

1. Generalidades

1.1. Introducción

El sistema de aducción de trasvase de la Presa Calderas se ubica en la comunidad de Yesera Centro del departamento de Tarija (Bolivia), tiene una longitud de 8,54 Kilómetros que transporta el agua mediante una presa derivadora en el margen derecho del río Yesera al embalse de la Presa Calderas y también existe un canal de riego (Tárraga) en el margen izquierdo del río, el sistema de trasvase cuenta con todos sus componentes de captación, donde se observó problemas en algunas obras hidráulicas y tramos del canal donde se reduce la eficiencia del transporte del agua al embalse de la presa Calderas debido a la sedimentación y falta de mantenimiento que empieza desde la obra de toma, del cual se realizó el cálculo hidráulico verificando y demostrando la pérdida de caudal debido a los sedimentos acumulados aguas arriba del azud bloqueando parcialmente las bocatomas, también la colmatación total de los desarenadores demostrando su falta de capacidad, y así proponiendo la implementación de compuertas de limpieza de sedimentos, ya que la tubería de 4" no es eficaz cuando el desarenador está totalmente colmatado, y se realizó en el cálculo hidráulico de los tramos sedimentados del canal de riego Tárraga y el canal de trasvase demostrando la reducción de eficiencia ya que debido a la acumulación de sedimentación que disminuye el tirante de agua, alterando la pendiente y en consecuencia disminuyendo la velocidad y el caudal de agua, como también se extrajo muestras de sedimentos del canal de riego Tárraga y canal de trasvase para su análisis granulométrico para posteriormente determinar la fuerza tractiva, como también del desarenador para verificar su eficiencia, también en campo se identificó tramos críticos a derrumbes de taludes adyacentes al canal que pueden ocasionar daños severos al canal, por lo cual se propuso un plan de mantenimiento tanto rutinario, preventivo y de emergencia, con un presupuesto anual, para la construcción de gaviones para evitar que los derrumbes del talud dañen a la estructura del canal, zanjas de coronación en tramos críticos del canal de trasvase para evitar la erosión de los taludes, la construcción de un desarenador en el canal de riego Tárraga, así optimizando el transporte de caudal de agua y mitigar daños a la larga al sistema de trasvase y el canal Tárraga, para no perjudicar el caudal de agua transportado al embalse de la presa Calderas que se utiliza para el riego.

1.2. Antecedentes

La mayoría de los sistemas de riego en Bolivia tienen una infraestructura rústica que es mantenida por los usuarios, utilizando sus recursos propios en términos de conocimiento, uso de materiales y mano de obra local, que les permite ser sistemas autogestionarios.

En este tipo de sistemas de riego las tareas de mantenimiento se concentran principalmente en la limpieza de los canales, y la construcción, o reconstrucción, de las obras de captación, tareas que demandan la participación de todos los usuarios, y que de esta manera mantienen sus derechos de uso del agua.

La situación difiere en sistemas mejorados, donde llama la atención que muchas obras se encuentran en proceso de deterioro e inclusive algunas se encuentran abandonadas. Por las particularidades de los sistemas de riego y tomando en cuenta que la literatura sobre el tema de mantenimiento procede de experiencias externas al país, se hace necesario abordar el tema desde el análisis de la situación real de los sistemas mejorados. Para este fin se realizó la investigación a través de estudios de caso, lectura de la información generada por otras investigaciones del PRONAR y la revisión de proyectos de riego a diseño final.

Los resultados del trabajo de campo muestran que los problemas de mantenimiento son comunes en los sistemas de riego mejorados y que, pese a existir una permanente solicitud de los agricultores para mejorar la infraestructura de riego, se puede evidenciar que no realizan un mantenimiento oportuno y bien realizado. Inclusive actividades que podrían ser realizadas sin mucha inversión de dinero son postergadas hasta que la obra se destruya totalmente.

Los diferentes tipos de obras que han sido construidas o mejoradas en los sistemas de riego investigados, requieren de mantenimiento preventivo, rutinario y de emergencia cuyos requerimientos no son asumidos por los usuarios. Persiste en ellos el criterio de que el requerimiento de mantenimiento de la infraestructura mejorada es similar a la rústica, limitándose a la limpieza anual a pesar que esta actividad no es suficiente para conservar la obra funcionando.

1.3. Problema de Investigación

1.3.1. Planteamiento del Problema

Se observaron problemas en el del canal de riego Tárraga y del sistema de aducción de trasvase de la presa Calderas, como falta de remoción de sedimentos en la obra de toma, sedimentación en los canales, derrumbes de los taludes adyacentes y falta de mantenimiento en los desarenadores y sifones que reducen la eficiencia del transporte de agua.

Para analizar la sedimentación del canal de aducción de trasvase y el canal de riego Tárraga, se realizó cálculos hidráulicos verificando la pérdida de capacidad de transporte de agua debido a la sedimentación en la bocatoma, falta de capacidad del desarenador, sedimentación en los desarenadores entadas de los sifones, canal de trasvase y en el canal de riego Tárraga, por lo cual se verificó hidráulicamente la capacidad de estas obras hidráulicas, con lo cual se constató la pérdida de velocidad y caudal lo cual disminuye la capacidad de transporte de agua a la presa Calderas y en consecuencia afectan a las comunidades con zonas agrícolas dependientes del agua del embalse de la presa Calderas y del canal de riego Tárraga.

1.3.2. Formulación del Problema

¿La implementación de un plan de mantenimiento en el sistema de aducción de trasvase de la presa Calderas dará solución a la sedimentación por falta de mantenimiento?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Diagnosticar, analizar y proponer un plan de mantenimiento en el sistema de aducción de trasvase de la presa Calderas debido a la sedimentación por falta de mantenimiento.

1.4.2. Objetivos Específicos

-) Realizar el diagnóstico en el sistema de aducción de trasvase de la presa Calderas, identificando en campo los problemas debido a la sedimentación en el canal de riego Tárraga y el canal de aducción de trasvase, también realizar la medición y toma de muestras de sedimento en el canal de riego Tárraga y el sistema de aducción de trasvase.

-) Analizar la eficiencia hidráulica de la bocatoma del canal de aducción de trasvase, de los desarenadores y del canal de trasvase y el canal de riego Tárraga, como también realizar el análisis granulométrico de las muestras obtenidas en campo para determinar la fuerza tractiva.
-) Implementar un plan de mantenimiento, proponiendo el diseño de un desarenador en el canal de riego Tárraga, el diseño de gaviones en el canal de riego Tárraga y el canal de aducción de trasvase en los tramos críticos, proponer el diseño de compuertas de limpieza para los desarenadores, y posteriormente realizar un plan de mantenimiento rutinario y preventivo para el óptimo funcionamiento del canal de riego Tárraga y el canal de aducción de trasvase, elaborando un presupuesto y cronograma para su mantenimiento.

1.5. Justificación

El presente estudio se realizó para implementar un plan de mantenimiento en el sistema de aducción de trasvase de la presa Calderas para un óptimo funcionamiento, ya que en el diagnóstico se identificó deterioro, sedimentación en el canal y en las obras hidráulicas del canal de trasvase como el desarenador y bocatoma, derrumbes de taludes adyacentes al canal que pueden ocasionar daños.

1.5.1. Técnica

El presente proyecto pretende aplicar y poner en práctica los conocimientos teóricos y prácticos (hidráulica de canales, sedimentación en canales y mantenimiento de obras hidráulicas), identificando los problemas del canal de riego Tárraga y el sistema de trasvase de la presa Calderas proponiendo un plan de mantenimiento para su óptimo funcionamiento.

1.5.2. Social

Tendrá como alternativa de solución tomar medidas de prevención y evitar la falta de agua a las zonas dependientes de la presa de Calderas que son beneficiadas con el riego de sus cultivos y agua para los animales, ya que la falta de agua puede causar pérdidas económicas.

1.5.3. Académica

La investigación propuesta se empleará y profundizará conocimientos en el plan mantenimiento de obras hidráulicas, los cuales pueden ser comparados con otras metodologías.

1.5.4. Institucional

Este trabajo se pretende llegar a ser una contribución a la investigación con respecto a la aplicación de metodologías extranjeras, al momento de realizar futuros planes de mantenimiento en obras hidráulicas, y ser el inicio de una propuesta para generar futuras normativas en el tema de mantenimiento de obras hidráulicas, ya que carecemos de las mismas.

La Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, siendo fiel a su visión de ser “Una institución pública y autónoma, reconocida por su contribución al desarrollo sostenible del país que interactúa con sectores socio-productivos e instituciones educativas de la región y el exterior, despliega una elevada calidad académica en la formación competente e integral de la persona para su inserción exitosa a la actividad productiva y al mercado profesional.

1.6. Hipótesis de Investigación

La implementación de un plan de mantenimiento en el sistema de aducción de trasvase de la presa Calderas y en el canal de riego Tárraga dará solución al problema por la sedimentación.

2. Marco conceptual

2.1. Canales

Los canales son conductos en los que el agua circula debido a la acción de gravedad y sin ninguna presión, pues la superficie libre del líquido está en contacto con la atmósfera. Los canales pueden ser naturales (ríos o arroyos) o artificiales (construidos por el hombre). Dentro de estos últimos, pueden incluirse aquellos conductos cerrados que trabajan parcialmente llenos (alcantarillas, tuberías). (Villón, 2007, p. 15).

2.1.1. Secciones cerradas

Sección circular y sección de herradura. Se usan comúnmente para alcantarillas y estructuras hidráulicas importantes.

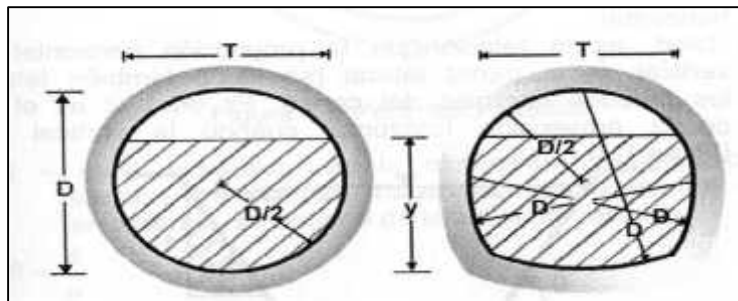


Figura 1. Sección Transversal Cerrada.

Fuente: Villón, 2007, p. 17.

2.1.2. Secciones abiertas

Sección trapezoidal, se usa siempre en canales de tierra y en canales revestidos.

Sección rectangular, se emplea para acueductos de madera, para canales excavados en roca y para canales revestidos.

Sección triangular, se usa para cunetas revestidas en las carreteras, también en canales de tierra pequeños, fundamentalmente por facilidad de trazo, por ejemplo, los surcos.

Sección parabólica, se emplea a veces para canales revestidos y es la forma que toman aproximadamente muchos canales naturales y canales viejos de tierra. (Villón, 2007, p. 16).

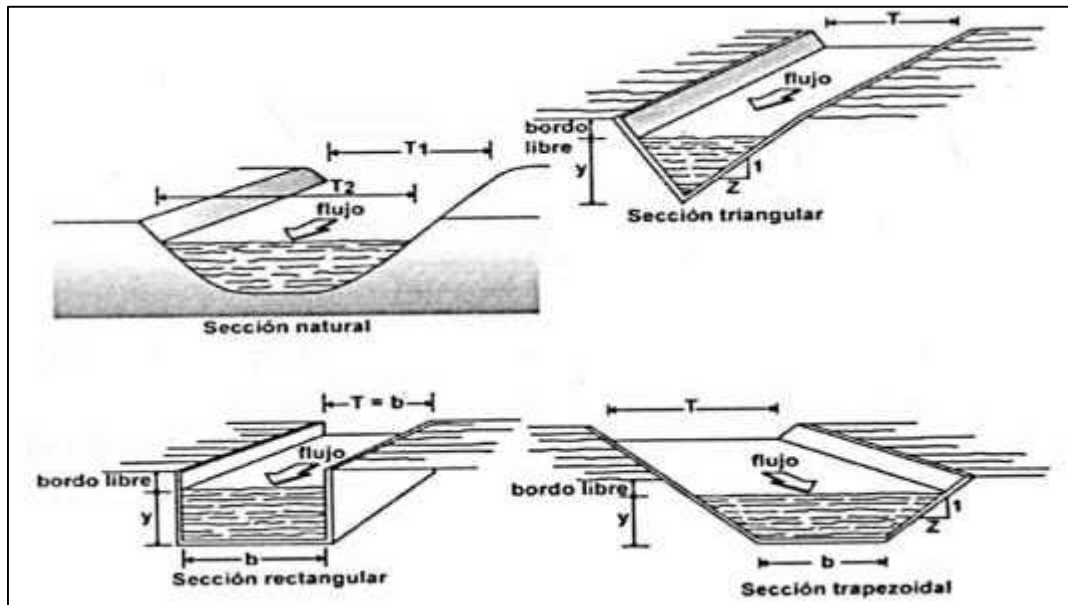


Figura 2. Sección Transversal Abierta.

Fuente: Villón, 2007, p. 17.

2.1.3. Elementos de un canal

y = tirante de agua, es la profundidad máxima del agua en el canal

b = ancho de solera, ancho de plantilla, o plantilla, es el ancho de la base de un canal

T = espejo de agua, es el ancho de la superficie libre del agua

C = ancho de corona

H = profundidad total del canal

$H-y$ = bordo libre

= ángulo de inclinación de las paredes laterales con la horizontal

Z = talud, es la relación de la proyección horizontal a la vertical de la pared lateral (se llama también talud de las paredes laterales del canal). Es decir, Z es el valor de la proyección horizontal cuando la vertical es 1.

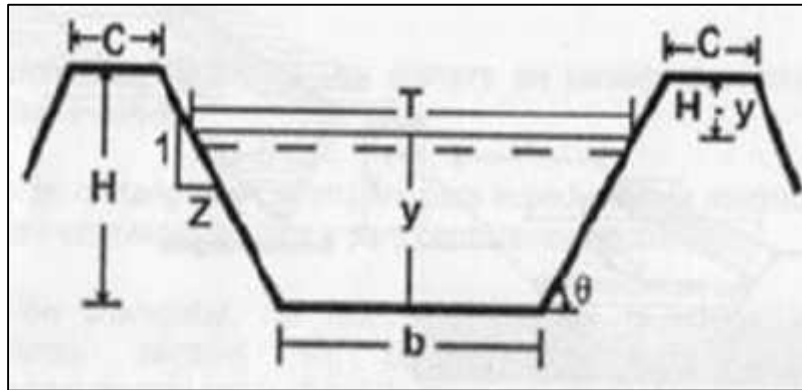


Figura 3. Elementos geométricos de la sección transversal de un canal.

Fuente: Villón, 2007, p. 18.

2.1.4. Geometría del canal

Un canal construido con una sección transversal invariable y una pendiente de fondo constante se conoce como canal prismático. De otra manera, el canal, es no prismático; un ejemplo es un vertedero de ancho variable y alineamiento curvo. Generalmente los canales que se indican son prismáticos. Los canales artificiales a menudo se diseñan con secciones de figuras geométricas regulares. (Villón, 2007, p. 35).

Tabla 1. Elementos geométricos de secciones de canal.

Sección	Área hidráulica A	Perímetro mojado P	Radio hidráulico R	Espejo de agua T
 Rectangular	by	$b+2y$	$\frac{by}{b+2y}$	b
 Trapezoidal	$(b+zy)y$	$b+2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+z^2}}$	$b+2zy$
 Triangular	zy^2	$2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1+z^2}}$	$2zy$
 Circular	$\frac{(\theta - \text{sen}\theta)D^2}{8}$	$\frac{\theta D}{2}$	$(1 - \frac{\text{sen}\theta}{\theta})\frac{D}{4}$	$(\frac{\text{sen}\theta}{2})D$ ó $2\sqrt{y(D-y)}$
 Parabólica	$\frac{2}{3}Ty$	$T + \frac{8y^2}{3T}$	$\frac{2T^2y}{3T+8y^2}$	$\frac{3A}{2y}$

Fuente: Chow, 1994, p. 36.

2.2. Fórmula de Manning

Esta fórmula cuyo uso se halla más extendido a casi todas las partes del mundo. Proviene de considerar en la fórmula de Chezy un coeficiente C , de forma monómica, igual a:

$$C = \frac{1}{n} * R_H^{1/6}$$

luego, sustituyendo en la fórmula de Chezy, se tiene:

$$v = \frac{1}{n} * R_H^{2/3} * S^{1/2}$$

que es la fórmula conocida de Manning, donde:

v = Velocidad, en m/s.

R_H = Radio hidráulico, en m.

S = Pendiente de la línea de energía, en m/m.

n = Coeficiente de rugosidad; se presentan valores propuestos por Horton, se usan los mismos valores que se utilizan en la fórmula de Ganguillet-Kutter.

Combinando la fórmula de Manning y la ecuación de continuidad, la expresión para el cálculo del caudal que se obtiene es:

$$Q = \frac{1}{n} * A * R_H^{2/3} * S^{1/2}$$

donde:

Q = Caudal o gasto, en m³/s.

A = Área de la sección transversal, en m². (Villón, 2007, p. 71).

Tabla 2. Coeficientes de rugosidad para la fórmula de Manning.

Superficie	Condiciones de las paredes			
	Perfectas	Buenas	Medianamente Buenas	Malas
Tubería hierro forjado negro comercial	0,0120	0,0130	0,0140	0,0150
Tubería hierro forjado galvanizado comercial	0,0130	0,0140	0,0150	0,0170
Tubería de latón o vidrio	0,0090	0,0100	0,0110	0,0130
Tubería acero remachado en espiral	0,0130	0,015*	0,0170	
Tubería de barro vitrificado	0,0100	0,013*	0,0150	0,0170
Tubos comunes de barro para drenaje	0,0110	0,012*	0,014*	0,0170
Tabique vidriado	0,0110	0,0120	0,013*	0,0150
Tabique con mortero de cemento	0,0120	0,0130	0,015*	0,0170
Superficies de cemento pulido	0,0100	0,0110	0,0120	0,0130
Superficies aplanadas con mortero de cemento	0,0110	0,0120	0,013*	0,0150
Tuberías de concreto	0,0120	0,0130	0,015*	0,0160
Tuberías de duela	0,0100	0,0110	0,0120	0,0130
Acueductos de tabión				
Labrado	0,0100	0,012*	0,0130	0,0140
Sin labrar	0,0110	0,013*	0,0140	0,0150
Con astillas	0,0120	0,015*	0,0160	
Canales revestidos con concreto	0,0120	0,014*	0,016*	0,0180
Superficie de mampostería con cemento	0,0170	0,0200	0,0250	0,0300
Superficie de mampostería en seco	0,0250	0,0300	0,0330	0,0350
Acueductos semicirculares metálicos, lisos	0,0110	0,0120	0,0130	0,0150
Acueductos semicirculares metálicos corrugados	0,0225	0,0250	0,0275	0,0300
Canales y zanjas				
En tierra, alineados y uniformes	0,0170	0,0200	0,0225	0,025*
En roca, lisos y uniformes	0,0250	0,0300	0,033*	0,0350
En roca, con salientes y sinuosos	0,0350	0,0400	0,0450	
Sinuosos y de escurrimiento lento	0,0225	0,025*	0,0275	0,0300
Dragados en tierra	0,0250	0,0275*	0,0300	0,0330
Con lecho pedregoso y bordos de tierra enhierrados	0,0250	0,0300	0,035*	0,0400
Plantilla de tierra, taludes asperos	0,0280	0,030*	0,033*	0,0350
Corrientes naturales				
Limplos, bordos, rectos, llenos sin hendiduras ni charcos profundos	0,0250	0,0275	0,0300	0,0330
Limplos, bordos, rectos, llenos sin hendiduras ni charcos profundos; pero con algo de hierba y piedra	0,0300	0,0330	0,0350	0,0400
Sinuoso, algunos charcos y escollos, limpio	0,0330	0,0350	0,0400	0,0450
Sinuoso, algunos charcos y escollos, limpio; de poco tirante, con pendiente y sección menos eficiente	0,0400	0,0450	0,0500	0,0550
Sinuoso, algunos charcos y escollos, limpio; algo de hierba y piedras	0,0350	0,0400	0,0450	0,0500
Sinuoso, algunos charcos y escollos, limpio; de poco tirante, con pendiente y sección menos eficiente, en secciones pedregosas	0,0450	0,0500	0,0550	0,0600
Rios con tramos lentos, cauce enhierrado o con charcos profundos	0,0500	0,0600	0,0700	0,0800
Playas muy enhierradas	0,0750	0,1000	0,1250	0,1500

(*) Valores de uso común para proyectos

Fuente: Villón, 2007, p. 70.

2.3. Flujo en canales con rugosidades compuestas

Un canal puede ser construido de modo que tenga porciones del perímetro mojado con rugosidades distintas, lo que implica diferentes valores del coeficiente de rugosidad n , para cada porción. Como ejemplo se puede mencionar el canal de la siguiente figura, con fondo de concreto y paredes de piedra.

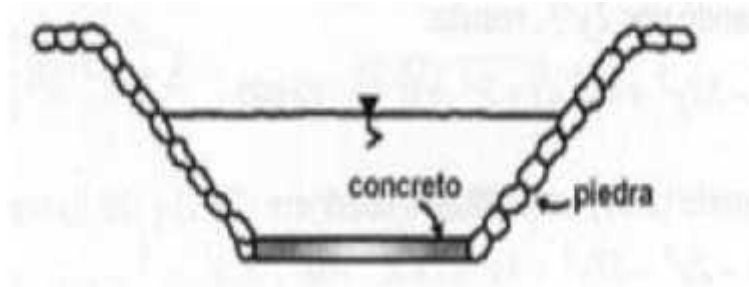


Figura 4. Canal con rugosidades compuestas.

Fuente: Villón, 2007, p. 126.

En este caso, para la aplicación de la fórmula de Manning se debe calcular un valor de n ponderado equivalente, representativo de todo el perímetro mojado de la sección.

Para la determinación de la rugosidad ponderada, el área hidráulica se divide imaginariamente en N partes: A_1, A_2, \dots, A_N , de los cuales los perímetros mojados: p_1, p_2, \dots, p_N y los coeficientes de rugosidades: n_1, n_2, \dots, n_N , son conocidos.

Horton (1933) y Einstein (1934) suponen que cada parte del área hidráulica, tiene la misma velocidad media de la sección completa, es decir, $v_1 = v_2 = \dots v_N = v$. (Villón, 2007, p. 126).

$$n = \left(\frac{\sum_{i=1}^N p_i * n_i^{1,5}}{p} \right)^{\frac{2}{3}}$$

2.4. Fuerza tractiva

Cuando el agua fluye en un canal, se desarrolla una fuerza que actúa sobre el lecho de este en la dirección del flujo. Esta fuerza, la cual es simplemente el empuje del agua sobre el área mojada, se conoce como fuerza tractiva. En un flujo uniforme la fuerza tractiva en apariencia es igual a la componente efectiva de la fuerza gravitacional que actúa sobre el cuerpo de

agua, paralela al fondo del canal e igual a $\gamma A L S$, donde γ es el peso unitario del agua, A es el área mojada, L es la longitud del tramo del canal y S la pendiente. Luego el valor promedio de la fuerza tractiva por unidad de área mojada, conocido como fuerza tractiva unitaria.

2.4.1. Fuerza tractiva permisible

La fuerza tractiva permisible es la fuerza tractiva unitaria máxima que no causa erosión importante en el material que forma el lecho del canal en una superficie plana. Esta fuerza tractiva unitaria puede determinarse por medio de experimentos de laboratorio, y el valor así obtenido se conoce como fuerza tractiva crítica. Sin embargo, la experiencia ha demostrado que en canales reales conformados con materiales gruesos no cohesivos pueden soportar valores sustancialmente más altos que las fuerzas tractivas mínimas medidas en laboratorio. Como la fuerza tractiva permisible es el criterio de diseño para condiciones de campo, el valor permisible puede tomarse menor que el valor crítico. (Chow, 1994, p. 170).

2.5. Obra de toma

2.5.1. Criterios de diseño bocatoma

Las obras de Bocatoma para canales son dispositivos hidráulicos construidos en la cabecera de un canal de riego. La finalidad de estos dispositivos es derivar y regular el agua procedente del canal principal, a los laterales o de éstos a los sublaterales y de éstos últimos a los ramales.

2.5.2. Azud

Es una presa de derivación o presa vertedero a una construcción que se levanta en el lecho de un río, para contener el agua, produciendo una elevación en su nivel que permita la derivación de ella, y estando dispuesto para que las aguas puedan verter por encima. Hacemos la distinción entre azudes y presas de embalse. Si bien ambas construcciones provocan la elevación del nivel del agua. Los azudes están dispuestos preferentemente, para elevar el nivel de agua, siendo un efecto secundario el almacenamiento de agua (el cual es relativamente pequeño). (Krochin, 1978, p. 24).

