 7 - ANEXO 12**, se presenta el cronograma de inversiones para el total del período de construcción, 2 años. Donde se desglosa por mes la cantidad de recursos que demandará la obra.

#### **4.4. CRONOGRAMA DE CONSTRUCCIÓN.**

La definición del programa de construcción del Proyecto de Riego Calderas ha seguido consignas de trabajo que fueron definidas sobre la base de consideraciones hidrológicas y técnicas necesarias para poder lograr las siguientes metas:

- Por tratarse de un proyecto donde el objetivo fundamental es la optimización de la administración de recursos hídricos y edafológicos, resulta indispensable que las obras del proyecto, en especial las de la presa de almacenamiento, se puedan concluir lo más rápido posible. Para ello y dados los volúmenes de obra es recomendable iniciar las obras de construcción a más tardar el mes de abril, y tener sustancialmente terminada la presa y las obras del aliviadero de superficie al final del segundo año de construcción, es decir a mediados del mes de octubre del 2007.
- El desagüe de fondo y las dos obras de toma de ambas margenes, se realizaran en 7 meses. El aliviadero se superficie en una primera etapa, excavaciones, se realizará entre abril y mayo del 2006 y las estructuras propiamente dichas entre los meses de abril y septiembre del 2007.
- Los caminos de servicio de la presa tendrán su inicio a mediados del mes de enero hasta finales de abril del 2006. Es importante definir estas obras ya que permitirán la circulación de los vehículos que serán empleados en la construcción de las obras.
- Finalmente, no debe olvidarse que además de la presa, deben construirse otras obras de magnitud no menos importante, como el azud derivador, canal de trasvase y canales principales de derivación, que totalizan varios miles de metros cúbicos de excavaciones y hormigones. El azud se empezará a construir en el mes de abril hasta mayo del 2007. El canal de trasvase y los canales de riego, tanto principales como secundarios se empezarán a realizar en el mes de enero del 2006 hasta diciembre del 2007.

Tomando en consideración lo expuesto líneas arriba, el cronograma de obra propuestos para la construcción de la presa de enrocado y obras conexas, además del canal de trasvase y los canales principales y secundarios de riego, se presenta en el **TOMO 7 del ANEXO 9**.