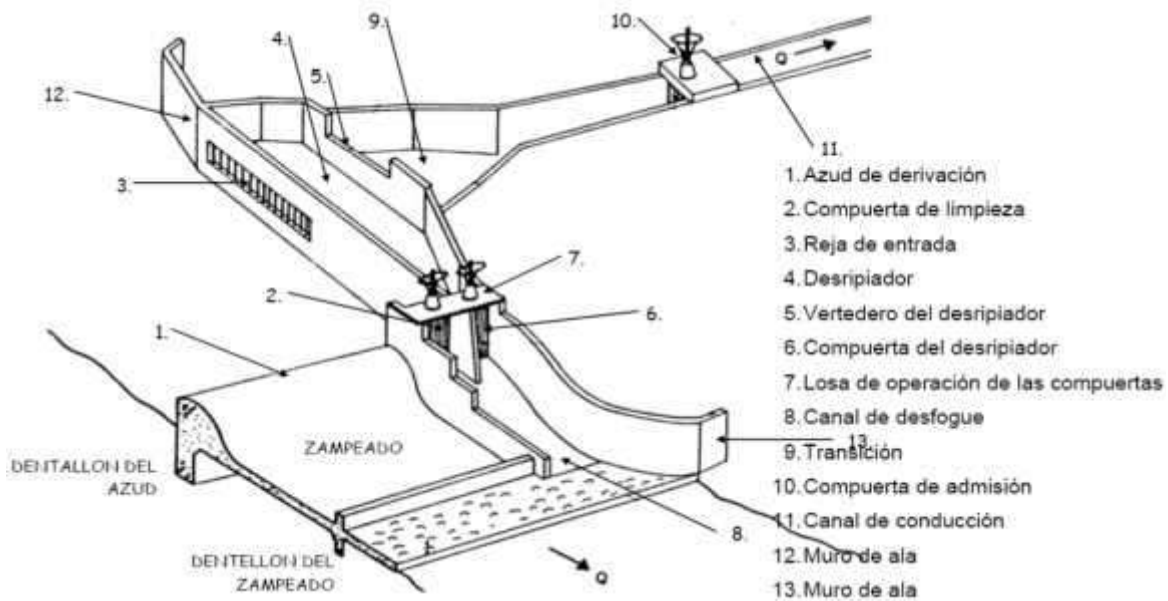


Figura 5. Partes de una toma derivadora de agua.

Fuente: Krochin, 1978, p. 26.

2.5.3. Desarenador

Es la obra hidráulica encargada, básicamente, separar o decantar todo tipo de material con composición sólida que se deriva hacia un canal, dado que todo tipo de material del tipo sólido daña las obras hidráulicas de conducción, tal es el caso de los canales.

Por otro lado, sin un desarenador gran parte del material sólido va depositándose en el fondo de los canales disminuyendo su sección. Esto aumenta el costo anual de mantenimiento y produce molestas interrupciones en el servicio del canal. (Villón ,2005, p. 97).

2.5.4. Clases de desarenadores

En función de su operación

- Desarenadores de lavado continuo, es sedimentación y evacuación:

Es aquel en el que las dos operaciones sedimentación y evacuación son simultáneas.

- Desarenadores de lavado discontinuo (intermitente):

Aquel que almacena y luego expulsa los sedimentos en movimientos separados.

En función de la velocidad de escurrimiento:

De baja velocidad $v_{el} < 1 \text{ m/s}$ (0,20 – 0,60 m/s).

De alta velocidad $v_{el} > 1 \text{ m/s}$ (1,00 – 1,5 m/s)

Por la disposición de los Desarenadores.

En serie, formado por dos o más depósitos construidos uno a continuación del otro.

En paralelo, formado por dos o más depósitos distribuidos paralelamente y diseñados para una fracción del caudal derivado. (Villón, 2005, p. 98).

2.5.4.1. Desarenadores de lavado intermitente

Son el tipo más común y la operación de lavado se procura realizar en el menor tiempo posible con el objeto de reducir al mínimo las pérdidas de agua.

2.5.4.2. Fases del desarenamiento

Fase de sedimentación.

Fase de purga (evacuación).

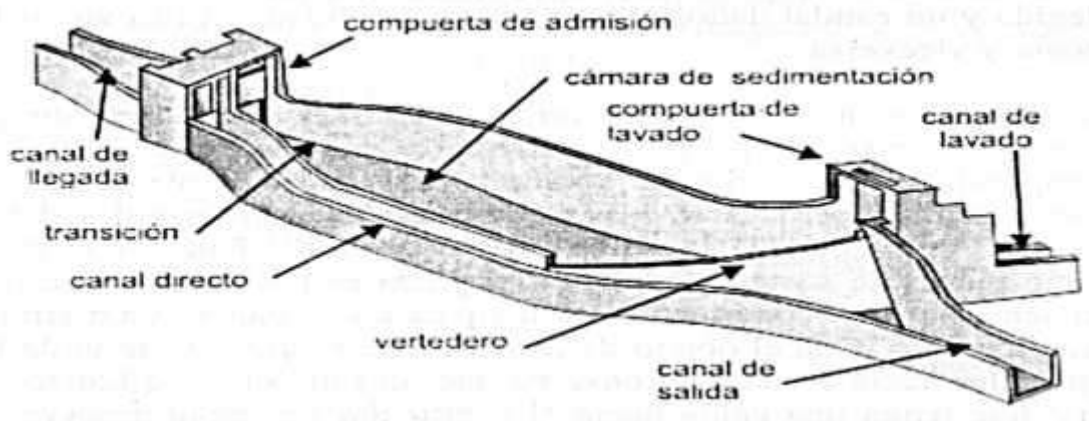


Figura 6. Esquema de un desarenador de lavado intermitente.

Fuente: Villón, 2005, p. 99.

2.5.4.3. Elementos de un desarenador

Para cumplir su función, el desarenador se compone de los siguientes elementos:

Transición de entrada: la cual une el canal con el desarenador.

Cámara de sedimentación: en la cual las partículas sólidas caen al fondo, debido a la disminución de la velocidad producida por el aumento de la sección transversal. (Villón, 2005, p. 99).

Tabla 3. Velocidades límites por debajo de las cuales el agua cesa de arrastrar diversos materiales.

Material	Velocidad (m/s)
arcilla	0,08
arena fina	0,16
arena gruesa	0,22

Fuente: Villón, 2005, p. 100.

2.6. Canal de trasvase

el canal de trasvase es una obra hidráulica cuya finalidad es la de incrementar la disponibilidad de agua en una zona concreta, llevando agua desde una cuenca hidrográfica a otra. El agua trasvasada puede dedicarse a distintos fines, como abastecimiento de poblaciones, regadíos o usos industriales.

2.7. Aspectos conceptuales sobre mantenimiento

Etimológicamente la palabra mantenimiento deriva del francés “maintenance” que significa 1.- mantener, soportar, defender; 2.- trabajo de mantener edificios, maquinarias, etc. en buen estado; conservar una cosa tal como es.

Entonces el concepto de mantenimiento tiene que ver con los diversos trabajos necesarios para asegurar la eficacia operativa (funcionamiento) de una obra hidráulica y hace referencia a las actividades que se realizan después de que la obra ha sido construida adecuadamente.

Toda obra hidráulica después de su funcionamiento está sometida al deterioro ya sea por agentes mecánicos, físicos, químicos o biológicos y la durabilidad de estas, depende, por un lado:

- a) De la calidad de las obras, que son el reflejo de un buen diseño, una buena construcción, buenos materiales de construcción, para citar las características más importantes,
- b) De la buena operación, que se refleja en el correcto criterio para el manejo de las obras, por parte del personal a cargo,
- c) Pero en gran medida un buen mantenimiento, se refleja por el seguimiento ordenado de un plan de mantenimiento, con el que se puede alargar la vida útil de la obra diseñada por un tiempo indefinido.

Es también importante determinar los objetivos que se quieren alcanzar con el mantenimiento. Al respecto, Gandarillas (2002), dice que el objetivo fundamental del mantenimiento es el de prevenir, anticipar y evitar interrupciones en la operación de los sistemas de riego, estableciendo acciones que permitan un funcionamiento eficiente, al costo mínimo posible, asegurando la distribución de agua a los usuarios en el momento que se necesita. Gandarillas (2002), indica que el mantenimiento tiene como objetivo: maximizar la vida útil de las obras e instalaciones y minimizar los costos de las reparaciones. Para maximizar la vida útil, de los sistemas de riego en óptimas condiciones de operación se requiere:

- a) Conocer los costos de las obras e instalaciones y los costos de mantenimiento de las mismas.
- b) Desarrollar los medios y/o mecanismos de seguimiento y control del funcionamiento de las obras e instalaciones del sistema de riego.
- c) Desarrollar métodos para evaluar el desempeño de los trabajos de mantenimiento que se realizan.
- d) Mejorar la habilidad del personal encargado del mantenimiento mediante cursos, prácticas y conocimiento de las funciones de las instalaciones.

2.8. Mantenimiento de la infraestructura en sistemas de riego mejorados

La mayoría de los sistemas de riego en Bolivia tienen una infraestructura rústica que es mantenida por los usuarios, utilizando sus recursos propios en términos de conocimiento, uso de materiales y mano de obra local, que les permite ser sistemas autogestionarios.

En este tipo de sistemas de riego las tareas de mantenimiento se concentran principalmente en la limpieza de los canales, y la construcción, o reconstrucción, de las obras de captación, tareas que demandan la participación de todos los usuarios, y que de esta manera mantienen sus derechos de uso del agua. (PROAGRO, 2011, p. 7).

2.8.1. Causas que limitan el mantenimiento en sistemas de riego

Por lo visto, persisten dos formas de ver esta temática, por un lado, la lógica campesina que, a partir de su práctica, considera suficiente la limpieza de los canales y reconstrucción de la obra de toma aportando con mano de obra. Por otra, la nueva lógica (nueva infraestructura) que demanda otras rutinas de mantenimiento requiere nuevos conocimientos técnicos y recursos adicionales a la mano de obra.

Sin embargo, si bien es cierto que los campesinos no asumen apropiadamente la responsabilidad del mantenimiento, también es evidente que cuando se diseña y construye la infraestructura de riego, los ingenieros no siempre analizan la posibilidad de ser mantenida, tomando en cuenta sus características y las condiciones de riesgo bajo las cuales se construyen. (PROAGRO, 2011, p. 27).

2.8.2. Condiciones del entorno

Las condiciones del entorno son aquellos factores sobre los cuales los técnicos y eventualmente los usuarios tienen escasas posibilidades de influir, pero que deben tomarse en cuenta cuando se pretende introducir cambios en la infraestructura del sistema de riego. (PROAGRO, 2011, p. 28).

2.8.2.1. Entorno económico productivo

El aporte de cuotas es para responder a las emergencias que se presentan en la infraestructura, cuando la obra está dañada, destruida o inutilizada. No existe la práctica de aportar cuotas

para el mantenimiento de las obras antes de ser destruidas. Por tanto, cuando el daño es mayor, los regantes ya no están en condiciones económicas de responder a la demanda, abandonando, en muchos casos, la obra destruida e inutilizada.

A pesar de que una mayor oferta de agua genera mejores condiciones de producción, no es prioridad para los regantes invertir en el mantenimiento de las obras. La mayoría de los regantes prefieren invertir sus réditos en otros rubros que mejoran su situación familiar, consiguientemente, no hay una inversión para las demandas o intereses colectivos, necesaria para la sostenibilidad de un sistema de riego. Se ve más bien una tendencia a la satisfacción de intereses y necesidades individuales. (PROAGRO, 2011, p. 28).

2.8.2.2. Entorno social

Consecuentemente, la calidad del mantenimiento de la infraestructura de riego está muy relacionada con la importancia que dan las organizaciones de riego a esta actividad en cuya organización se encuentra gente profesional, la infraestructura está bien mantenida. Es más, los usuarios con sus aportes económicos han adecuado las obras que tenían problemas una vez retirada la empresa constructora. (PROAGRO, 2011, p. 29).

2.8.2.3. Entorno institucional

Entonces cabe la pregunta ¿si éstas inversiones que realiza el Estado no debiesen ser controladas por las diferentes instancias político ejecutivas como son las Prefecturas, Municipios que realizan inversiones en el rubro del riego? Finalmente se ha podido observar que, en los sistemas de riego mejorados existe un acta de entrega de obra a los usuarios, pero no existe un documento específico que los comprometa al mantenimiento de las obras y que condicione al cumplimiento del compromiso, la realización de nuevas inversiones con fondos del Estado. (PROAGRO, 2011, p. 30).

2.8.2.4. Entorno cultural

En los sistemas de riego campesinos no mejorados, la limpieza de los canales es una actividad festiva en la que se comparte, además del trabajo, comida, bebida, intercambio de información, etc. En este evento también se eligen las nuevas autoridades de agua (jueces de

agua, alcaldes de agua, jarreros, mayordomos y otros). Por estas connotaciones, la limpieza perdura en los sistemas de riego mejorados. (PROAGRO, 2011, p. 31).

2.8.2.5. Entorno tecnológico

Este entorno está relacionado con el conocimiento de los usuarios sobre el uso de la tecnología. En muchos casos las obras son abandonadas porque no tienen conocimiento de cómo repararlas. Este es el caso de las compuertas de los diferentes tipos de obras que, para repararlas, contratan el servicio de un soldador, quien no es capaz de resolver el problema, limitándose solamente a soldar. De esta manera, después de varios intentos de solucionar el problema optan por abandonar el uso de las compuertas. (PROAGRO, 2011, p. 31).

2.9. Riesgos físicos de las obras

La ingeniería de riego en montaña hace que en el momento de diseñar se tenga que analizar y evaluar aspectos como: 1.- Riesgos de sedimentación y deslizamientos producidos por la construcción de canales de riego y otras obras, 2.- Pérdidas de inversiones económicas y de mano de obra por sedimentación y deslizamientos naturales, 3.- Costos por hectárea para el control de erosión, deslizamiento y sedimentación, incluyendo obras de protección en el área de influencia de la infraestructura de riego.

El análisis de estos elementos permitirá seleccionar un apropiado trazo de la red física de un sistema de riego basado en la evaluación de riesgos. Además, de la construcción de infraestructura de protección para minimizar la degradación del medio ambiente. (PROAGRO, 2011, p. 35).

2.10. Tipos de mantenimiento

Los tipos de mantenimiento, se definen en función de los momentos y los motivos por los cuales se realiza, marco en el cual generalmente se reconocen:

- a) Mantenimiento Rutinario.
- b) Mantenimiento Preventivo.
- c) Mantenimiento de Emergencia.
- d) Rehabilitación.

2.10.1. Mantenimiento rutinario

El mantenimiento rutinario es aquel que se realiza en forma repetitiva, cuyas tareas pueden ser normadas y planificadas en función de los requerimientos de mano de obra, materiales, métodos y tiempos, aunque el concepto incluye la norma y planificación de tiempos, el mantenimiento rutinario o normal son términos sinónimos que se refieren a las actividades usuales (normales) que se conducen anualmente para un sistema de riego añadiendo que el mantenimiento normal envuelve aquellas actividades hechas comúnmente cada año.

La FAO (1991), señala que el mantenimiento rutinario es aquel que se realiza en forma repetitiva, cuyas faenas pueden ser reglamentadas y planificadas en función de las necesidades de mano de obra, materiales y tiempo, pudiendo ser descrito y normado en función de:

- a) Tipos de actividad.
- b) Personal requerido.
- c) Método de trabajo realizado.
- d) Materiales y equipos necesarios.
- e) Tiempo.

Las actividades repetitivas dentro del mantenimiento de un sistema de riego son:

- a) Limpieza de canales.
- b) Engrasado de compuertas.
- c) Inspecciones.
- d) Limpieza de válvulas, reglas, etc.
- e) Nivelación de caminos. (PROAGRO, 2011, p. 11).

2.10.2. Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo es aquel que se realiza anticipando problemas que pudieran presentarse en el sistema, para minimizar las fallas de equipo e instalaciones tanto como sea posible, el mantenimiento preventivo, es un programa para cuidar las causas que crean las necesidades de mantenimiento cuando son solamente problemas menores, en vez de permitir

que tales necesidades de mantenimiento no sean atendidas hasta que se conviertan en un problema grande y caro.

El objetivo principal del mantenimiento preventivo es el de anticiparse al problema (prevenir), consiste en efectuar las reparaciones antes de que ocurran las fallas, realizando una programación de tareas que generalmente se basan en:

- a) La historia del sistema.
- b) Inspecciones periódicas.
- c) Diagnósticos.

Las principales actividades que realiza el mantenimiento preventivo son:

- a) Parchado de canales revestidos.
- b) Protección de quebradas.
- c) Engrasado y pintado de compuertas.
- d) Limpieza de válvulas.
- e) Arreglo y limpieza de drenajes y alcantarillado.
- f) Reposición y sellado de juntas de dilatación. (PROAGRO, 2011, p. 12).

2.10.3. Mantenimiento de emergencia

El mantenimiento de emergencia es aquel que debe realizarse como consecuencia de daños totales o parciales, producidos de manera inesperada en las obras, en los que es muy difícil definir acciones preventivas específicas. Este tipo de mantenimiento se realiza cuando se presentan problemas producidos de manera imprevisible, cuando es difícil realizar un programa de mantenimiento preventivo, el mantenimiento de emergencia cuando ocurren condiciones no usuales que ponen en juego la seguridad de las obras, entonces se realiza este tipo de mantenimiento debido a su urgente necesidad de tomar acciones inmediatas. (PROAGRO, 2011, p. 12).

La FAO (1991), admite el mantenimiento de emergencia con el nombre de mantenimiento especial, e indica que comprende todas las reparaciones de daños causados por grandes calamidades, como inundaciones, terremotos y tifones, donde el carácter imprevisible de dichos fenómenos naturales, dificulta mucho el tomar medidas preventivas y concretas,

recomendando técnicamente, la instalación de obras de protección en zonas especialmente propensas y administrativamente la partida presupuestaria de un fondo especial de reserva.

Pese a la incertidumbre y características imprevisibles de los fenómenos naturales, en aquellos sistemas que están expuestos a sufrir daños de manera repentina, se puede considerar:

- a) La implementación de brigadas de emergencia que efectúen la vigilancia de las obras expuestas a daño en determinados momentos de su funcionamiento u operación.
- b) La disponibilidad de fondos de contingencia.

2.10.4. Rehabilitación y/o mantenimiento diferido

En la mayoría de los casos se requiere de rehabilitación, cuando la acumulación de necesidades de mantenimiento diferido se ha vuelto tan grande, que la operación del sistema está restringida significativamente. Asimismo, indica que, si se siguió un programa efectivo de mantenimiento preventivo, la rehabilitación se resume a un cambio de estructuras viejas por nuevas. (PROAGRO, 2011, p. 12).

2.10.4.1. Mantenimiento estructural esencial

El mantenimiento estructural esencial es el mantenimiento requerido por las estructuras de control de flujos que también permite el uso de las estructuras para medida de descarga después de la calibración. (PROAGRO, 2011, p. 13).

2.10.4.2. Mantenimiento de actualización “Catch up”

El mantenimiento de actualización es un programa para hacerse cargo de las necesidades de mantenimiento diferido para mejorar el rendimiento hidráulico del sistema. (PROAGRO, 2011, p. 13).

2.11. Planificación del Mantenimiento

Según la FAO (1991), para poder realizar un buen mantenimiento son necesarios una serie de pasos sistemáticos y ordenados de planificación basándose en un programa de mantenimiento. Un buen programa de mantenimiento debe seguir los siguientes pasos:

- a) Hacer un inventario de todas las obras que necesitan mantenimiento.
- b) Determinar el volumen de los trabajos de mantenimiento que se realizarán cada año.
- c) Establecer el ciclo óptimo de mantenimiento para cada tipo de obra.
- d) Determinar las necesidades de maquinaria y mano de obra para llevar a cabo el mantenimiento.
- e) Elaboración del presupuesto y establecer el orden de prioridades.

a) Inventario de infraestructura

Pese a que la mayoría de los sistemas de riego poseen mapas, planos y listas de las principales obras e instalaciones, deben agruparse estos instrumentos con fines de mantenimiento, es decir según sus características análogas; de esta manera, pueden simplificarse los cálculos y utilizarse la maquinaria de forma óptima.

b) Volúmen de las actividades de mantenimiento

Generalmente el volumen de trabajo que debe realizarse, se calcula por medio de una inspección visual, a la que sigue la medición minuciosa del volumen, superficie o longitud de cada tarea. El cálculo más complicado suele ser la estimación de limpieza de sedimentos, por las características variables de los tramos de canal que hacen que el agua imprima velocidades diferentes, lo que causa diferencias en su velocidad y hace que el sedimento no se deposite en forma uniforme.

c) Ciclo óptimo de mantenimiento

Gandarillas (2002), indica que los ciclos de mantenimiento son aquellos en los cuales de una manera segura deben realizarse las actividades repetitivas en relación con la infraestructura de los sistemas de riego (canales, caminos, etc.).

En consecuencia, el ciclo óptimo de mantenimiento debe ser ajustado en cada sistema en función de diversos factores como ser:

- a) Calidad de la construcción.
- b) Clima.
- c) Estaciones.
- d) Períodos de operación.

e) Calendarios agrícolas.

d) Necesidades de maquinaria y personal

FAO (1991) indica que en cualquier programa de mantenimiento el siguiente paso consiste en determinar la maquinaria y el personal que hacen falta para llevar a cabo el volumen de trabajo identificado. Antes de escoger un método, debe definirse si el mantenimiento se lo realizará por medios mecánicos o manuales; en este sentido los proyectos de tecnología de elevado costo prefieren los medios mecánicos por la falta de disponibilidad de personal técnicamente capacitado, mientras que los proyectos de bajo costo van a depender casi siempre del trabajo manual.

e) Costos y prioridades del mantenimiento

La elaboración del presupuesto del programa de mantenimiento, sugiere una tarea fácil, porque ya se determinó el volumen de trabajo que va a realizarse y de igual manera se conocen los precios unitarios básicos. Una vez determinado el presupuesto de mantenimiento, como en toda operación presupuestaria, es necesario reexaminar la estimación de costo inicial y reducirlas y ajustarlas en función de los medios financieros que se disponga. (PROAGRO, 2011, p. 13).

2.12. Trabajos de mantenimiento

2.12.1. Canales de riego

Los canales en las redes de riego son por lo general de tierra o con revestimiento de concreto, por lo que sus características de mantenimiento difieren mucho; de esta manera se los estudia por separado. (PROAGRO, 2011, p. 15).

2.12.2. Canales revestidos

Los principales trabajos de mantenimiento en canales revestidos son la sustitución de juntas, la sustitución de lozas de concreto en mal estado, eliminación de malas hierbas en las juntas de dilatación y en las superficies de las losas, control y tratamiento de los desarenadores, control y eliminación del sedimento.

La eliminación del sedimento en los canales de concreto es una operación costosa porque tiene que hacerse principalmente a mano y alternativamente puede usarse equipo mecánico siempre y cuando esté acondicionado especialmente para evitar daños al revestimiento. Es costumbre en algunos sistemas, soltar agua violentamente en el canal para arrastrar el sedimento a un lugar y concentrarlo en otro de donde luego pueda fácilmente eliminarse. La condición para realizar esta operación es que el canal funcione a su máxima capacidad para alcanzar de esta forma la mayor velocidad posible. (PROAGRO, 2011, p. 15).

2.12.3. Canales de tierra

La excesiva sedimentación es tal vez el problema más común que influye en el funcionamiento de los canales no revestidos.

Las filtraciones en los canales constituyen un verdadero problema cuando no se reparan oportunamente lo que da lugar a grandes roturas en las paredes con mayores inconvenientes y reparaciones más costosas.

Los bordos del canal pueden erosionarse por las lluvias o vientos fuertes, por una mala operación del canal, velocidades erosivas, taludes verticales, por el pastoreo de rebaños o el paso de animales que abreven y el tránsito de vehículos. (PROAGRO, 2011, p. 16).

2.13. Estado de mantenimiento de obras en sistemas de riego mejorados

Los diferentes tipos de obras que han sido construidas o mejoradas en los sistemas de riego investigados, requieren de mantenimiento preventivo, rutinario y de emergencia cuyos requerimientos no son asumidos por los usuarios. Persiste en ellos el criterio de que el requerimiento de mantenimiento de la infraestructura mejorada es similar a la rústica, limitándose a la limpieza anual a pesar que esta actividad no es suficiente para conservar la obra funcionando.

Los problemas comunes de mantenimiento de las obras construidas en los casos estudiados se pueden agrupar en: limpieza de sedimentos, reparación de obras de hormigón, sustitución de juntas, reparación de bordos, conformación de bermas, reparación de compuertas, reparación de válvulas, sustitución de tuberías. A continuación, se describen los problemas de mantenimiento más comunes. (PROAGRO, 2011, p. 19).



Figura 7. Crecimiento de hierbas en el canal.

Fuente: PROAGRO, 2011, p. 19.

2.13.1. Limpieza de sedimentos

Por las características de la zona andina, uno de los mayores problemas que presentan los diferentes tipos de obras es la sedimentación, que demanda mucha inversión de mano de obra de los usuarios cubierta por los aportes en jornales, que les permite mantener sus derechos al agua. Producto de las actividades de limpieza se han identificado dos tipos de problemas: la deposición de sedimentos y la conformación de bermas. (PROAGRO, 2011, p. 20).

2.13.2. Deposición de sedimentos

De todas las actividades que requiere el mantenimiento de la infraestructura mejorada, la remoción de sedimentos es una tarea que puede ser asumida con facilidad por los usuarios, pero como las fechas de limpieza siguen siendo las mismas que cuando el sistema no estaba mejorado, el sedimento se va acumulando y cuando es arrastrado por el agua daña la solera de los canales. En muchos casos la falta de mantenimiento oportuno causa el crecimiento de hierbas en el canal provocando reducción de la capacidad de los mismos y pérdidas de agua. En tomas derivadoras, cuando la acumulación de sedimentos es tan alta que sobrepasa las capacidades de trabajo de los usuarios, las obras son abandonadas y optan por retornar al uso de obras rústicas. En algunos casos, a pesar de que la limpieza sea una práctica asumida por los usuarios, ésta no tiene los efectos esperados cuando se desconoce el funcionamiento de las obras. (PROAGRO, 2011, p. 20).



Figura 8. Sedimentos en obra de toma.

Fuente: PROAGRO, 2011, p. 20.

2.13.3. Conformación de bermas

La conformación de bermas presenta dos tipos de problemas. Por un lado, está la falta de bermas, que pone en riesgo la estabilidad de los muros de la obra y por otro está la acumulación de sedimentos sobre las bermas, cuya consecuencia es la destrucción de la solera por los sedimentos gruesos que constantemente se deslizan al canal. Esta tarea a pesar de que demanda solamente mano de obra, tampoco es una actividad priorizada por los usuarios. (PROAGRO, 2011, p. 21).



Figura 9. Conformación de bermas.

Fuente: PROAGRO, 2011, p. 21.

2.14. El mantenimiento de la infraestructura en sistemas de riego tradicionales

El mantenimiento de sistemas de riego tradicionales en Bolivia presenta una serie de principios y características específicos que a continuación se describen. Un principio básico es que las prácticas de mantenimiento garanticen el funcionamiento integral de la infraestructura de riego, es decir que todas las obras son importantes, sin existir una categorización.

Otro principio que permite la sostenibilidad del mantenimiento en los sistemas de riego campesino es el criterio de equidad expresado en que el derecho a hacer uso del agua está condicionado al cumplimiento de las obligaciones para recibirla, esto quiere decir que nadie puede regar sin haber participado en las actividades de mantenimiento y/o habilitación de la infraestructura de riego. (PROAGRO, 2011, p. 17).



Figura 10. Limpieza tradicional de obra de toma.

Fuente: PROAGRO, 2011, p. 17.

2.15. Etapa de acompañamiento

Tomando en cuenta que los resultados de algunos de los sistemas de riego mejorados no eran los esperados, especialmente en el aspecto del mantenimiento, encontrándose obras en proceso de deterioro y algunas abandonadas, surgió la necesidad de introducir una nueva fase dentro la rutina de los proyectos de riego, denominada inicialmente “Servicio de Acompañamiento” y actualmente Asistencia Técnica Integral (A.T.I.).

El servicio de acompañamiento planteado por el PRONAR vino como una respuesta a los numerosos desencuentros que se generaron entre los diferentes actores que intervienen en la etapa de construcción de la infraestructura de riego. El enfoque centra su atención al fortalecimiento de la organización de regantes y desarrollo de capacidades en la gestión del sistema de riego (administración, distribución y mantenimiento) de tal forma que el sistema mejorado funcione de manera sostenible y de forma autogestionaria una vez concluido el proyecto. (PROAGRO, 2011, p. 39).

2.16. Valoración de los riesgos de la infraestructura y necesidades de mantenimiento

Se entiende por obras bajo riesgo, aquellas que están expuestas a las características físico naturales fuertemente influenciadas por las condiciones climáticas, fisiográficas y la intervención del hombre. Las obras identificadas dentro de la categoría de alto riesgo son aquellas que corren el peligro de ser destruidas por las condiciones del entorno físico natural. Demandan un mantenimiento preventivo permanente y urgente en la misma obra. Por ejemplo, en caso de que las obras estén expuestas a la erosión de taludes de los cerros, actividades como la forestación o construcción de zanjas de infiltración son necesarias y deben ser planificadas. En el caso de obras de toma que corren el riesgo de ser sedimentadas, es necesario que además de mantener la misma obra, se construyan defensivos para disminuir las pendientes de los ríos. (PROAGRO, 2011, p. 42).



Figura 11. Canal con riesgo de derrumbe.

Fuente: PROAGRO, 2011, p. 27.

2.17. Criterios de diseño y construcción de obras de captación

2.17.1. Tomas presas derivadoras

a) Diseño hidráulico

-)] Diseñar el dintel de la bocatoma al mismo nivel o ligeramente inferior a la cresta del azud para permitir que el agua ingrese aun cuando los caudales sean bajos, evita que los usuarios tengan que construir un canal de aproximación para que ingrese el agua por la bocatoma.
-)] Diseñar en el azud una compuerta de limpieza de dimensiones adecuadas que permita la eliminación de sedimentos, reduciendo el trabajo de los usuarios en el mantenimiento.
-)] Diseñar obras completas que incluyan desarenador y/o desgravador según las condiciones de arrastre de material del río (ver desarenadores) y vertederos de excedencias, este es un aspecto que se debe considerar para todos los tipos de tomas.

b) Diseño constructivo

-)] Fundar el azud en material estable para evitar el sifonamiento y colapso de la base de mismo.
-)] Construir el colchón de disipación y el azud con material de resistencia suficiente como para soportar el impacto del material pétreo. (PROAGRO, 2011, p. 47).

2.17.2. Criterios de diseño y construcción de obras de conducción básicas

Canales

a) Diseño hidráulico

-)] Diseñar el trazo del área de influencia de la red para cubrir las demandas de los usuarios, de manera que exista un criterio de equidad.
-)] Diseñar el trazo de los canales principales para cubrir la mayor área de influencia, requerir el menor número de obras de arte, realizar el menor movimiento de tierras e inducir la estabilidad de los canales.

-) Diseñar el trazo de canales de manera coincidente con los límites comunales o de grupo para minimizar conflictos.
-) Utilizar pendientes que no erosionen la solera y paredes del canal con miras a reducir los requerimientos de mantenimiento.
-) Utilizar pendientes que no provoquen sedimentación de material sólido en suspensión, para evitar crecimiento de algas, especialmente en el altiplano.
-) Diseñar respetando el flujo hidrodinámico del agua para evitar cambios bruscos de dirección que provoquen rebalses, especialmente canales con cambios en ángulos rectos.
-) Dejar un bordo libre para evitar rebalses y contribuir a la seguridad de la obra.
-) La definición del caudal de diseño está en función de la demanda de agua de los agricultores (riego de preparación, riego al cultivo, lameo), de la disponibilidad de la fuente (invierno - verano), la modalidad de distribución en el sistema (monoflujo o multiflujo), permitiendo la funcionalidad y flexibilidad de la red.
-) Diseñar tramos de transición gradual especialmente en la transición de canal revestido a canal de tierra para evitar erosión y reducir requerimientos de mantenimiento.
-) Diseñar el ancho y alto del canal de manera que permita la limpieza manual del mismo.
-) Ubicar los canales en tramos estables.
-) Proteger con losas canales en ladera escarpadas con riesgo de deslizamientos.
-) En canales curvos ajustar el borde libre del canal o tapar la sección de la curva para evitar rebalses.
-) Adecuar el diseño a otros usos adicionales del canal (lavanderías, abrevaderos).
-) Evitar el diseño de obras de arte en tramos curvos del canal, porque por la dificultad de operación se producen daños a las obras.

b) Diseño constructivo

-) Utilizar hormigón en tramos con altas velocidades para disminuir requerimientos de mantenimiento.

-) Evitar el uso de hormigón en zonas de temperaturas de fluctuación extrema para garantizar la durabilidad y sostenibilidad de la obra.
-) Utilizar mampostería de piedra cuando los materiales y mano de obra están presentes en la zona.
-) Vaciarse la solera y paredes de una sola vez, sino es posible vaciarse primero la solera y luego las paredes.
-) Colocar ranuras de agrietamiento a intervalos adecuados (3 a 6 m) para aumentar la durabilidad.
-) Colocar juntas de dilatación (water stop) cuando se juntan dos diferentes materiales de construcción.
-) Construir canales en ladera sobre el perfil original de la ladera, evitando la construcción en rellenos.
-) Construir bermas para evitar el ingreso de material grueso al canal y para asegurar la estabilidad de paredes laterales cuando el canal sobre sale del nivel del terreno.
-) En zonas frías considerar el período de vaciado del hormigón, tomando en cuenta horas de fraguado para evitar que se congele y se palse el hormigón. (PROAGRO, 2011, p. 48).

2.17.3. Criterios de diseño y construcción de obras de conducción especiales

Sifones

a) Diseño hidráulico

-) Diseñar un desarenador / desgravador lo más cerca del sifón para evitar que el material pesado y en suspensión ingrese al sifón. Para evitar el ingreso de materiales externos al ducto.
-) Diseñar un vertedor de excedencias acorde con los eventos extraordinarios, de tal manera que el caudal de diseño de la cresta del vertedor esté al nivel de la superficie libre del agua.
-) Diseñar la transición de entrada de manera que la parte superior del sifón esté por debajo de la superficie normal del agua.

-) Diseñar una válvula de purga en la parte más baja del ducto.
-) Diseñar el ducto con un caudal de seguridad para garantizar la flexibilidad del sistema.

b) Diseño constructivo

-) Enterrar el ducto para protegerlo y garantizar la durabilidad. (PROAGRO, 2011, p. 50).

2.17.4. Criterios de diseño y construcción de obras de protección

Desarenadores

a) Diseño hidráulico

-) Diseñar el desarenador cerca de la obra de toma. También diseñar desarenadores antes del ingreso de conducciones cerradas como tubería, sifones o estructuras de almacenamiento para evitar el ingreso de sedimentos.
-) Diseñar un vertedero de excedencias para posibilitar el funcionamiento de la obra, y garantizar la funcionalidad de la misma.
-) Diseñar la altura de la obra tomando en cuenta que el material depositado pueda ser removido manualmente.

b) Diseño constructivo

-) Ubicar la compuerta de fondo en el canal de desfogue; asimismo, la pendiente de éste canal debe ser alta para permitir el desfogue automático de los sólidos retenidos en el desarenador, teniendo cuidado de no erosionar la zona donde se ubica la salida del canal. (PROAGRO, 2011, p. 52).

3. Características Generales del área de estudio

3.1. Descripción del área de estudio

La localización del área de estudio recae en las comunidades de Yesera Centro, Yesera Sur de la Provincia Cercado del Departamento de Tarija. Limita al norte y oeste con la provincia Méndez, al este con la provincia de Burdet O'Connor y al sur con las provincias de Avilés y Aniceto Arce. En la cuenca de cabecera del río Santa Ana incluye la subcuenca del río Yesera, el emplazamiento de estudio del canal de trasvase de 8,54 kilómetros de longitud que transporta el agua del río Yesera al embalse de la presa Calderas que se encuentra ubicado en la comunidad de Yesera Sur con las coordenadas UTM: N: 7.627.110,0000; E: 336.357,0000; Elevación 2.054 m.s.n.m. La obra de toma del río Yesera se encuentra ubicado en la comunidad de Yesera Centro, con las siguientes coordenadas U.T.M.: N: 7.632.855,650; E: 339.016,559; Elevación 2.132 m.s.n.m.



Figura 12. Área de estudio en Bolivia, Tarija, primera sección municipal Cercado.

Fuente: Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo, 2004, p. 9.

3.2. Información general de las zonas beneficiaria

La Presa Calderas, es el tipo de presa de escollera compactado con pantalla de hormigón, que empezó a funcionar el año 2013 con el fin de constituir un manejo sostenible de los Recursos Naturales Renovables dentro del área de riego de la Presa Calderas, en las comunidades de Caldera Chica, Yesera Sur, Gamoneda, Santa Ana y Barbecho. Hasta el momento únicamente se cuenta con los dos canales principales de conducción para el sistema de riego, sin haberse construido todavía la red de distribución de canales. Y a su vez, la Presa de Calderas no tiene mediciones realizadas después de la construcción de la presa.

La práctica agrícola en la zona se halla representada por la producción de maíz, trigo, arveja y papa, que representan en conjunto el 93,39% de la superficie cultivada. Otros productos como la linaza, poroto, tomate, garbanzo y maní representan, en conjunto, el 5,78% de la superficie cultivada, y finalmente, existe una producción marginal de algunas hortalizas, avena y flores, en conjunto, representan el 0,83% de la superficie cultivada. También, se tienen cultivos perennes referidos a especies frutales, que en orden de importancia son: vid, duraznero, manzano, nogal, pera e higo.

La ganadería también es muy importante para las familias campesinas, en el área de interés se crían vacas, bueyes, ovejas, cabras, burros, caballos, chanchos y aves de corral, que sólo son comercializados en caso de apremiante necesidad. En el caso de los bueyes, son considerados como un capital de inversión dada su fundamental utilización en las tareas agrícolas.

3.3. Características hidrológicas de la 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 km². 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 de la subcuenca de Calderas, superando los 3.000 m.s.n.m. (cerros Angosto y Alto Grande). En ambas márgenes del cauce se notan áreas agrícolas, pero son bastante reducidas y muy discontinuas

3.4. Fisiografía

Desde el punto de vista fisiográfico, el valle, es muy estrecho, 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 de Calderas. 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.

3.5. 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. Localmente, especialmente a lo largo de los cauces, se tienen pequeñas áreas antropizadas con eucaliptos, molles y sauces. La agricultura bajo riego complementario alcanza a superficies restringidas por la topografía, siempre concentradas alrededor de los cursos de agua. Por lo tanto, la mayor parte de los suelos no cuenta con riego y hay varios 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.

3.6. Características generales de la obra de toma del río Yesera de la Presa Calderas

La Toma de Agua en el río Yesera y al Canal de Traslase. En su conjunto, se trata de una obra de derivación fluvial con todas sus componentes de captación y de transporte de aguas utilizando un canal de trasvase que, desde el río Yesera llegará al embalse de Calderas.

Como todas las presas derivadoras o azudes, el azud en el río Yesera, que tendrá una estructura monolítica de hormigón ciclópeo estará integrado por un vertedero frontal, un cuenco de amortiguación y un pequeño espaldón de cierre del cuenco. Lateralmente el azud quedará encerrado por paredes que acompañarán con su altura y con un franco de 0,70 m el

tránsito de las avenidas de diseño. Sobre la cresta del vertedero se prevé la realización de una toma de tipo lateral con dos aperturas de 1,70 m por 0,30 m, que tendrá una longitud suficiente para poder captar los caudales previstos para llenar cada año el embalse de

3.7. Azud derivador

El azud derivador en el río Yesera, es una pequeña presa de hormigón ciclópeo. La estructura tiene una altura de 4,80 m desde la cresta del vertedero hasta el fondo del talón de aguas arriba. El azud tiene una longitud de 50,00 m (a lo largo de la cresta) y un ancho de 19,77m.

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 1,50m 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.



Figura 13. Vista satelital de la obra de toma del río Yesera de la Presa Calderas.

Fuente: Google Earth.

3.8. Vertedero y cuenco amortiguador

En la parte frontal del azud, para favorecer el paso de la avenida de diseño se prevé un vertedero. La avenida de diseño Q_{50} , con período de retorno de 50 años, resulta igual a 370,17 m^3/s . Como se observa en la figura, la cresta del vertedero tendrá una cota de 2.132,00 m.s.n.m. La longitud será de 50,00 m. Este valor se determinó, considerando para varias longitudes de la cresta cuáles eran las superficies que podrán ser afectadas por desbordes que se podrán determinar precisamente por influencia del azud.

El cuenco amortiguador horizontal tendrá una longitud de 19,77 m y un ancho de 50,00 m. La cota de la solera del cuenco amortiguador será de 2.129,50 m.s.n.m. Esto determinará un ahogamiento de la lámina de agua con la crecida de diseño, sin que se determine un perjuicio a la eficiencia del vertedero. El espesor de la losa del cuenco amortiguador será de 1,00 m, que también participa con su peso para neutralizar los empujes verticales de la subpresión.



Figura 14. Azud del sistema de trasvase en el río Yesera.

Fuente: Elaboración Propia.

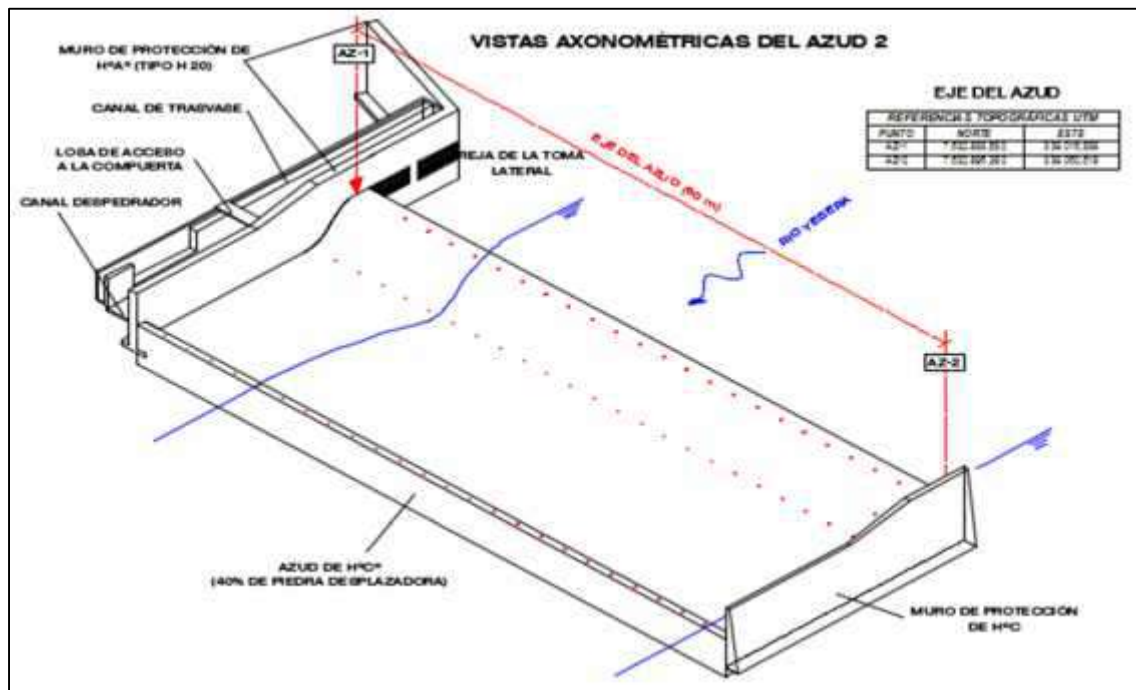


Figura 15. Vista axonométrica del azud y de los muros de protección.

Fuente: Gobierno Autónomo Departamental de Tarija. Secretaria departamental de obras públicas. Dirección de obras hidráulicas, 2014.

3.9. Toma de agua

La toma de agua que se realiza en el muro lateral, a la altura de la cresta del azud, es de tipo lateral. La apertura está provista de una reja superior que se realizó con fierros de construcción para impedir la entrada de piedras transportadas por la corriente más grandes de 10 cm. Las dimensiones de la toma son de 1,75 m x 0,30 m, y será doble entrada. La capacidad máxima de captación de agua prevista es de 3,25 m³/s para la crecida de diseño. El nivel mínimo de operación de esta obra corresponderá a cualquier caudal captado por la toma tirolesa en cuanto se irá almacenando en el canal despedrador.

La extremidad del canal de la toma de agua pasará a través del muro lateral de protección por dos orificios de forma rectangular que tendrá las mismas dimensiones de 1,75 m x 0,30 m y que conectará directamente con el canal despedrador.



Figura 16. Bocatoma en muro lateral del sistema de trasvase.

Fuente: Elaboración propia.

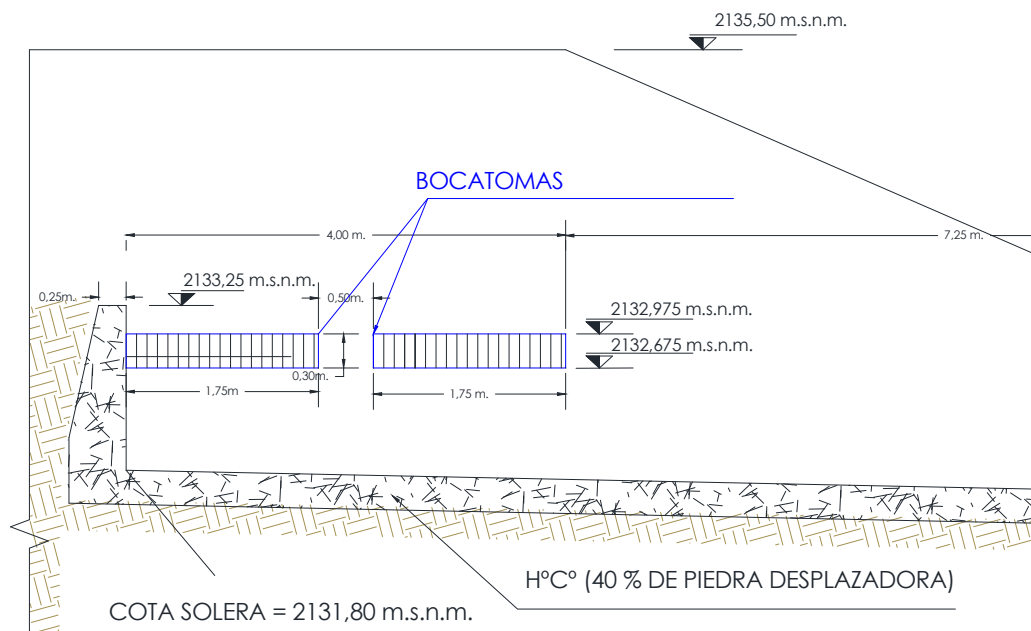


Figura 17. Bocatoma en muro lateral.

Fuente: Gobierno Autónomo Departamental de Tarija. Secretaria departamental de obras públicas. Dirección de obras hidráulicas, 2014.

3.10. Canal despedrador

Esta obra se prevé paralela al muro de protección de la margen derecha del azud. Se trata un canal con sección rectangular de 1,50 m de base, con una pendiente del 2% para establecer un régimen supercrítico que permita evacuar las piedras de dimensiones hasta de 10 cm que se introduzcan por la rejilla. El canal cuenta con una compuerta metálica deslizante rectangular, que permite regular el caudal y el paso de las piedras provenientes de la obra de toma. Sus dimensiones son 1,50 m x 1,23 m. La capacidad máxima del canal despedrador es de 3,25 m³/s, con apertura total de la compuerta, que corresponde al caudal de toda la captación de agua en ocasión de la crecida de diseño.

Cuando el agua supere la cota del vertedero lateral del canal despedrador que tiene dimensiones de 0,30 m x 3,00 m (0,80 m desde la solera del despedrador) verterá los caudales hasta los 0,91 - 0,86 m³/s, permitidos por la altura de la compuerta del canal despedrador.

Con el aumento del caudal hasta 3,25 m³/s, se irán progresivamente incrementando los caudales que pasarán sobre la compuerta cerrada del canal despedrador y sobre el vertedero, hasta llegar a los dos valores de caudales determinados por la correspondiente geometría y tirante hídrico, respectivamente, de 0,52 m³/s, para el canal despedrador y de 2,76 m³/s para el canal derivador (primer tramo del canal de trasvase).



Figura 18. Canal despedrador del sistema de trasvase.

Fuente: Elaboración propia.

Vista en corte

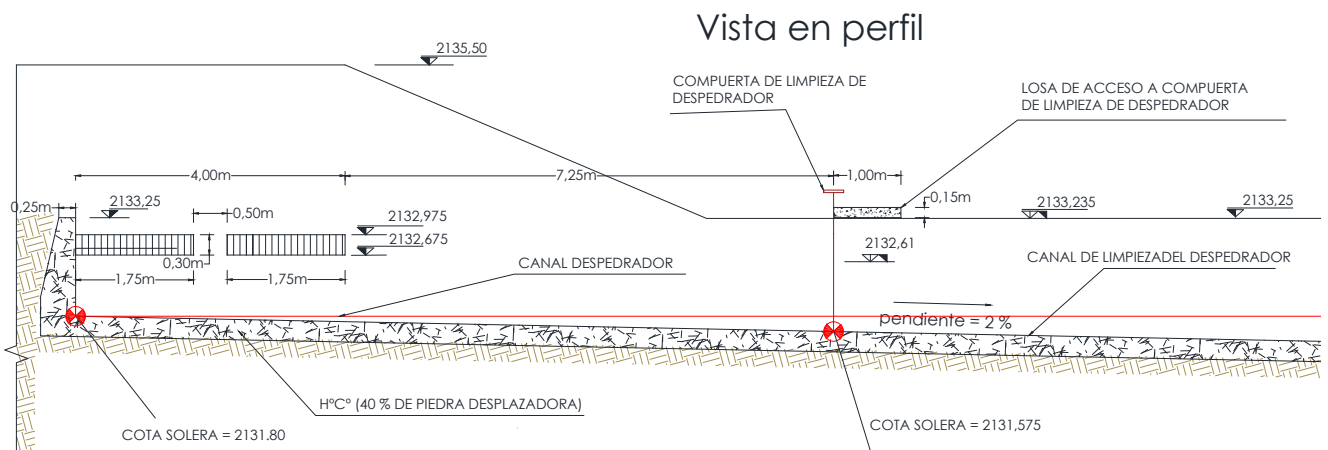
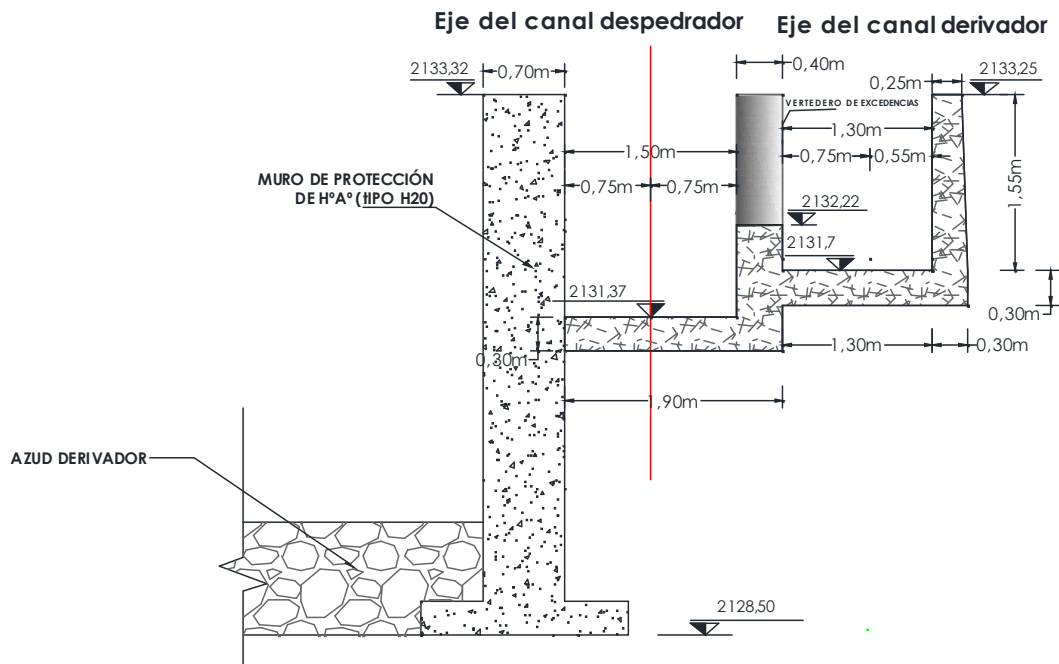


Figura 19. Vista en corte y perfil del canal despedrador.

Fuente: Gobierno Autónomo Departamental de Tarija. Secretaria departamental de obras públicas. Dirección de obras hidráulicas, 2014.

3.11. Canal derivador

La obra corresponde a un primer tramo de inicio del canal de trasvase. Será un canal de sección rectangular que se realizará lateralmente al canal despedrador, desde el cual recibirá aguas a través del vertedero lateral hasta un máximo de $2,76 \text{ m}^3/\text{s}$.

Las dimensiones del primer tramo serán de 1,50 m de base y una altura variable con la pendiente del 1 %, desde 1,88 m hasta 1,97 m y se desarrollará por una longitud de 7,00 m, hasta finalizar el tronco de transición de 3,00 m. Este vertedero lateral de excedencias deberá limitar el flujo a los $0,86 \text{ m}^3/\text{s}$ previstos para el canal de trasvase. Desde la sección final del vertedero lateral el canal de trasvase tendrá una pendiente del 0,15 % (progresiva 0+016) hasta el inicio del desarenador (progresiva 0+076).



Canal derivador

Figura 20. Canal derivador del sistema de trasvase.

Fuente: Elaboración propia.

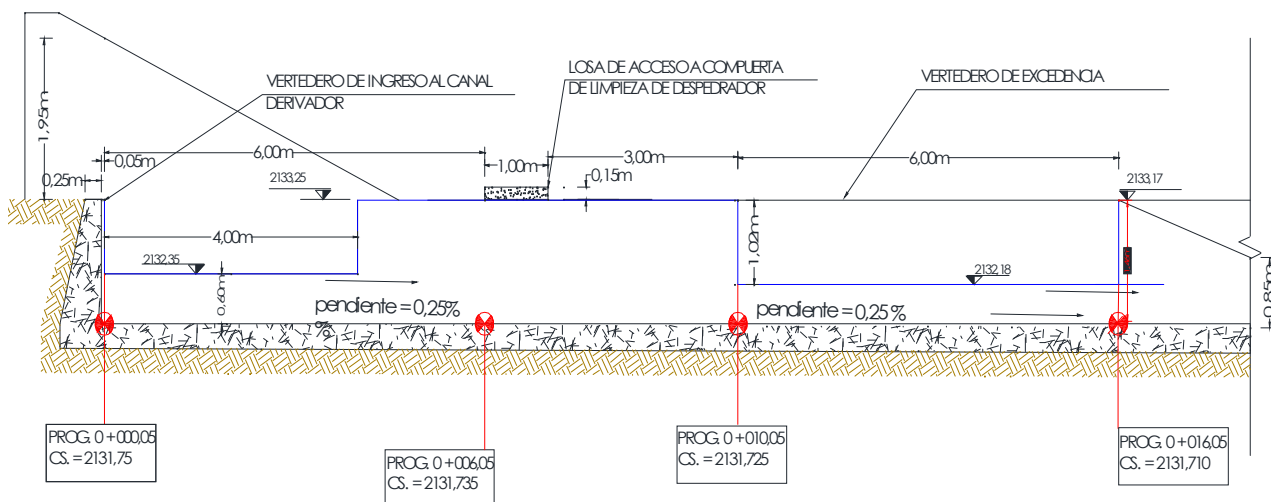


Figura 21. Vista en perfil del canal derivador.

Fuente: Gobierno Autónomo Departamental de Tarija. Secretaria departamental de obras públicas. Dirección de obras hidráulicas, 2014.

3.12. Canal de trasvase

El canal de trasvase tendrá una longitud total de 8,54 km y capacidad máxima de transporte de $0,86 \text{ m}^3/\text{s}$. 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 %. También, para superar los obstáculos determinados por quebradas con variadas longitudes y profundidades, se deberán realizar 7 sifones invertidos. 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.



Figura 22. Vista satelital del Canal de trasvase y Tárrega.

Fuente: Google Earth.



Figura 23. Puente paso de quebrada tipo del canal de trasvase.

Fuente: Elaboración propia.

Fuente: Gobierno Autónomo Departamental de Tarija. Secretaria departamental de obras públicas. Dirección de obras hidráulicas, 2014.

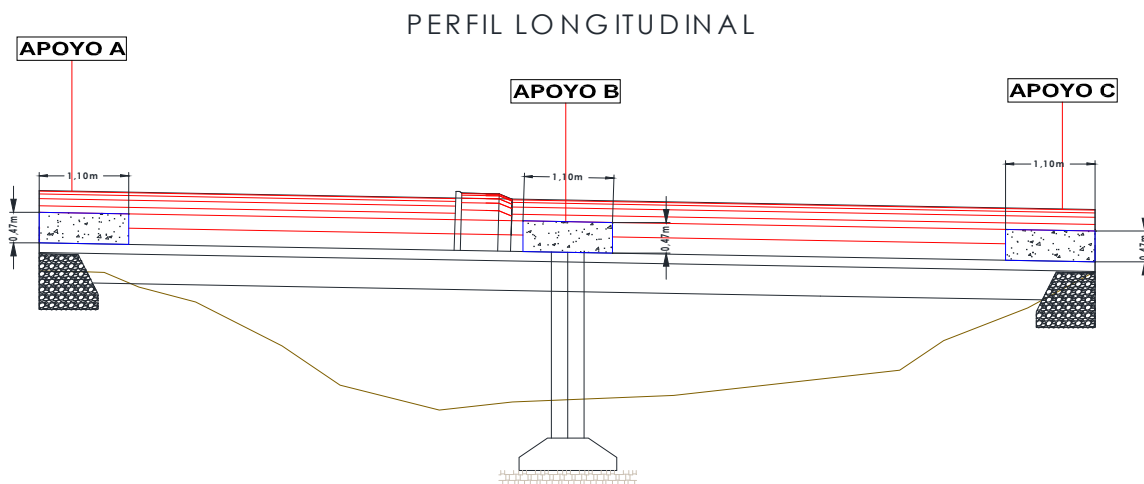


Figura 24. Perfil longitudinal paso de quebrada tipo.

Fuente: Gobierno Autónomo Departamental de Tarija. Secretaria departamental de obras públicas. Dirección de obras hidráulicas, 2014.

3.13. Desarenador

Esta obra tiene la capacidad de diseño de $2,30 \text{ m}^3/\text{s}$ (inicio en la progresiva 0+076), el desarenador que tiene longitud total de 16,90 m comprende un tramo de 6,50 m de longitud de transición del ancho del canal derivador de 1,30 m hasta el ancho del desarenador de 3,60 m. La profundidad de la obra baja con una pendiente del 5 % desde 1,85 m hasta 2,00 m, en correspondencia de un vertedero transversal. Al final del tanque se ha instalado un vertedero de cresta delgada del mismo ancho del tanque (3,60 m), que vierte sus aguas en otra transición, esta vez hacia las dimensiones del canal de trasvase. La transición mencionada tiene una longitud de 5,20 m, para enlazar progresivamente el ancho entre el vertedero del desarenador (de 3,60 m) y el canal de trasvase (de 1,20 m).

A lo largo del trayecto del canal de trasvase existe siete sifones para superar obstáculos como las quebradas, en los cuales en el ingreso del sifón cuentan con desarenadores para evitar la entrada de sedimento a la parte más baja del sifón.



Figura 25. Desarenador del sistema de trasvase en la progresiva 0+076.

Fuente: Elaboración propia.

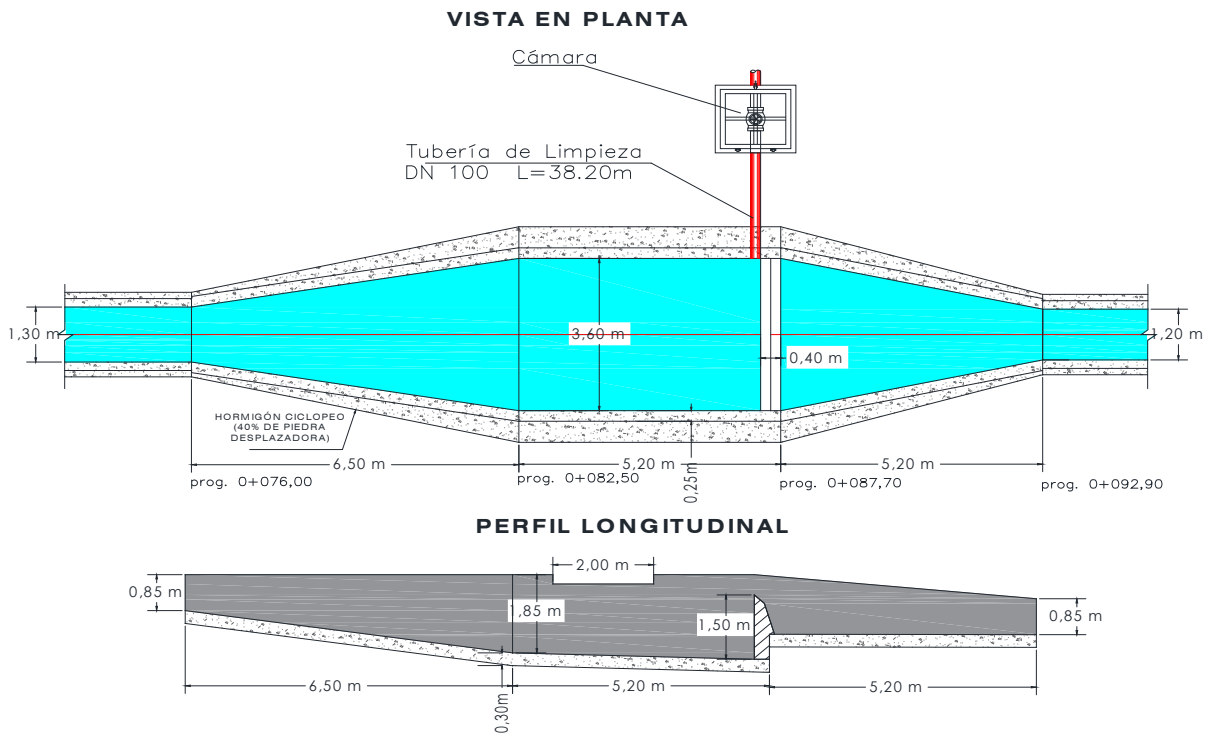


Figura 26. Vista en planta y perfil del desarenador del sistema de trasvase en la progresiva 0+076.

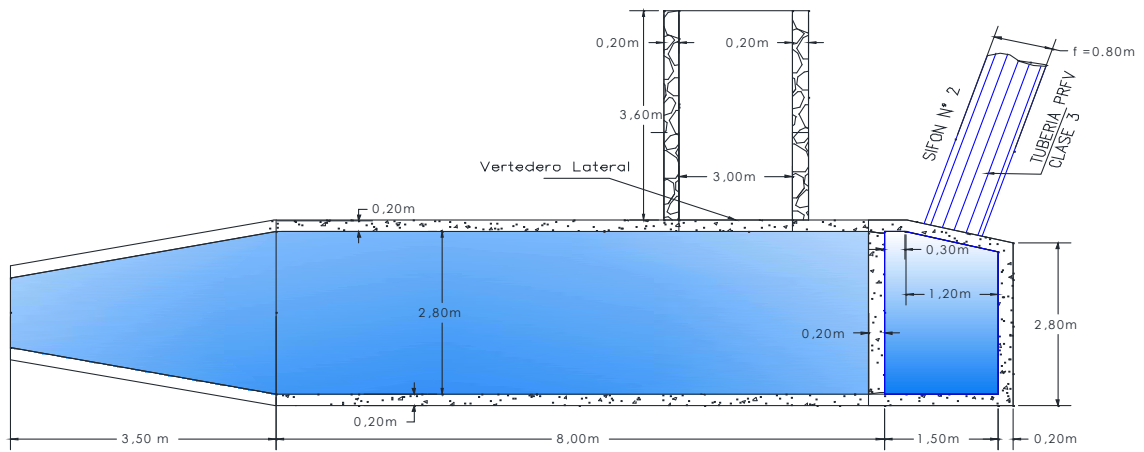
Fuente: Gobierno Autónomo Departamental de Tarija. Secretaria departamental de obras públicas. Dirección de obras hidráulicas, 2014.



Figura 27. Desarenador tipo en la entrada del sifón del sistema de trasvase.

Fuente: Elaboración propia.

VISTA EN PLANTA



PERFIL LONGITUDINAL

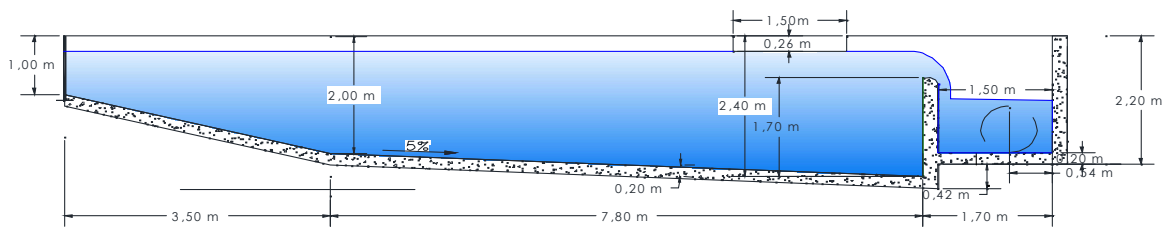


Figura 28. Vista en planta y perfil del desarenador en la entrada de los sifones.

Fuente: Gobierno Autónomo Departamental de Tarija. Secretaria departamental de obras públicas. Dirección de obras hidráulicas, 2014.

4. Análisis y Resultados

4.1. Tipo de investigación

4.1.1. Investigación documental

Dado que el objetivo de estudio de problemas en el sistema de aducción de trasvase de la presa Calderas. El tipo de investigación que se aplicará en este trabajo es la investigación documental, que de acuerdo a “La investigación documental es la búsqueda de una respuesta específica a partir de la indagación en documentos”. (Hernández, 2014, p. 91).

4.1.2. Investigación de campo

De acuerdo a Hernández (2014), “La investigación de campo o trabajo de campo es la recopilación de información fuera de un laboratorio o lugar de trabajo. Es decir, los datos que se necesitan para hacer la investigación se toman en ambientes reales no controlados”. (Hernández, 2014, p.371).

4.2. Metodología

La metodología empleada para este trabajo fue adaptada para lograr cumplir con cada uno de los objetivos propuestos.

4.2.1. Método descriptivo

El método que se aplicará en este proyecto es el método descriptivo, que de acuerdo a Hernández (2014), “Se refiere a un método cuyo objetivo es exponer con el mayor rigor metodológico, información significativa sobre la realidad en estudio con los criterios establecidos por la academia”. Este método se utilizará porque permite identificar los efectos y causas del problema de estudio. (Hernández, 2014, p.510).

4.2.2. Método analítico

En el desarrollo del proyecto técnico se va utilizar el método analítico, es un procedimiento que descompone un todo en sus elementos básicos y, por tanto, que va de lo general (lo compuesto) a lo específico (lo simple), es posible concebirlo también como un camino que parte de los fenómenos para llegar a las leyes, es decir, de los efectos a las causas. (Hernández, 2014, p. 574).

4.3. Recopilación y análisis de la información existente

4.3.1. Recopilación de información de la zona de estudio

La recopilación de la información fue proporcionada por el SE.DE.GIA (Servicio Departamental de Gestión Integral del Agua - Tarija), institución del Gobierno Autónomo Departamental de Tarija, como ser el estudio a diseño final, planos topográficos y los planos Asbuilt de obras hidráulicas del sistema de riego de la presa Calderas, documentos que ayudaron a realizar la descripción de la zona de estudio y contribuyó en gran medida a localizar los tramos afectados del sistema de trasvase y el canal de riego Tárraga.

4.3.2. Reconocimiento de campo

Para obtener información de primera mano se lleva a cabo una inspección del lugar de estudio, esencial para el desarrollo del proyecto, la información es recopilada por la observación directa, medición de obras hidráulicas y toma de muestras.

4.3.2.2. Toma de muestras de sedimentos

En la toma de muestras de sedimentos se realiza mediante la metodología sistemática a lo largo del canal de riego, desarenador y canal de trasvase tomando muestras de los tramos sedimentados para luego realizar el análisis granulométrico. Para esta metodología se define realizar la medición de la altura de sedimentos cada 20 metros en los tramos sedimentados para luego sacar el promedio de altura en cada tramo, obteniendo una altura representativa, para representarlos en los cálculos hidráulicos, los pasos que se realiza en este tipo de muestreo se detalla a continuación:

- a) Seleccionar el sitio de medición y muestreo.
- b) Realizar la medición de la altura de sedimentos cada 20 metros en los tramos afectados.
- c) Recolectar sedimentos en bolsas, cada muestra de aproximadamente 5 kilogramos.
- d) Enviar al laboratorio de suelos para su respectivo análisis granulométrico.

4.4. Análisis de los datos obtenidos

Se analizó la información de las muestras recolectada. Para analizar las muestras de sedimento primeramente se realizó el análisis granulométrico y ensayo de hidrómetro, para posteriormente determinar la fuerza tractiva en el canal de riego Tárraga y el canal de trasvase, verificación de la capacidad del desarenador en la progresiva 0+076, de la altura de sedimento medida se calculó hidráulicamente los caudales y velocidades y como estos disminuyen debido al sedimento. Una vez se calcula y realiza estos cálculos se procede a la interpretación y análisis de resultados.

4.5. Identificación de problemas en el sistema de trasvase de la presa de Calderas

Para la identificación de los problemas en el sistema de trasvase de la presa Calderas se siguió la siguiente metodología:

- a) Identificación de las afectaciones en el canal de riego Tárraga y el sistema de aducción de trasvase de la presa Calderas, que consiste en la elaboración de planos y nombramiento de los tramos de cada afectación observada.
- b) Descripción de los problemas vistos en campo en el canal de riego Tárraga y en el sistema de aducción de trasvase, la descripción es necesaria para posteriormente proponer una solución al problema observado.
- c) Registro visual (fotografías), para evidencia de las afectaciones vistas en el sistema de trasvase de la presa Calderas.
- d) Al finalizar este proceso se propone un plan de mantenimiento a implementarse en el sistema de aducción de trasvase de la presa Calderas, según los problemas observados.

4.6. Diagnóstico del canal de riego Tárraga y del sistema de trasvase

Se realizó la identificación de los problemas en las zonas afectadas del canal de riego Tárraga y del sistema de trasvase, para después realizar posteriormente un plan de mantenimiento.

4.6.1. Canal de riego Tárraga

En toda la longitud del canal de riego Tárraga se presenta una sola sección transversal del canal de H°C° en la progresiva 0+000 a 0+501,11m como se observa en la figura 29.

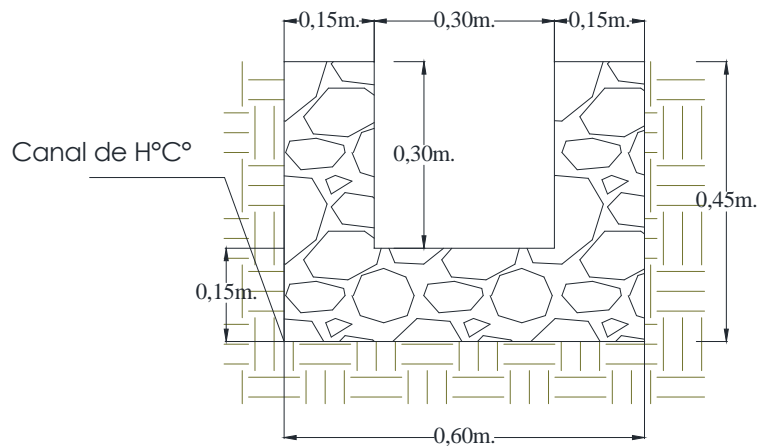


Figura 29. Sección transversal del canal de riego Tárraga progresiva 0+000 a 0+501,11.

Fuente: Elaboración propia.

4.6.1.1. Bocatoma del canal de riego Tárraga por el muro izquierdo del azud

La entrada del canal se encuentra en el margen izquierdo del río Yesera y del azud del canal de trasvase de la presa Calderas, se puede observar la forma de captación del agua es canalizado por el azud hacia un orificio sin rejilla de 0,40m x 0,40m, el canal de entrada es de tierra, tiene una longitud de 23 metros no está revestida, siendo, lo cual facilita el ingreso de sedimentos al canal, el cual se encuentra colmatada de sedimentos, no existe ninguna obra de control de sedimentos, prevención y protección (desarenador), que es necesario para este tipo de infraestructura para controlar la entrada de sedimento.



Figura 30. Entrada del canal de riego Tárraga por el muro izquierdo del azud.

Fuente: elaboración propia.

4.6.1.2. Tramo de la progresiva 0+000 a 0+050

En este tramo del canal de riego Tárraga, se observa la sedimentación depositada debido al arrastre desde la entrada al canal de tierra y a la erosión del talud adyacente, donde se hizo la medición siendo de 7 cm. la altura de sedimento, y también existe daños en el canal.

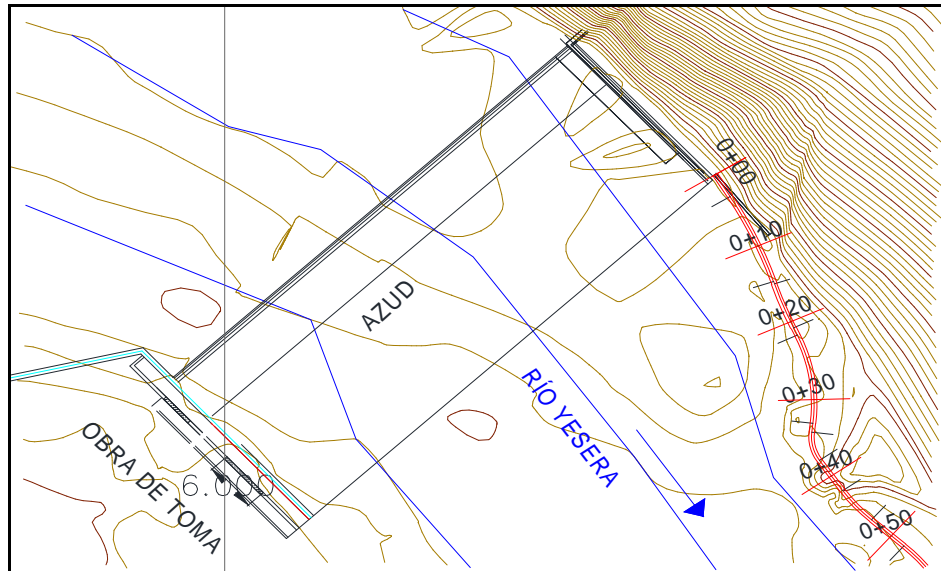


Figura 31. Plano de muestras canal de riego Tárraga progresiva 0+000 a 0+050.

Fuente: G. A. D. de Tarija. Secretaria departamental de obras públicas. Dirección de obras hidráulicas, 2014.



Figura 32. Medición de sedimentos del canal Tárraga progresiva 0+000 (Muestra N°1).

Fuente: Elaboración propia.



Figura 33. Daños en el canal de riego Tárraga en la progresiva 0+000 a 0+010.

Fuente: Elaboración propia.

4.6.1.3. Tramo de la progresiva 0+050 a 0+150

En este tramo del canal de riego Tárraga, se observa derrumbes del talud adyacente en la progresiva 0+100 a 0+150 por lo que este tramo tiene gran riesgo de dañar al canal, lo que ocasionó la colmatación total en el canal, donde es necesario protección en los taludes; se hizo la medición de la altura de sedimentos, siendo de 26 cm. Además, en la progresiva 0+050 a 0+061 existe daños severos en la estructura del canal de una longitud de 11 metros por lo cual existe filtración de agua y riesgo de colapso del canal.

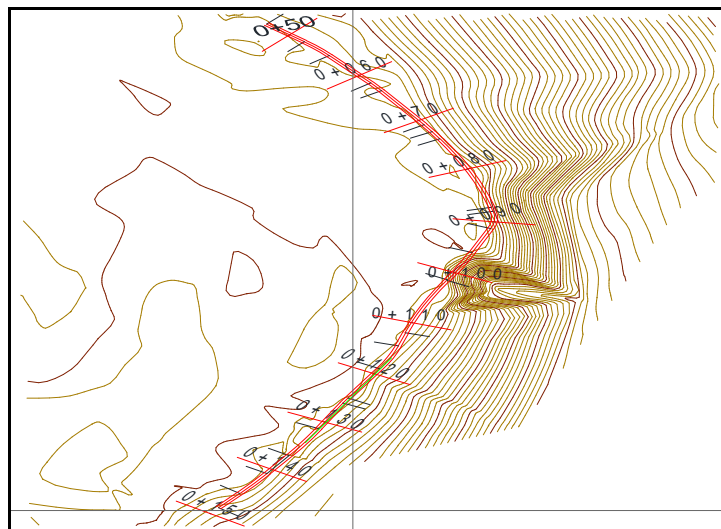


Figura 34. Plano de muestreo canal de riego Tárraga progresiva 0+050 a 0+150.

Fuente: G. A. D. de Tarija. Secretaria departamental de obras públicas. Dirección de obras hidráulicas, 2014.



Figura 35. Erosión del canal de riego Tárraga progresiva 0+050 a 0+061.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 36. Erosión del canal de riego Tárraga progresiva 0+050 a 0+061.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 37. Derrumbe de talud en el canal de riego Tárraga de la progresiva 0+100 a 0+150.

Fuente: elaboración propia



Figura 38. Sedimentación por derrumbe en el canal de riego Tárraga de la progresiva 0+100 a 0+150 (Muestra N° 2).

Fuente: elaboración propia.

4.6.1.4. Tramo de la progresiva 0+150 a 0+250

En este tramo del canal de riego Tárraga, se observa la sedimentación depositada debido a la erosión del talud adyacente y arrastre de sedimento desde aguas arriba, daños en la estructura del canal debido a los derrumbes del canal en la progresiva 0+200 y se hizo la medición de la altura de sedimento siendo de 27 centímetros.

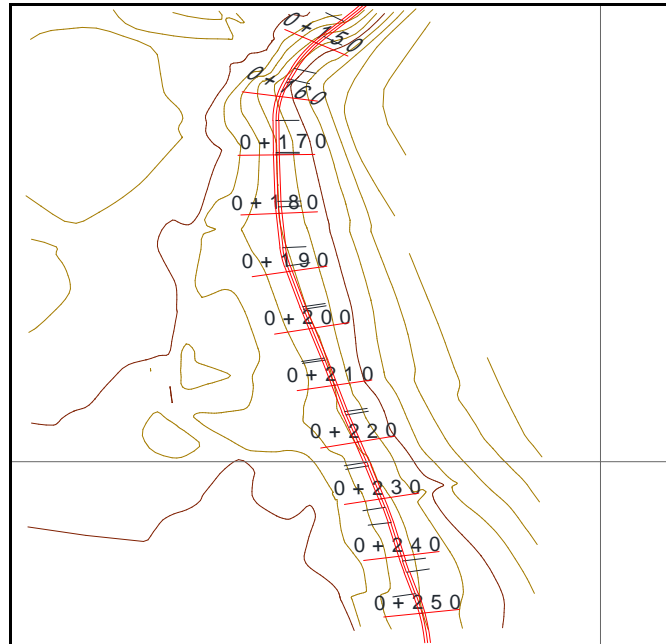


Figura 39. Plano de muestreo canal de riego Tárraga progresiva 0+150 a 0+250.

Fuente: G. A. D. de Tarija. Secretaria departamental de obras públicas. Dirección de obras hidráulicas, 2014.



Figura 40. Daños en el canal de riego Tárraga en la progresiva 0+200.

Fuente: elaboración propia.



Figura 41. Sedimentos del canal de riego Tárraga progresiva 0+250 (Muestra N° 3).

Fuente: elaboración propia.

4.6.1.5. Tramo de la progresiva 0+250 a 0+400

Se observa sedimento debido al arrastre desde aguas arriba y erosión del talud adyacente, donde se hizo la medición de altura de sedimento siendo 5 centímetros, también existe riesgo de colapso y filtración de agua en la progresiva 0+250 a 0+290.

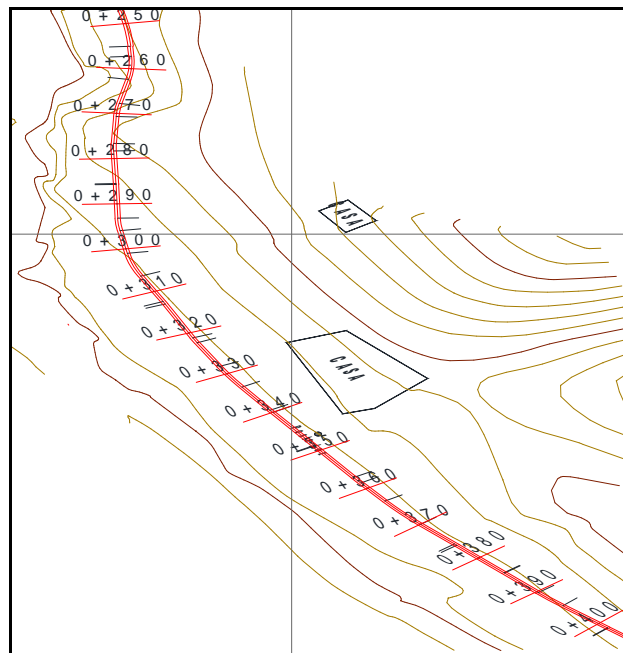


Figura 42. Plano de muestreo del canal de riego Tárraga progresiva 0+250 a 0+400.

Fuente: G. A. D. de Tarija. Secretaria departamental de obras públicas. Dirección de obras hidráulicas, 2014.



Figura 43. Sedimento en canal Tárraga progresiva 0+250 a 0+400. (Muestra N° 4)

Fuente: elaboración propia.



Figura 44. Riesgo de colapso y filtración de agua en el canal de riego Tárraga en la progresiva 0+250 a 0+290.

Fuente: elaboración propia.

4.6.1.6. Tramo de la progresiva 0+400 a 0+501,11

En este tramo del canal de riego Tárraga del margen izquierdo del río Yesera, se observa la sedimentación depositada debido al material arrastrado desde aguas arriba del canal y sedimentos de la berma adyacente, donde se hizo la medición siendo de 5 cm. la altura de sedimento, también en la progresiva 0+410 no existe una compuerta de limpieza, ocasionado la pérdida de agua.

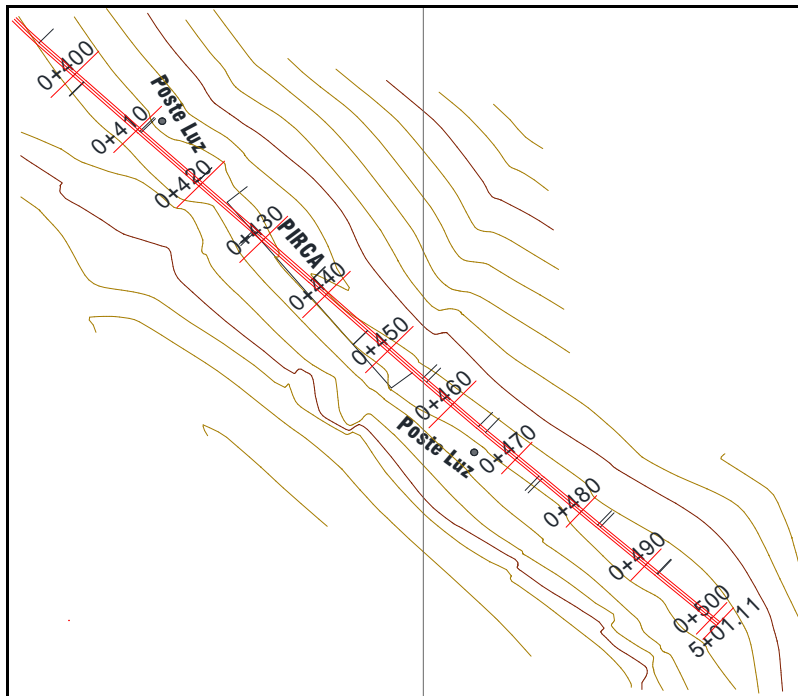


Figura 45. Plano de muestreo progresiva 0+400 a 0+501,11.

Fuente: G. A. D. de Tarija. Secretaria departamental de obras públicas. Dirección de obras hidráulicas, 2014.



Figura 46. Falta de compuerta de limpieza en la progresiva 0+410.

Fuente: elaboración propia.



Figura 47. Sedimentos del canal Tárraga progresiva 0+400 a 0+501,11 (Muestra N°5).

Fuente: elaboración propia.

4.6.2. Canal principal de trasvase de la presa Calderas

4.6.2.1. Rejilla de entrada en la Bocatoma

La bocatoma del sistema de trasvase, es una toma de presa derivadora lateral, se encuentra en el margen derecho del río Yesera en la progresiva 0+000, la rejilla de entrada en la parte exterior se encuentra obstruida por el sedimento malezas y basura, por lo cual ya no capta agua de manera efectiva.



Figura 48. Bocatoma del sistema de trasvase (vista exterior).

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 49. Bocatoma del sistema de trasvase (vista interior).

Fuente: Elaboración Propia.

4.6.2.2. Despedrador del canal principal de trasvase progresiva 0+000

Se encuentra paralela al muro derecho del azud y al canal de trasvase, el cual encarga de separar los sedimentos gruesos (piedras), que ingresan al canal principal de trasvase y evacuarlos con la abertura de la compuerta de limpieza hacia el río Yesera.



Figura 50. Despedrador canal de trasvase progresiva 0+000.

Fuente: Elaboración Propia.

4.6.2.3. Tramo de la progresiva 0+000 a 0+076 (sección rectangular)

En este tramo del canal principal de trasvase existe sedimentación de 3 centímetros de altura.

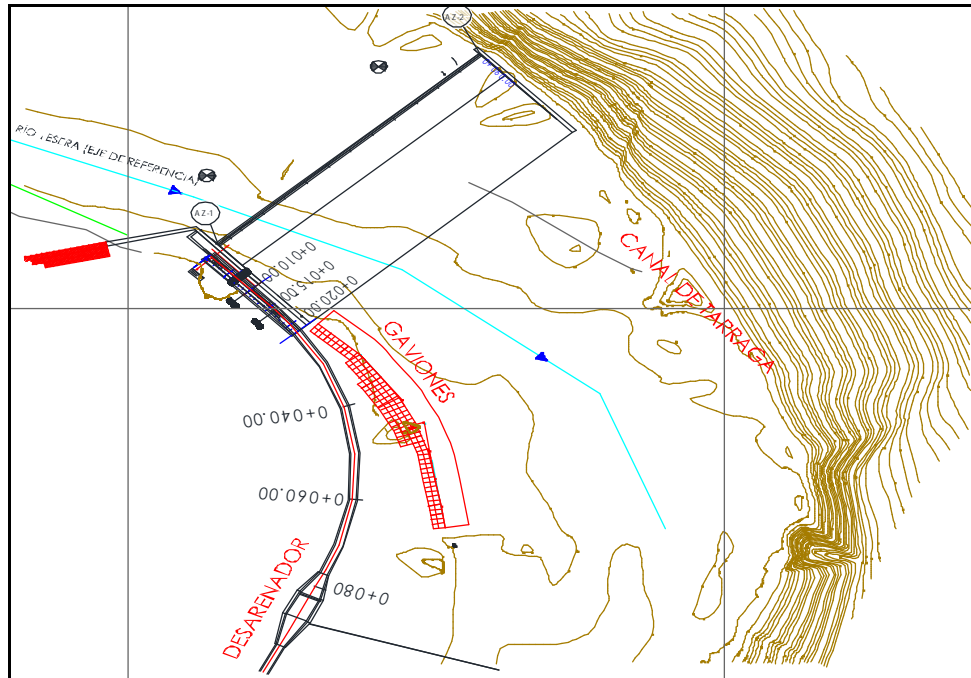


Figura 51. Plano de muestro del canal de trasvase en la progresiva 0+000 a 0+076.

Fuente: G. A. D. de Tarija. Secretaria departamental de obras públicas. Dirección de obras hidráulicas, 2014.

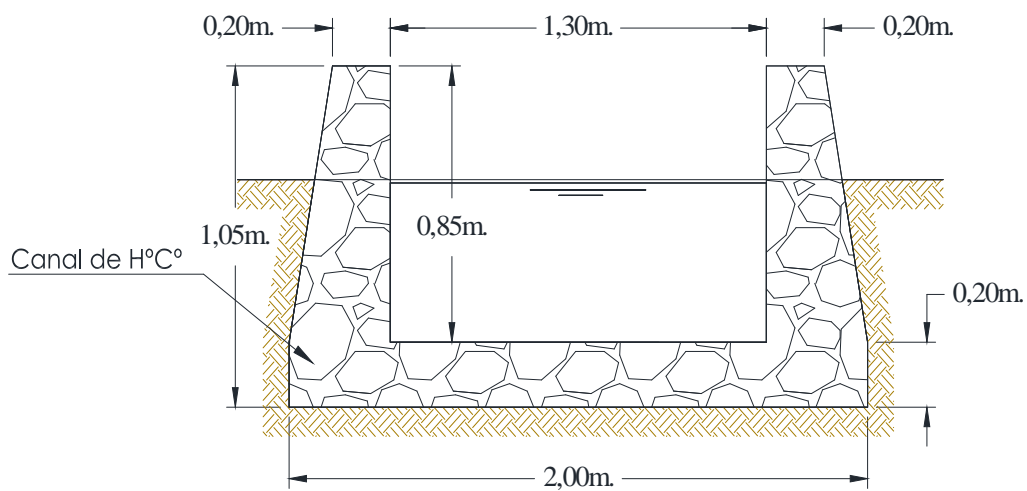


Figura 52. Sección canal de trasvase de H°C° progresiva 0+000 a 0+076.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 53. Canal de trasvase sedimentado progresiva 0+000 a 0+076 (Muestra N°1).

Fuente: Elaboración Propia.

4.6.2.4. Desarenador del canal principal de trasvase progresiva 0+076

El desarenador del canal de trasvase se encuentra totalmente colmatado con sedimentos hasta la cresta del vertedero y con el crecimiento de vegetación, debido a la falta de limpieza con la abertura de la válvula de limpieza y mantenimiento rutinario, ocasionando el ingreso de sedimentos al canal de conducción.



Figura 54. Desarenador Colmatado del sistema de trasvase en la progresiva 0+076.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 55. Desarenador de la progresiva 0+076 colmatado hasta la cresta del vertedero del canal de trasvase.

Fuente: Elaboración Propia.

4.6.2.5. Tramo de la progresiva 0+090,50 a 1+000 (sección rectangular)

En este tramo del canal principal de trasvase existe sedimentación de 4 centímetros de altura debido al arrastre de sedimento aguas arriba y a los derrumbes del talud adyacente en la progresiva 0+320 a 0+400 con desprendimiento de grandes piedras pudiendo dañar al canal.

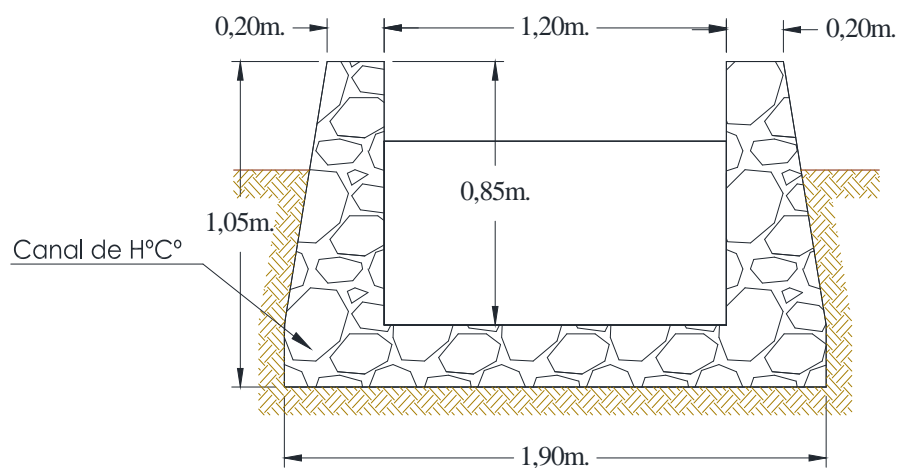


Figura 56. Sección canal de trasvase progresiva 0+090,50 a 1+000.

Fuente: Elaboración propia.

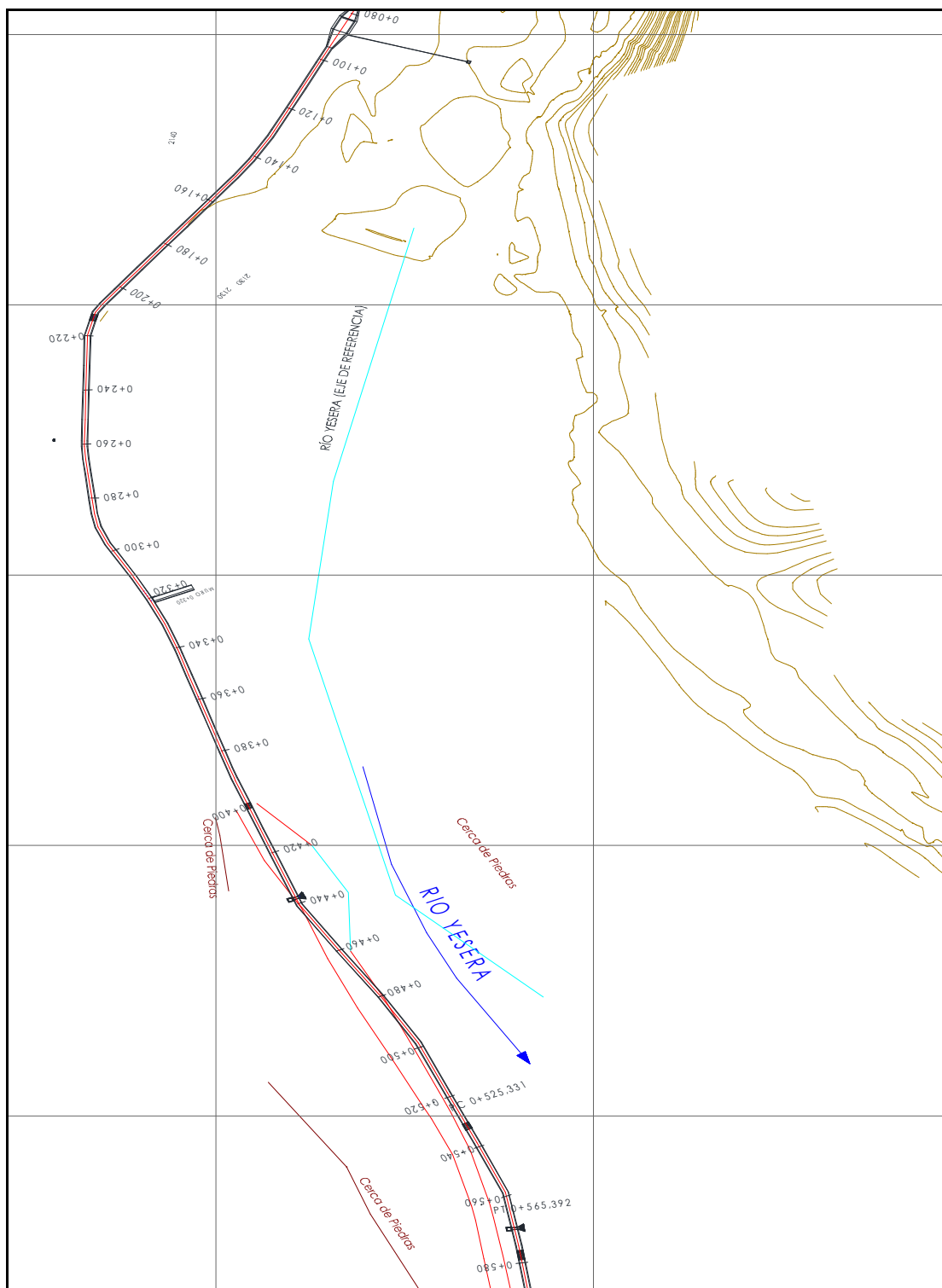


Figura 57. Plano de muestreo canal de trasvase progresiva 0+090,50 a 0+580.

Fuente: G. A. D. de Tarija. Secretaria departamental de obras públicas. Dirección de obras hidráulicas, 2014.

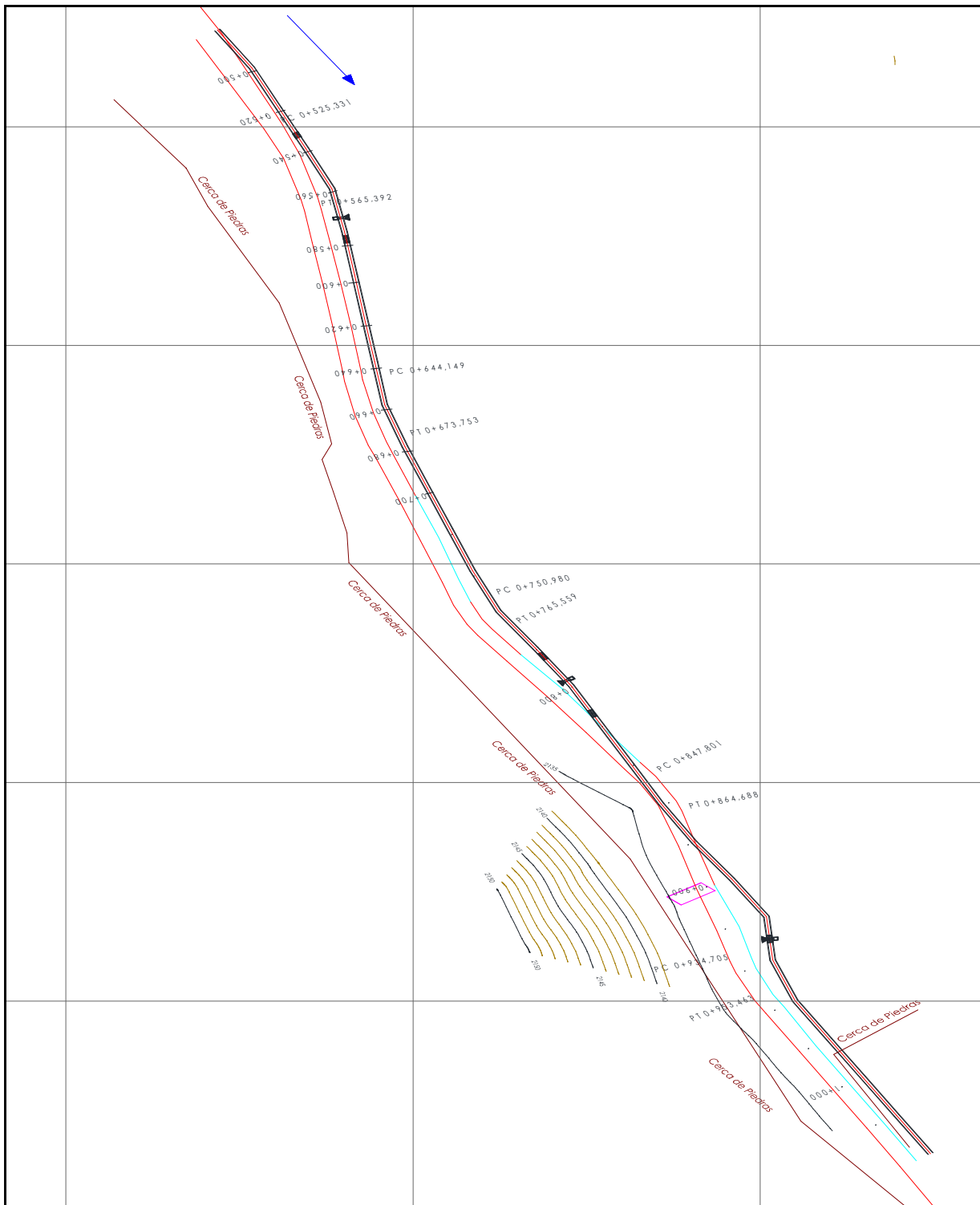


Figura 58. Plano de muestreo canal de trasvase progresiva 0+580 a 1+000.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 59. Sedimentación canal de trasvase progresiva 0+090,50 a 1+000 (Muestra N° 2).

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 60. Derrumbe en el canal de trasvase en la progresiva 0+320 a +400.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 61. Inestabilidad de talud en progresiva 0+320 a +400.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 62. Derrumbe del talud en alcantarilla del canal de trasvase en progresiva 0+220.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 63. Canal de Traslase progresiva 1+000.

Fuente: Elaboración Propia.

4.6.2.6. Tramo de la progresiva 1+000 a 1+542 (sección rectangular)

En este tramo del canal principal de trasvase existe sedimentación de 2 centímetro de altura por arrastre de sedimento aguas arriba.

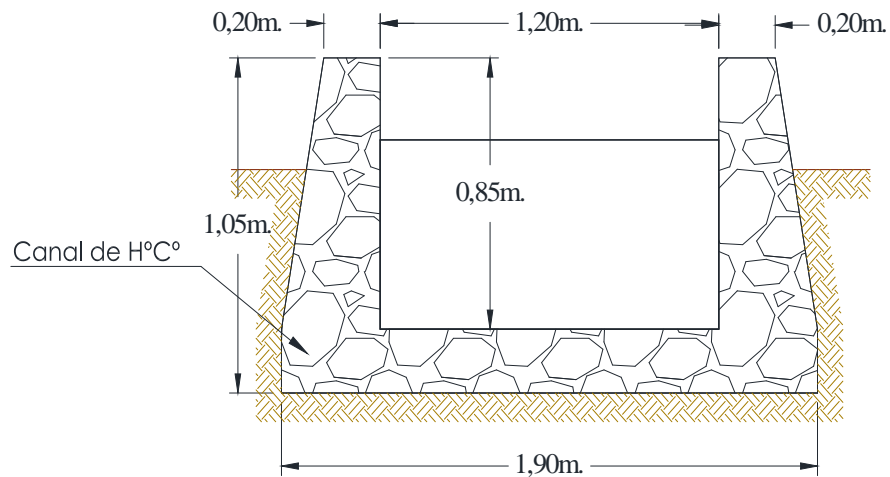


Figura 64. Sección canal de trasvase progresiva 1+000 a 1+542.

Fuente: Elaboración propia.

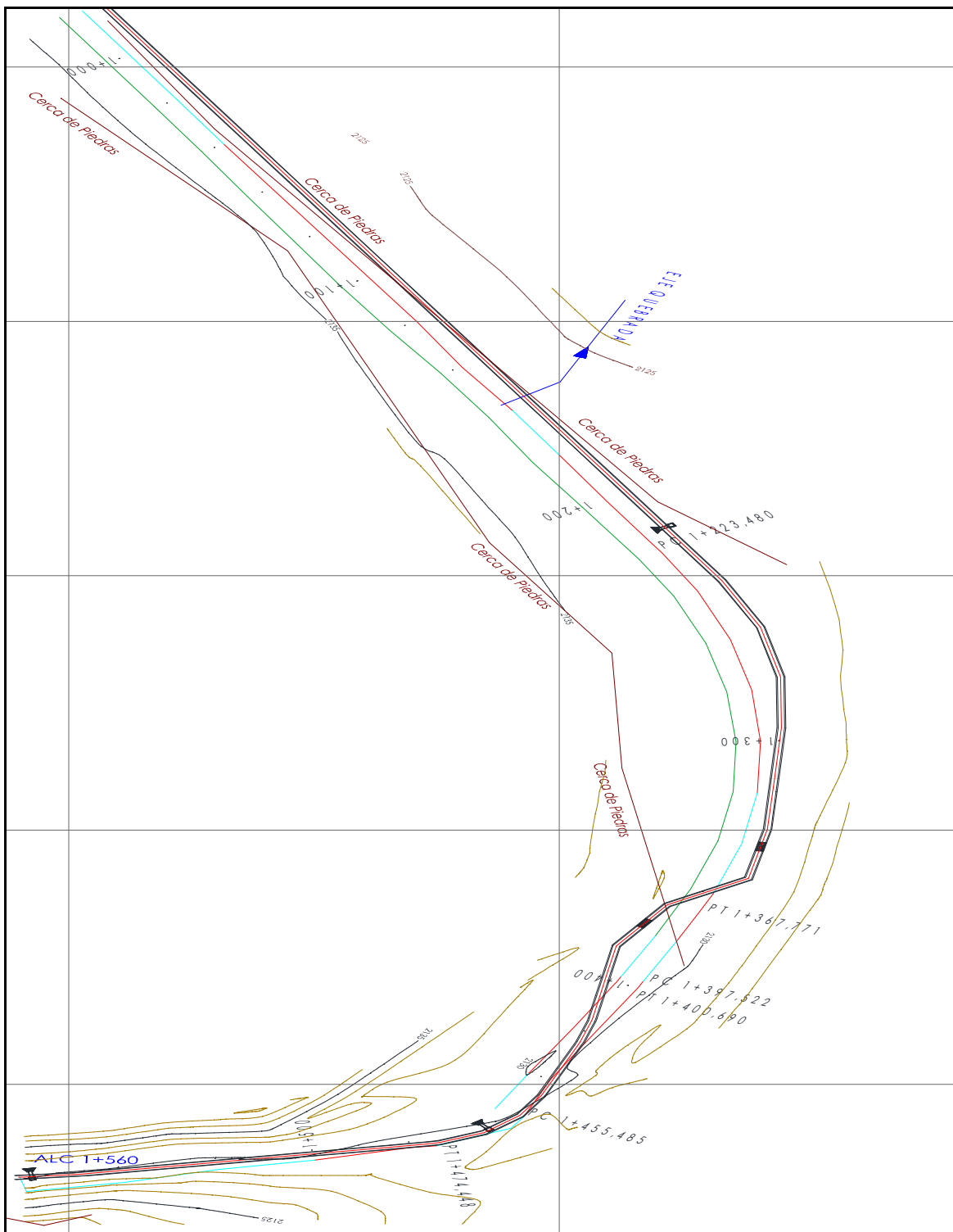


Figura 65. Plano de muestreo canal de trasvase progresiva 1+000 a 1+542.

Fuente: G. A. D. de Tarija. Secretaria departamental de obras públicas. Dirección de obras hidráulicas, 2014.



Figura 66. Sedimentación canal de trasvase progresiva 1+000 a 1+542 (Muestra N° 3).

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 67. Sedimentación en el canal de trasvase progresiva 1+500.

Fuente: Elaboración Propia.

4.6.2.7. Entrada al sifón N°1 progresiva 1+542

En la rejilla de entrada del sifón, se encuentra obstruida por maleza y basuras lo cual ocasiona que no ingrese agua al sifón y por ende al canal, también el desarenador se encuentra totalmente colmatado de sedimentos hasta la altura del vertedero.



Figura 68. Rejilla en la entrada del Sifón N°1 obstruida por malezas y basura progresiva 1+542.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 69. Desarenador N°2 colmatado de la progresiva 1+542.

Fuente: Elaboración Propia.

4.6.2.8. Entrada al sifón N°2 progresiva 3+061,40

En la rejilla de entrada del sifón se encuentra obstruida por maleza y basura lo cual hace que ingrese maleza al sifón y no ingrese agua efectivamente al canal, también el desarenador se encuentra colmatado de sedimento.



Figura 70. Rejilla de entrada del Sifón N°2 obstruida por malezas y basura en la progresiva 3+061,40.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 71. Desarenador colmatado de la entrada Sifón N°2 de la progresiva 3+061,40.

Fuente: Elaboración Propia.

4.6.2.9. Tramo de la progresiva 3+180 a 3+779,95 (sección trapezoidal)

En este tramo del canal principal de trasvase existe sedimentación de 3 centímetros de altura debido al arrastre de sedimento desde aguas arriba.

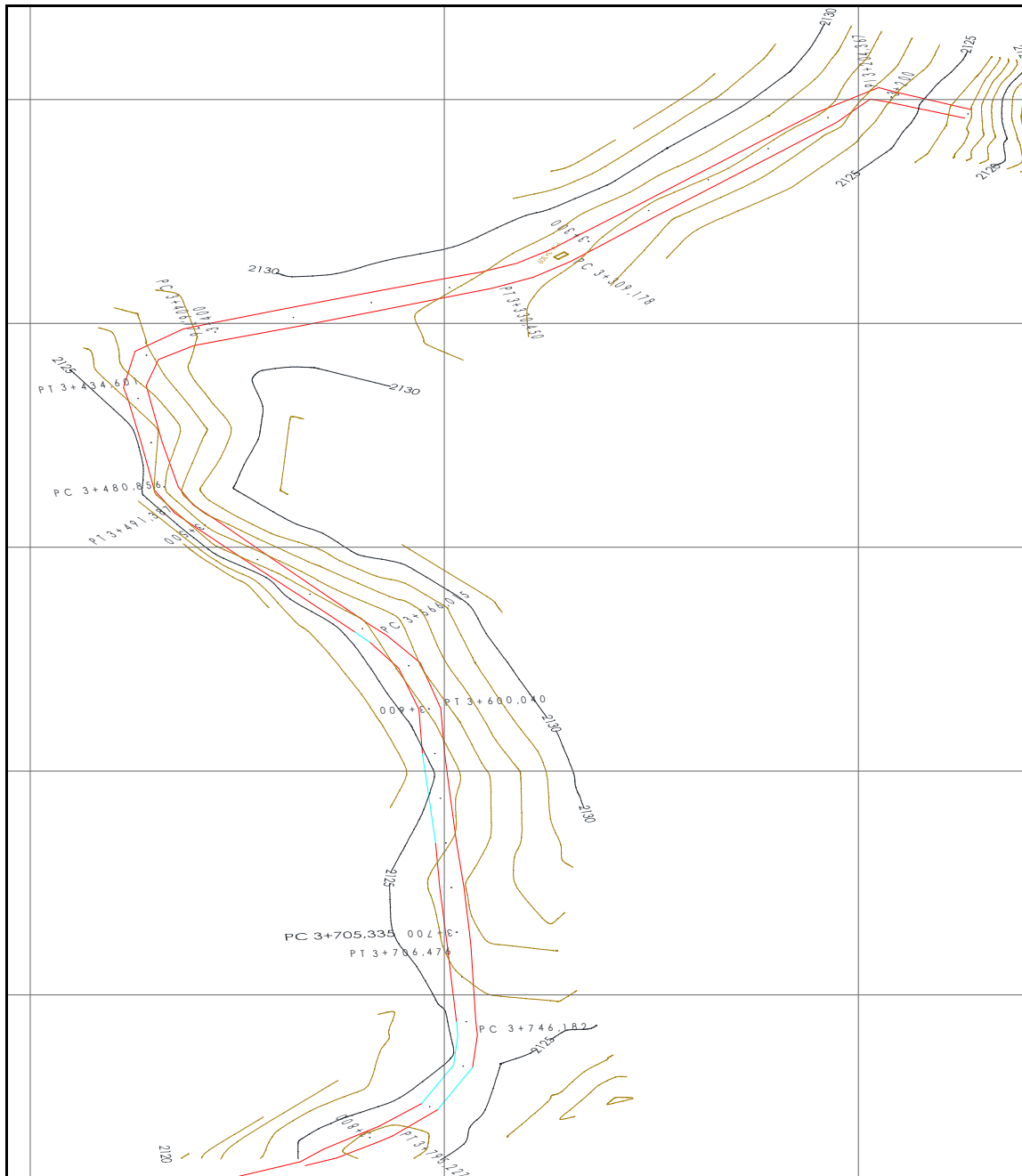


Figura 72. Plano de muestreo canal de trasvase progresiva 3+180 a 3+779,95.

Fuente: G. A. D. de Tarija. Secretaria departamental de obras públicas. Dirección de obras hidráulicas, 2014.

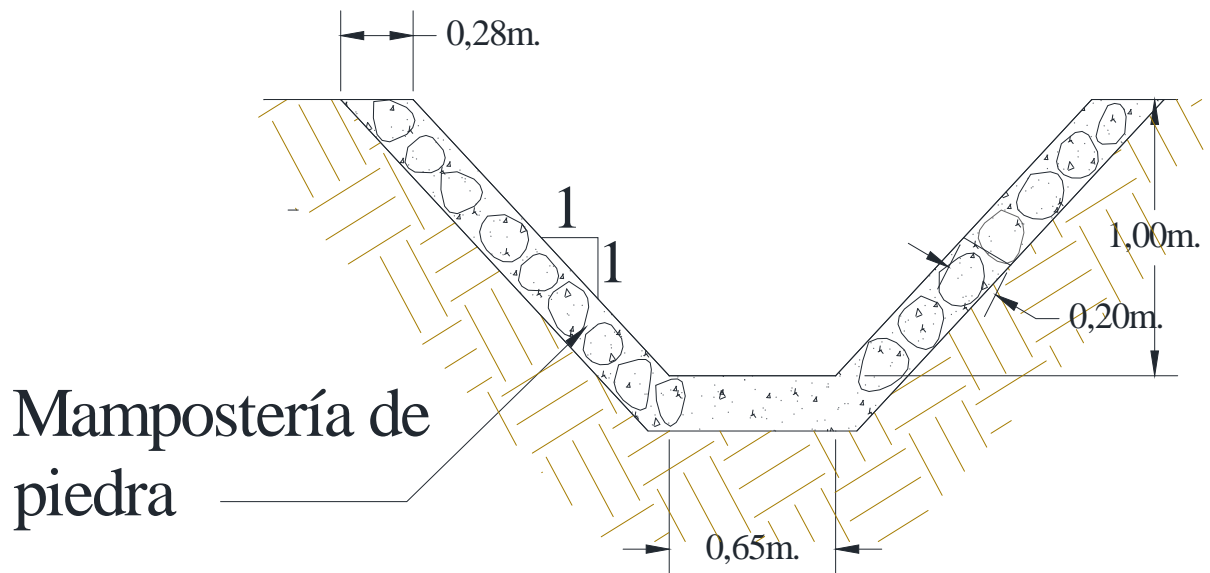


Figura 73. Sección del canal de trasvase progresiva 3+180 a 3+779,95.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 74. Sedimento en el canal de trasvase progresiva 3+180 a 3+779,95 (Muestra N° 4).

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 75. Canal de trasvase con sedimento grueso progresiva 3+180 a 3+779,95.

Fuente: Elaboración Propia.

4.6.2.10. Entrada al sifón N°3 progresiva 3+779,95

En la rejilla de entrada del sifón se encuentra obstruida por maleza y basura, ingresando malezas al sifón y no ingrese agua efectivamente al canal de trasvase, también el desarenador se encuentra totalmente colmatado de sedimento.



Figura 76. Rejilla de entrada del Sifón N°3 obstruida por malezas y basura en la progresiva 3+779,95.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 77. Desarenador colmatado de la entrada Sifón N°3.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 78. Cámara de limpieza del desarenador de la entrada del sifón N°3.

Fuente: Elaboración Propia.

4.6.2.11.- Entrada al sifón N°4 progresiva 4+648,90

La rejilla de entrada del sifón se encuentra obstruida por maleza y materia vegetal lo cual hace que ya no ingrese agua al sifón y por ende al canal de trasvase, también el desarenador se encuentra totalmente colmatado hasta la altura del vertedero de salida.



Figura 79. Desarenador colmatado de la entrada Sifón N°4.

Fuente: Elaboración Propia.

4.6.2.12.- Entrada Sifón N°5 progresiva 5+077,10

La rejilla de entrada se encuentra obstruida por malezas y basura lo cual hace que ya no ingrese agua al sifón y por ende al canal de trasvase, también el desarenador se encuentra totalmente colmatado de sedimentos.



Figura 80. Entrada Sifón N°5 obstruida por malezas en la progresiva 5+077,10.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 81. Desarenador colmatado de la entrada al sifón N°5.

Fuente: Elaboración Propia.

4.6.2.13.- Tramo de la progresiva 5+215,60 a 5+860 (sección trapezoidal)

En este tramo del canal de trasvase existe sedimentación de 5 centímetros de altura debido a la inestabilidad de los taludes adyacentes, el cual deposita sedimento de tamaño grande en el canal lo que puede ocasionar erosión en el canal.

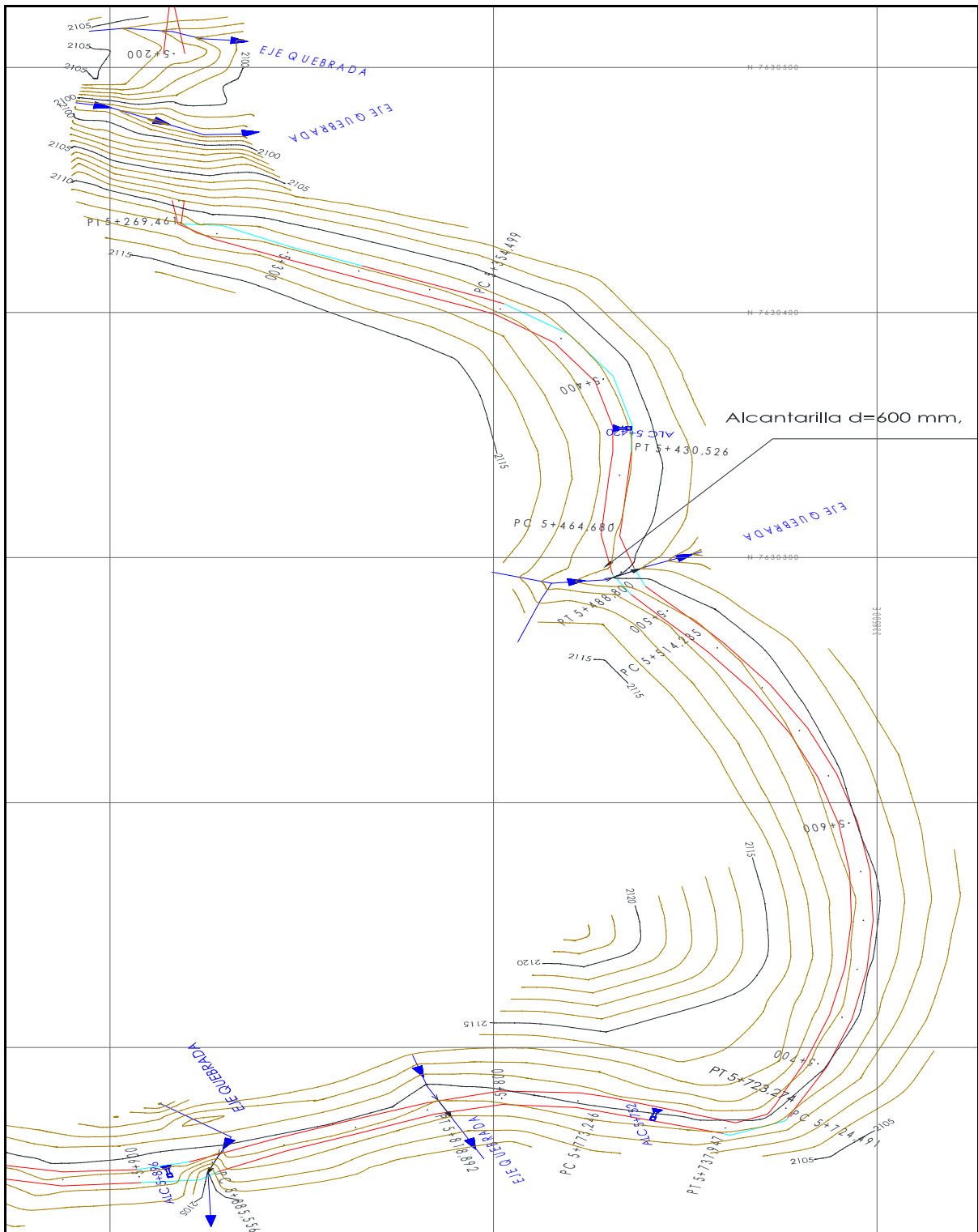


Figura 82. Plano de muestreo canal de trasvase progresiva 5+215,60 a 5+860.

Fuente: G. A. D. de Tarija. Secretaria departamental de obras públicas. Dirección de obras hidráulicas, 2014.

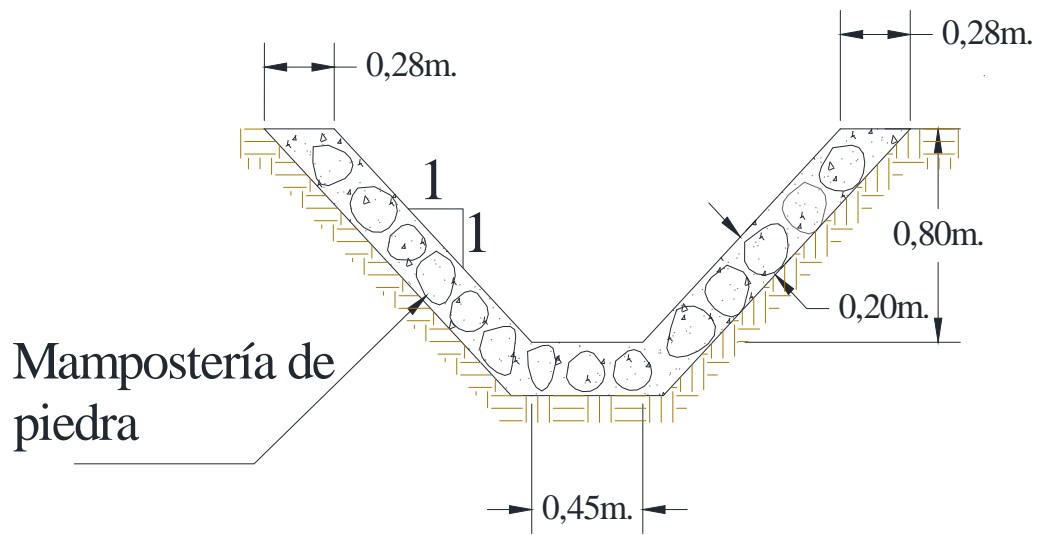


Figura 83. Sección canal de trasvase progresiva 5+215,60 a 5+860.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 84. Sedimentos canal de trasvase progresiva 5+215,60 a 5+860 (Muestra N°5).

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 85. Sedimentos en el canal de trasvase progresiva 5+215,60 a 5+860.

Fuente: Elaboración Propia.

4.6.2.14. Tramo de la progresiva 5+860 a 6+738 (sección trapezoidal)

En este tramo del canal principal de trasvase existe sedimentación de 7 centímetros de altura, debido a los sedimentos arrastrados desde aguas arriba del canal y a la erosión de los taludes adyacentes, obstrucciones en el canal por malezas y basuras.

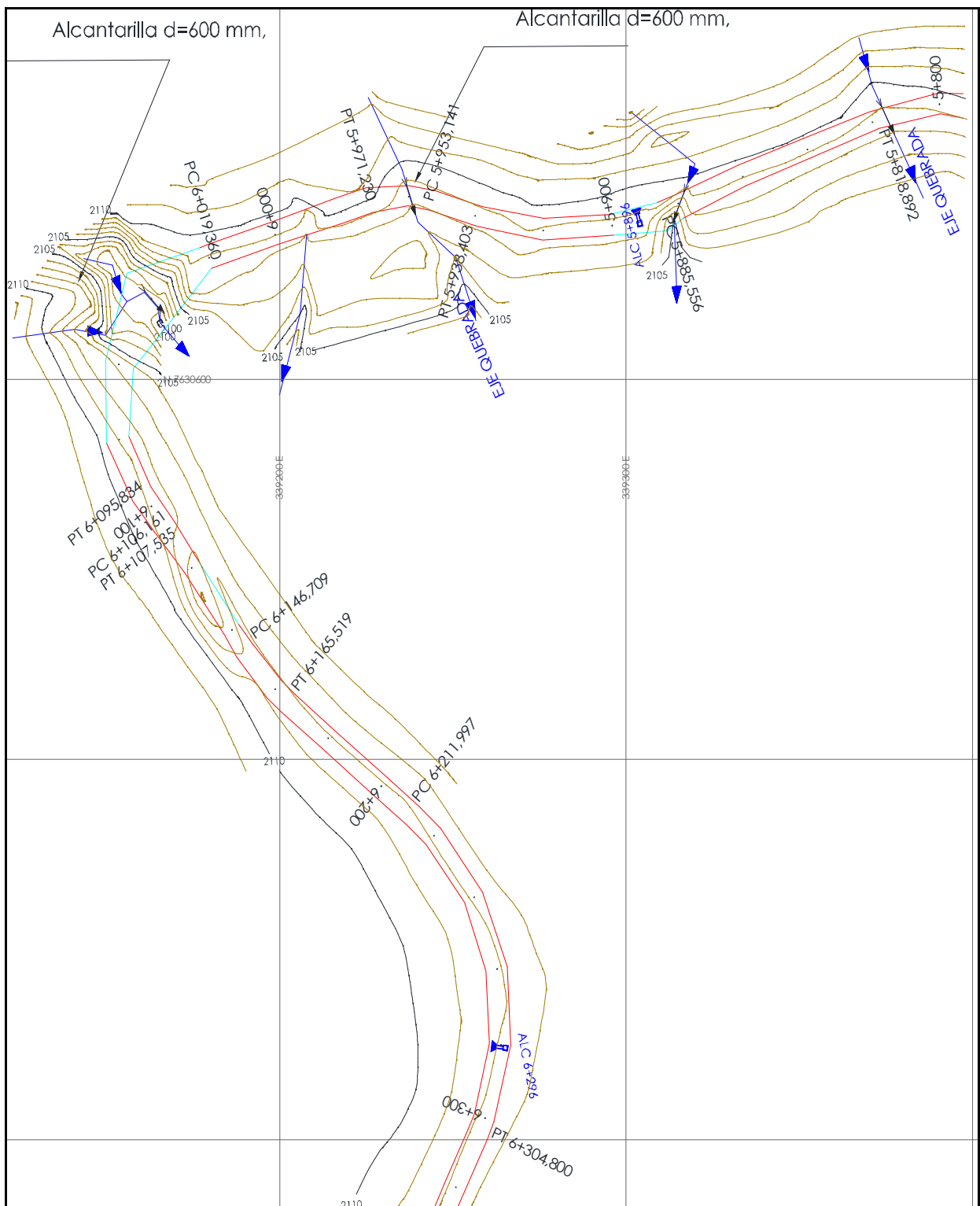


Figura 86. Plano de muestreo canal de trasvase progresiva 5+860 a 6+300.

Fuente: G. A. D. de Tarija. Secretaria departamental de obras públicas. Dirección de obras hidráulicas, 2014.

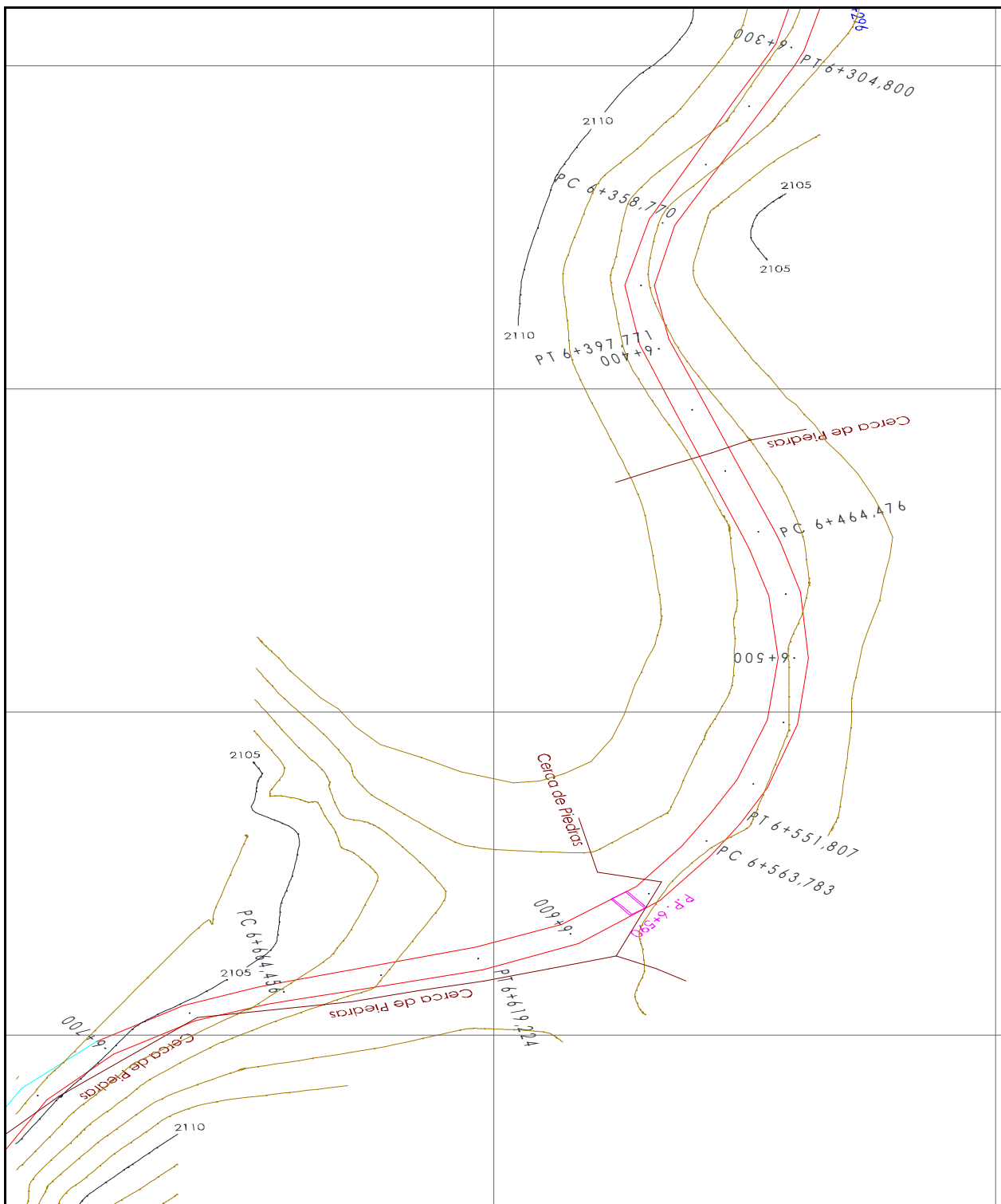


Figura 87. Plano de muestreo canal de trasvase progresiva 6+300 a 6+738.

Fuente: G. A. D. de Tarija. Secretaria departamental de obras públicas. Dirección de obras hidráulicas, 2014.

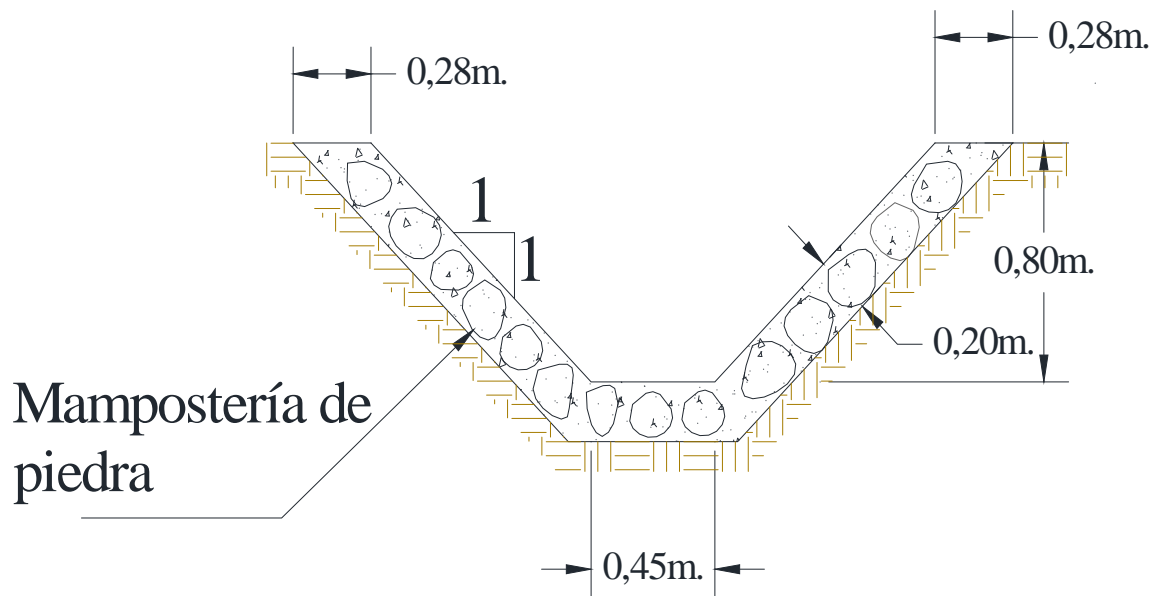


Figura 88. Sección canal de trasvase progresiva 5+860 a 6+738.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 89. Sedimentos en el canal de trasvase progresiva 5+860 a 6+738 (Muestra N°6).

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 90. Canal de trasvase con obstrucciones de malezas progresiva 5+860 a 6+738.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 91. Canal de trasvase con obstrucciones de basuras progresiva 5+860 a 6+738.

Fuente: Elaboración Propia.

4.6.2.15. Entrada al sifón N°6 progresiva 6+738

En la entrada del sifón N°6 la rejilla de entrada se encuentra obstruida por maleza que obstruye el ingreso de agua y el ingreso de malezas al sifón, también el desarenador se encuentra colmatado.



Figura 92. Rejilla de entrada al Sifón N°6 obstruida.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 93. Desarenador N°7 colmatado en la entrada Sifón N°6.

Fuente: Elaboración Propia.

4.6.2.16. Tramo de la progresiva 7+148 a 7+262,45 (sección trapezoidal)

En este tramo del canal principal de trasvase existe sedimentación de 2 centímetros de altura debido a la sedimentación arrastrada desde aguas arriba del canal, y a la erosión de las bermas adyacentes.

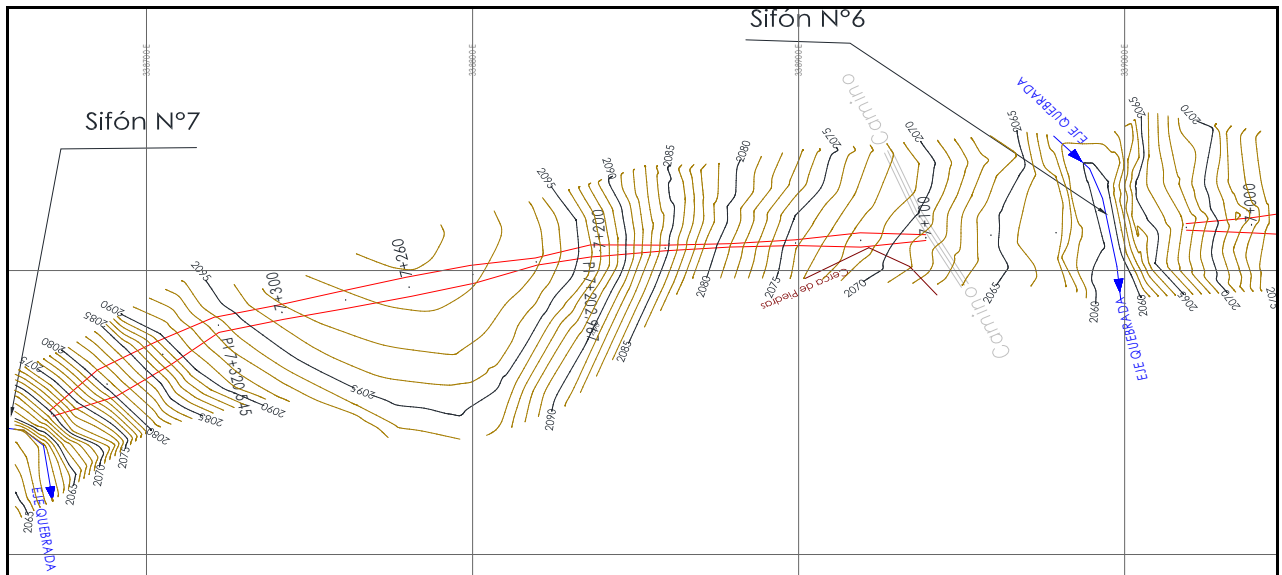


Figura 94. Plano de muestreo canal de trasvase progresiva 7+148 a 7+262,45.

Fuente: G. A. D. de Tarija. Secretaria departamental de obras públicas. Dirección de obras hidráulicas, 2014.

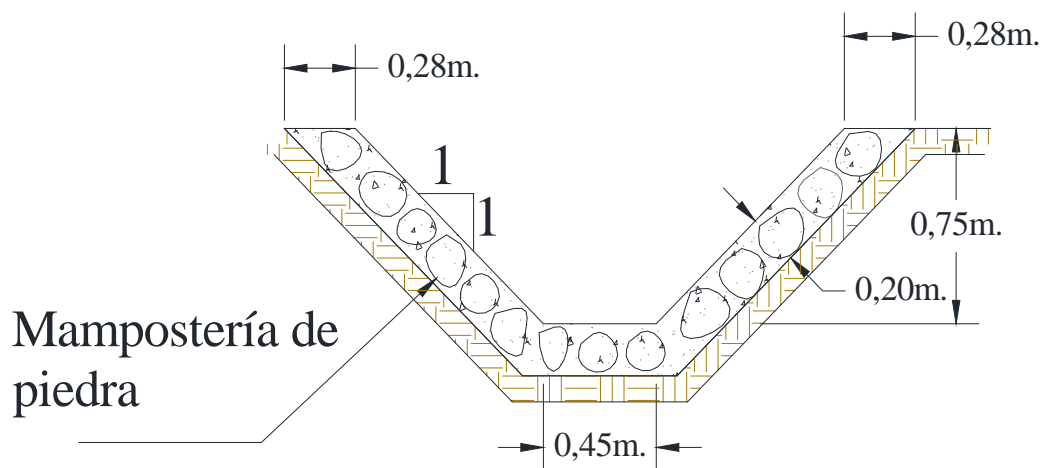


Figura 95. Sección canal de trasvase progresiva 7+148 a 7+262,45.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 96. Canal de Trasvase con sedimento progresiva 7+148 a 7+262,45 (Muestra N°7).

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 97. Canal trapezoidal de trasvase con sedimento en progresivas 7+148 a 7+262,45.

Fuente: Elaboración Propia.

4.6.2.17. Desarenador N°8 entrada Sifón N°7 progresiva 7+262,45

La rejilla de entrada se encuentra obstruida por maleza que obstruye el ingreso de agua y también la entrada de basura al sifón, y el desarenador se encuentra colmatado de sedimentos.



Figura 98. Rejilla de entrada obstruida y desarenador colmatado en la entrada Sifón N°7.

Fuente: Elaboración Propia.

4.6.2.18. Tramo de la progresiva 7+440,10 a 8+408,050 (sección trapezoidal)

En este tramo del canal de trasvase se encuentra con 20 centímetros de altura de sedimento debido mayormente a derrumbes y erosión de los taludes adyacentes al canal, y con mayor riesgo de derrumbes de piedras de gran tamaño que pueden ocasionar daños al canal de trasvase, en la progresiva 8+160 a 8+280.

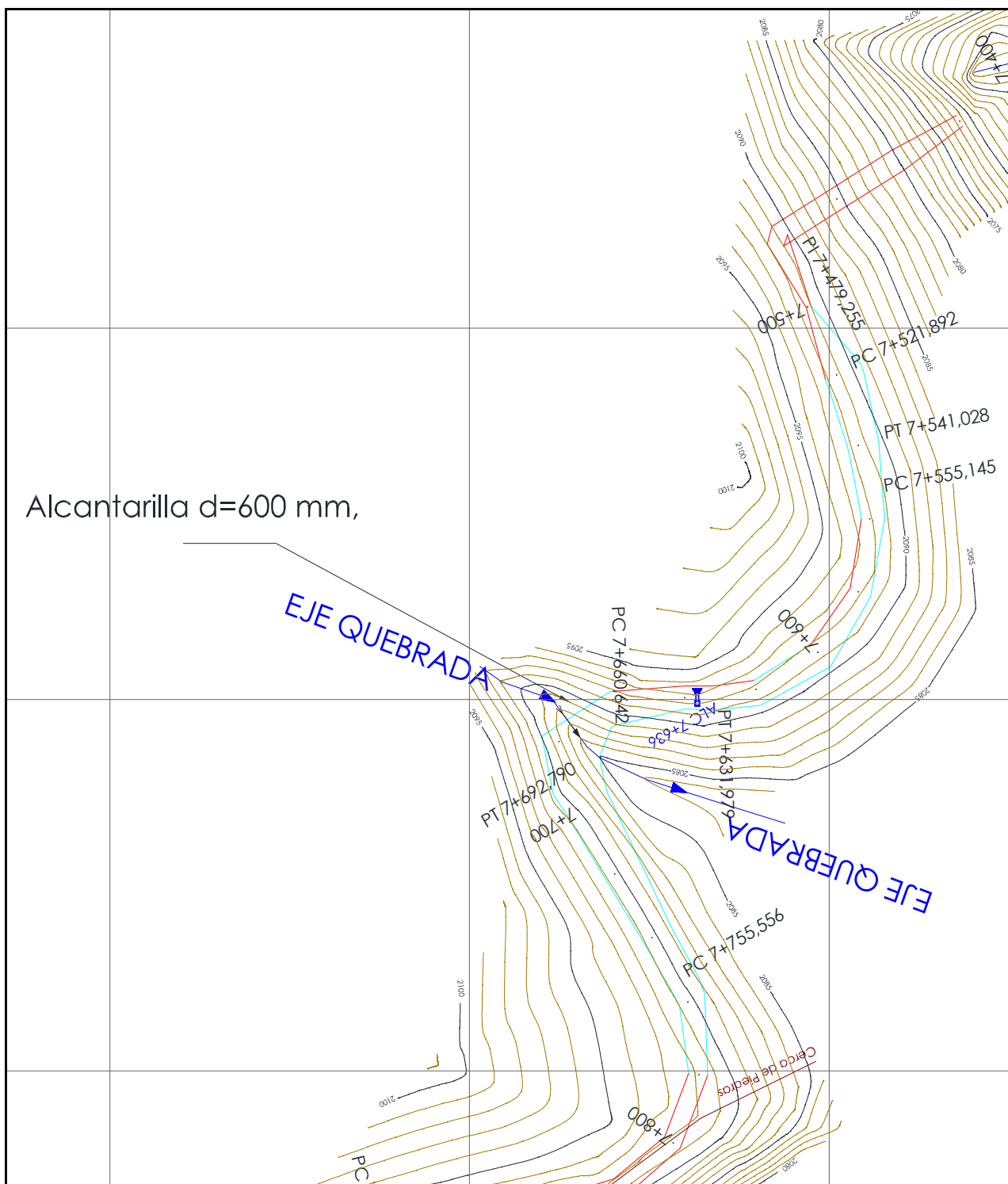


Figura 99. Plano de muestreo canal de trasvase progresiva 7+440,10 a 7+800.

Fuente: G. A. D. de Tarija. Secretaria departamental de obras públicas. Dirección de obras hidráulicas, 2014.

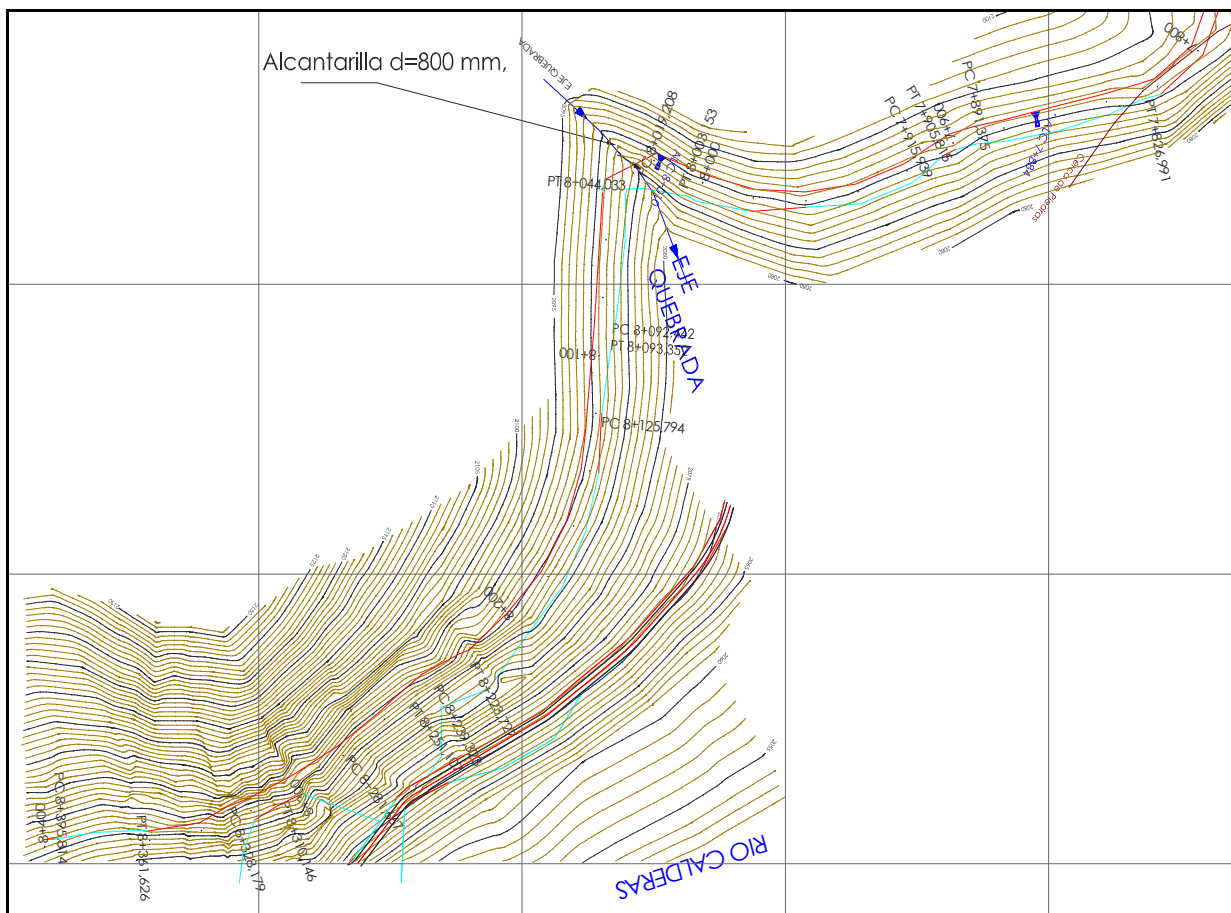


Figura 100. Plano de muestreo canal de trasvase progresiva 7+800 a 8+408,050.

Fuente: G. A. D. de Tarija. Secretaria departamental de obras públicas. Dirección de obras hidráulicas, 2014.

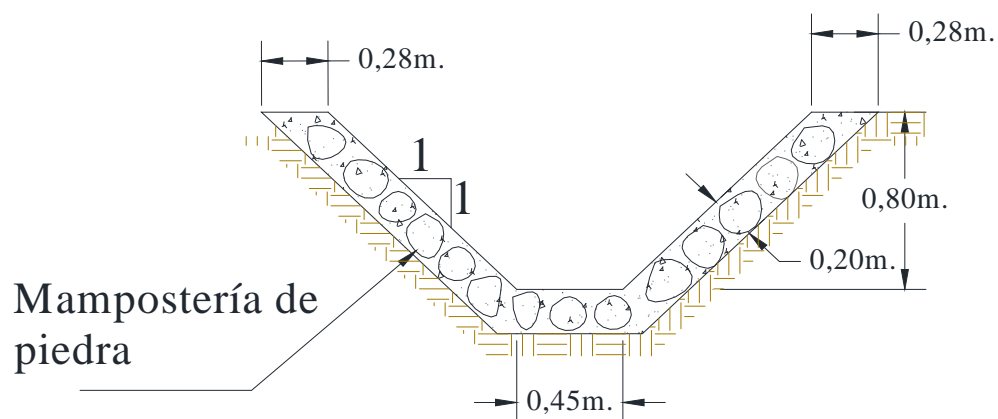


Figura 101. Sección canal de trasvase progresiva 7+440,10 a 8+408,050.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 102. Canal Trapezoidal Trasvase sedimentado en la progresiva 7+440,10 a 8+408,050 (Muestra N°8).

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 103. Canal Trapezoidal de Trasvase con sedimento de gran tamaño progresiva 8+160 a 8+280.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 104. Canal Trapezoidal de Trasvase con derrumbe del talud en la progresiva 8+160 a 8+280.

Fuente: Elaboración Propia.

4.6.2.19. Tramo de la progresiva 8+408,050 a 8+534,70 (sección rectangular)

En este tramo del canal principal de trasvase existe sedimentación de 10 centímetro de altura por la erosión del talud adyacente y del sedimento arrastrado desde aguas arriba lo cual puede ocasionar erosión del canal.

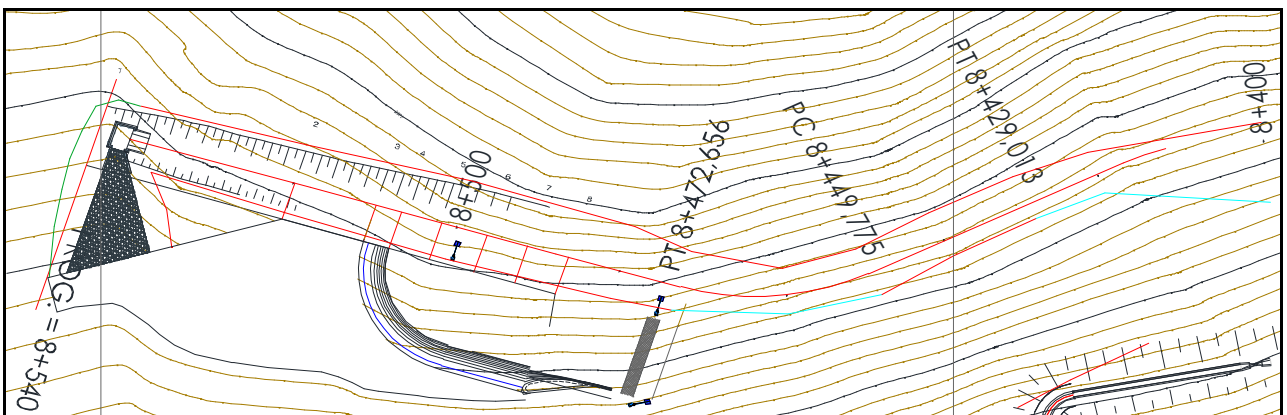


Figura 105. Plano de muestreo canal de trasvase progresiva 8408,050 a 8+534,70.

Fuente: G. A. D. de Tarija. Secretaria departamental de obras públicas. Dirección de obras hidráulicas, 2014.

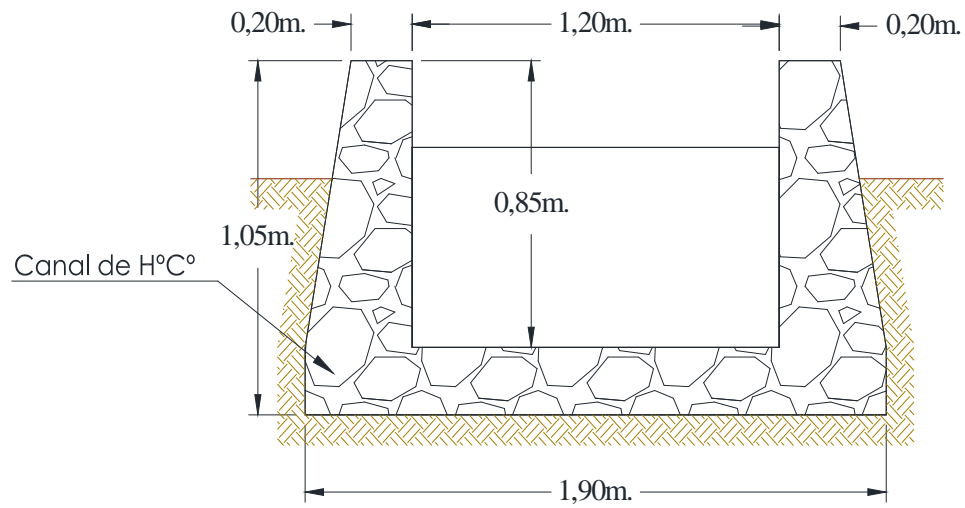


Figura 106. Sección canal de trasvase progresiva 8408,050 a 8+534,70.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 107. Canal de trasvase sedimentado prog. 8+408,050 a 8+534,70 (Muestra N°9).

Fuente: Elaboración Propia.

4.7. Análisis de la bocatoma del sistema de aducción de trasvase

Se realizará el cálculo hidráulico de la bocatoma ya que no existe diseño hidráulico de toma derivadora, debido a que el diseño original es para toma tirolesa y no obra de toma derivadora.

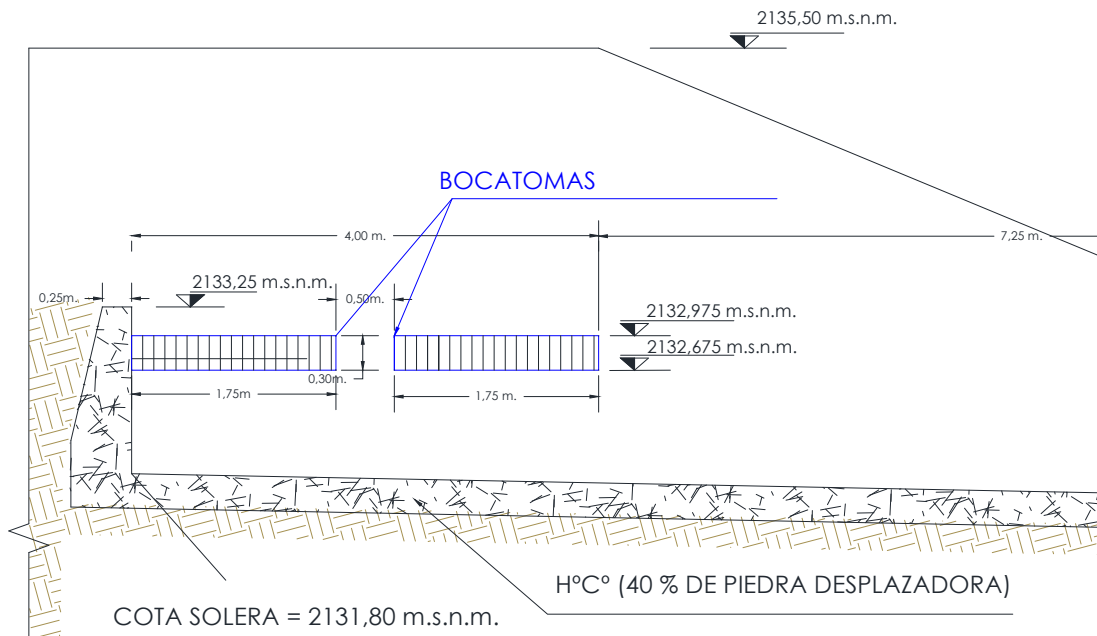


Figura 108. Bocatoma en muro lateral.

Fuente: Gobierno Autónomo Departamental de Tarija. Secretaria departamental de obras públicas. Dirección de obras hidráulicas, 2014.

4.7.1. Cálculo hidráulico de la bocatoma del canal de trasvase tipo azud derivador

La bocatoma del canal de trasvase tiene dos aberturas de 1,75 m de ancho por 0,30 m de alto.

$$Q = K \cdot S \cdot M \cdot b \cdot H^{1/2}$$

Donde:

Q: caudal, en m³/s.

M: coeficiente.

K: coeficiente debido a la contracción lateral de los barrotes, se adopta un coeficiente de contracción para toma derivadora K= 0,90.

b: ancho efectivo de la reja, b= 1,75 m.

S: coeficiente de corrección por sumergimiento.

H: Altura de la bocatoma, H= 0,30 m.

El coeficiente M se calcula con la ecuación de Konovalov:

$$M = \left[0,407 + \frac{0,045 * H}{H + w_1} \right] \left[1 + 0,285 \left(\frac{H}{H + w_1} \right)^2 \right] \sqrt{2 * g}$$

Dónde: w_1 = Elevación de la cresta sobre el fondo, aguas arriba

$$w_1 = 0,30 \text{ m}$$

$$M = 2,04$$

El coeficiente S, según Bazin:

$$S = 1,05 \left[1 + \frac{h_n}{w_2} \right] \sqrt[3]{\frac{Z}{H}}$$

Donde:

Z: diferencia de elevación de superficies entre las secciones de agua arriba y debajo de la cresta.

h_n : elevación del agua bajo el vertedero sobre la cresta.

w_2 : elevación de la cresta sobre el fondo, aguas abajo. $w_2 = 0,875 \text{ m}$.

Para el cálculo del caudal se adopta el valor de Z como la pérdida entre las secciones delante y después del vertedero.

$$Z = h_r + h_e + h_{exp} \quad \text{Pérdida de carga en bocatoma}$$

Pérdidas en la rejilla (h_r)

$$h_r = k_r \frac{v^2}{2g}$$

$$k_r = C_f * \left(\frac{t}{S} \right)^{\frac{3}{4}} \text{sen } \theta$$

Donde:

C_f : coeficiente de forma de las barras.

t: espesor de las barras.

s: distancia entre las barras.

α : ángulo de inclinación de la reja respecto la dirección de flujo.

g: aceleración de la gravedad.

El coeficiente C_f se determina de acuerdo con la forma de las barras:

Tabla 4. Coeficiente de forma de la barra.

Forma de la barra	C_f
Cuadrada o rectangular	2,42
Redonda	1,79
Ovalada en los Extremos	1,67
Ovalada	0,76

Fuente: Krochin, 1978, p. 107.

Dónde: v es la velocidad frente a la rejilla, como si las barras no existiesen

$v = 0,80 \text{ m/s}$ asumo una velocidad recomendable de 0,60 a 1 m/s

$C_f = 2,42$

Ancho de barrote de pletina 2" x 5mm: $t = 5 \text{ mm} = 0,005 \text{ m}$.

Separación entre ejes de los barros: $S = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$.

$\alpha = 90^\circ$ respecto al flujo

$$k_r = 2,42 \left(\frac{0,005 \text{ m}}{0,1 \text{ m}} \right)^{\frac{2}{3}} \sin 90^\circ$$

$$k_r = 0,26$$

$$h_r = 0,26 * \frac{(0,80 \text{ m/s})^2}{2 * 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$h_r = 0,0085 \text{ m}$$

Pérdidas en la entrada (h_e).

Se producen pérdidas en la bocatoma debido a la contracción de las líneas de flujo. La pérdida se calcula:

$$h_e = k_e \frac{v^2}{2g}$$

Se aconseja un valor del coeficiente de pérdida $k_e = 0,30$.

$$v = 0,80 \text{ m/s}$$

$$k_e = 0,30$$

$$h_e = 0,30 * \frac{(0,80 \text{ m/s})^2}{2 * 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$h_e = 0,0098 \text{ m}$$

Pérdida por expansión brusca (h_{ex}).

Se calcula a partir de la ecuación de Naudascher para expansiones bruscas con flujo a superficie libre:

$$h_e = 0,82 \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g}$$

$$v_1 = 0,80 \text{ m/s} \quad \text{Velocidad media en la sección no expandida.}$$

$$v_2 = 0,10 \text{ m/s} \quad \text{Velocidad media en la sección expandida.}$$

$$h_{ex} = 0,020 \text{ m}$$

Pérdida por expansión gradual.

$$h_e = 0,30 \frac{(v_1^2 - v_2^2)^2}{2g}$$

$$v_1 = 0,80 \text{ m/s} \quad \text{Velocidad media en la sección no expandida.}$$

$$v_2 = 0,10 \text{ m/s} \quad \text{Velocidad media en la sección expandida.}$$

$$h_{ex} = 0,007 \text{ m}$$

Pérdida por contracción gradual.

$$h_e = 0,20 \frac{(v_1^2 - v_2^2)^2}{2g}$$

$v_1 = 1,20$ m/s Velocidad media en la sección no expandida

$v_2 = 0,10$ m/s Velocidad media en la sección expandida

$h_{ex} = 0,012$ m

$$Z = h_r + h_e + h_{exp}$$

$Z = 0,0085$ m + $0,0098$ m + $0,020$ m + $0,007$ m + $0,012$ m

$$Z = 0,057 \text{ m.}$$

$$h_n = H - Z$$

$$h_n = 0,30 \text{ m} - 0,057 \text{ m}$$

$$h_n = 0,243 \text{ m}$$

$$S = 1,05 \left[1 + 0,30 * \frac{0,243}{0,875 \text{ m}} \right]^2 \sqrt{\frac{0,057 \text{ m}}{0,30 \text{ m}}}$$

$$S = 0,65$$

$$Q = K * S * M * b * H^{1/2}$$

$$Q = 0,90 * 0,65 * 2,04 * 1,75 \text{ m} * (0,30 \text{ m})^{1/2}$$

$Q = 1,14$ m³/s el caudal de la bocatoma se multiplica por dos.

$$Q = 2,28 \text{ m}^3/\text{s}$$

4.7.2. Evaluación de la pérdida de capacidad de captación de la bocatoma

Se procedió a comparar la velocidad y el caudal que es captado sin sedimentos con el caudal captado con una bocatoma obstruida, considerando el tirante de agua medido en campo, para la comparación se reemplazará el tirante H en la fórmula de la bocatoma multiplicado el caudal por dos debido a la bocatoma doble. Donde se demuestra la reducción de la eficiencia de captación, donde la pérdida de caudal de transporte de agua al embalse de la presa Calderas.

$$Q = K * S * M * b * H^{1/2}$$

$$Q = 0,90 * 0,65 * 2,04 * 1,75 \text{ m} * (0,02 \text{ m})^{1/2}$$

$$Q = 0,295 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = K * S * M * b * H^{1/2}$$

$$Q = 0,90 * 0,65 * 2,04 * 1,75 \text{ m} * (0,02 \text{ m})^{1/2}$$

$$Q = 0,295 \text{ m}^3/\text{s} * 2 = 0,590 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tabla 5. Comparación de la pérdida de capacidad por la sedimentación de las bocatomas del sistema de trasvase.

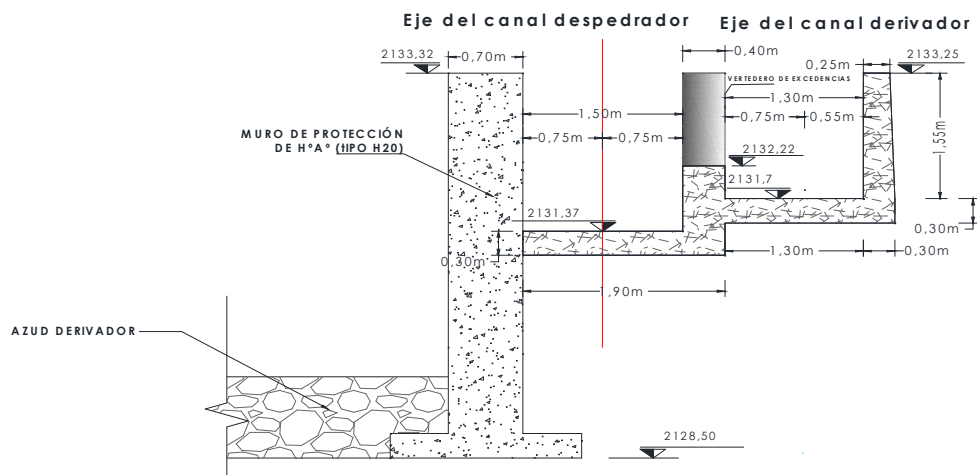
Bocatomas	H (m)	Q (m ³ /s)	Q (l/s)
Bocatomas sin obstrucción (en ambas rejillas)	0,02	0,590	590
Bocatomas con obstrucción (con una rejilla obstruida)	0,02	0,295	295

Fuente: Elaboración propia

4.8. Análisis del canal despedrador en sistema de trasvase

Se vio que gran parte del sedimento que ingresa por las dos rejillas de la obra de toma se queda en el canal despedrador para luego pasar al canal derivador mediante un vertedero lateral, además de contar con una compuerta de limpieza para evacuar los sedimentos, por lo que tamaños superiores a 10cm es retenido en la reja y el resto se deposita en el despedrador, por lo que se realizara el cálculo hidráulico para determinar la eficiencia hidráulica y el caudal de entrada al canal de trasvase.

Vista en corte



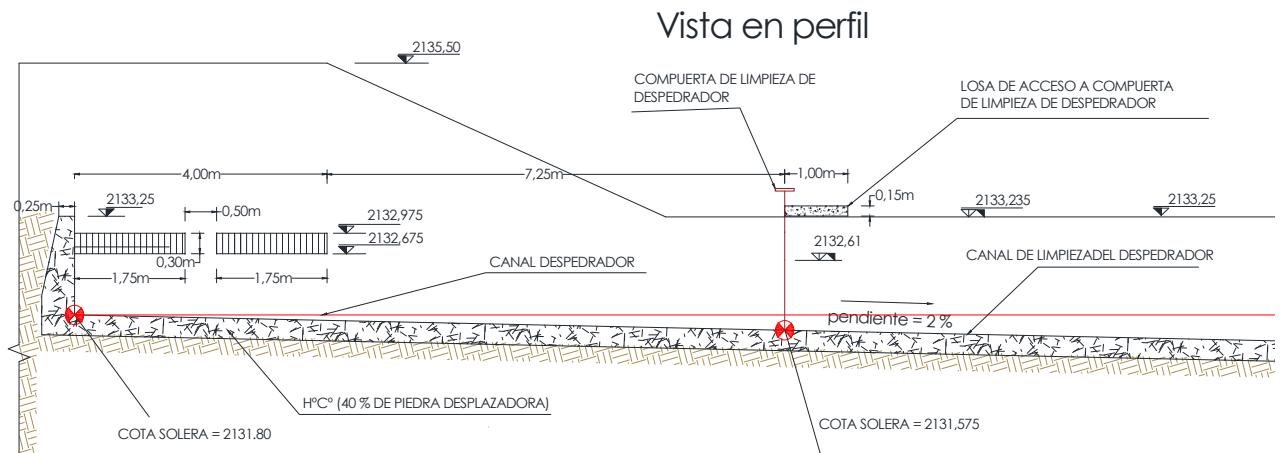


Figura 109. Despedrador vista en corte y perfil.

Fuente: G. A. D. de Tarija. Secretaria departamental de obras públicas. Dirección de obras hidráulicas, 2014.

4.8.1. Cálculo hidráulico del despedrador del canal de trasvase

Fórmula de Manning:

$$Q = \frac{1}{n} * A * R_H^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

Donde:

Q: Caudal de entrada. $Q = 2,28 \text{ m}^3/\text{s}$.

n: Coeficiente de rugosidad. $n = 0,015$ (hormigón ciclópeo).

A: Área del canal. $A = b * y$; $A = 1,50 \text{ m} * 0,85 \text{ m}$; $A = 1,275 \text{ m}^2$

p: Perímetro mojado. $p = 2 * y + b$; $p = 2 * 0,85 \text{ m} + 1,50 \text{ m}$; $p = 3,20 \text{ m}$

R_H : Radio hidráulico. $R_H = \frac{A}{p}$

S: Pendiente del canal despedrador. $S = 0,02 \text{ m/m}$.

Cálculo del caudal:

$$Q = \frac{1}{0,015} * 1,275 \text{ m}^2 * \left(\frac{1,275 \text{ m}^2}{3,20 \text{ m}} \right)^{2/3} * (0,02 \text{ m/m})^{1/2}$$

$Q = 6,50 \text{ m}^3/\text{s}$

4.8.2. Evaluación del canal despedrador en sistema de trasvase

Se determinó que la capacidad del despedrador es de 6,50 m³/s, y el caudal de ingreso por la bocatoma es de 2,88 m³/s, por lo cual el canal construido es eficiente para el caudal de entrada.

4.9. Análisis del canal derivador en sistema de trasvase

Cuando el agua ingresa por la bocatoma llega al canal despedrador, para luego mediante un vertedero lateral ingresar al canal derivador, y posteriormente al canal de trasvase pasando por un último vertedero de excedencia para regular el caudal de ingreso. Se realizará el cálculo hidráulico para verificar el caudal de ingreso tomando como datos las dimensiones del vertedero y canal medidas en campo.

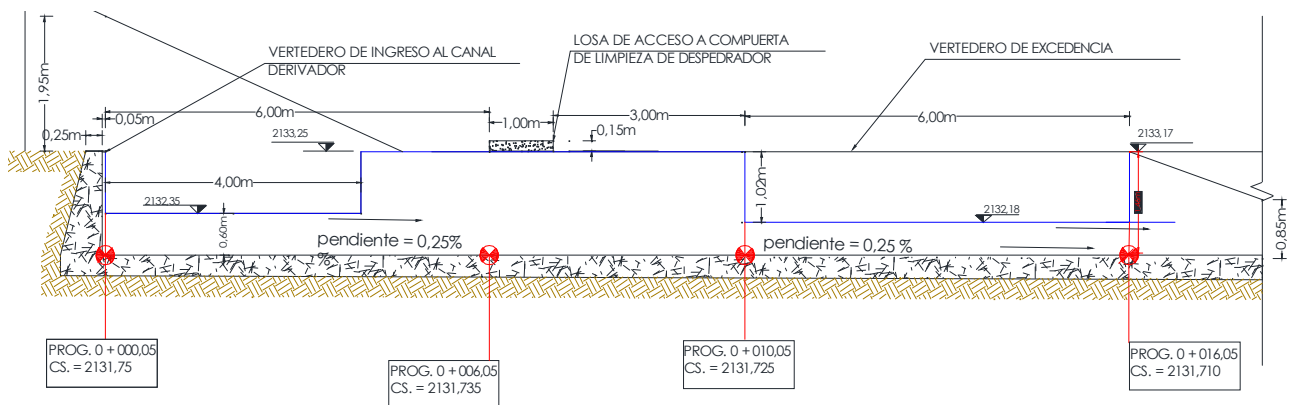


Figura 110. Vista en perfil del canal derivador.

Fuente: Gobierno Autónomo Departamental de Tarija. Secretaria departamental de obras públicas. Dirección de obras hidráulicas, 2014.

4.9.1. Cálculo hidráulico del canal derivador del canal de trasvase

Ingreso de caudal al canal derivador mediante un vertedero lateral de ingreso. Fórmula del vertedero lateral.

$$Q = C * L * H^{\frac{3}{2}}$$

Q: Caudal vertido al canal derivador, en m³/s.

C: Coeficiente de descarga. C= 1,84 (vertedero de cresta aguda).

L: Longitud del vertedero. L=4,00 m.

H: Altura de carga sobre el vertedero. H= 0,275 m.

$$Q = 1,84 * 4,00 \text{ m} * (0,275 \text{ m})^{3/2}$$

$$Q = 1,06 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Al ingresar al canal derivador, existe un vertedero lateral de excedencias que regula el caudal que va ir al canal de trasvase, en donde la altura de la solera del canal a la cresta del vertedero de excedencias es de 0,50 m, siendo el canal de entrada al canal de trasvase de:

Fórmula de Manning:

$$Q = \frac{1}{n} * A * R_H^{2/3} * S^{1/2}$$

Donde:

Q: Caudal de entrada al canal de trasvase, en m³/s.

n: Coeficiente de rugosidad. n= 0,015 (hormigón ciclópeo).

A: Área del canal. A= b*y; A= 1,30 m*0,50 m; A= 0,65 m²

p: Perímetro mojado. p= 2*y + b; p= 2*0,50 m+1,30 m; p= 2,30 m

R_H: Radio hidráulico. $R_H = \frac{A}{P} = \frac{0,65 \text{ m}^2}{2,3 \text{ m}} = 0,28 \text{ m}.$

S: Pendiente del canal. S= 0,05 m/m.

Cálculo del caudal:

$$Q = \frac{1}{0,015} * 0,65 \text{ m}^2 * (0,28 \text{ m})^{2/3} * (0,0050 \text{ m/m})^{1/2}$$

$$Q = 1,31 \text{ m}^3/\text{s}.$$

4.10. Análisis del desarenador del sistema de trasvase progresiva 0+076

Se realizará el cálculo hidráulico del desarenador, y se verificará la eficiencia de este, considerando el diámetro de partícula extraído del desarenador, y con el caudal de ingreso determinado.

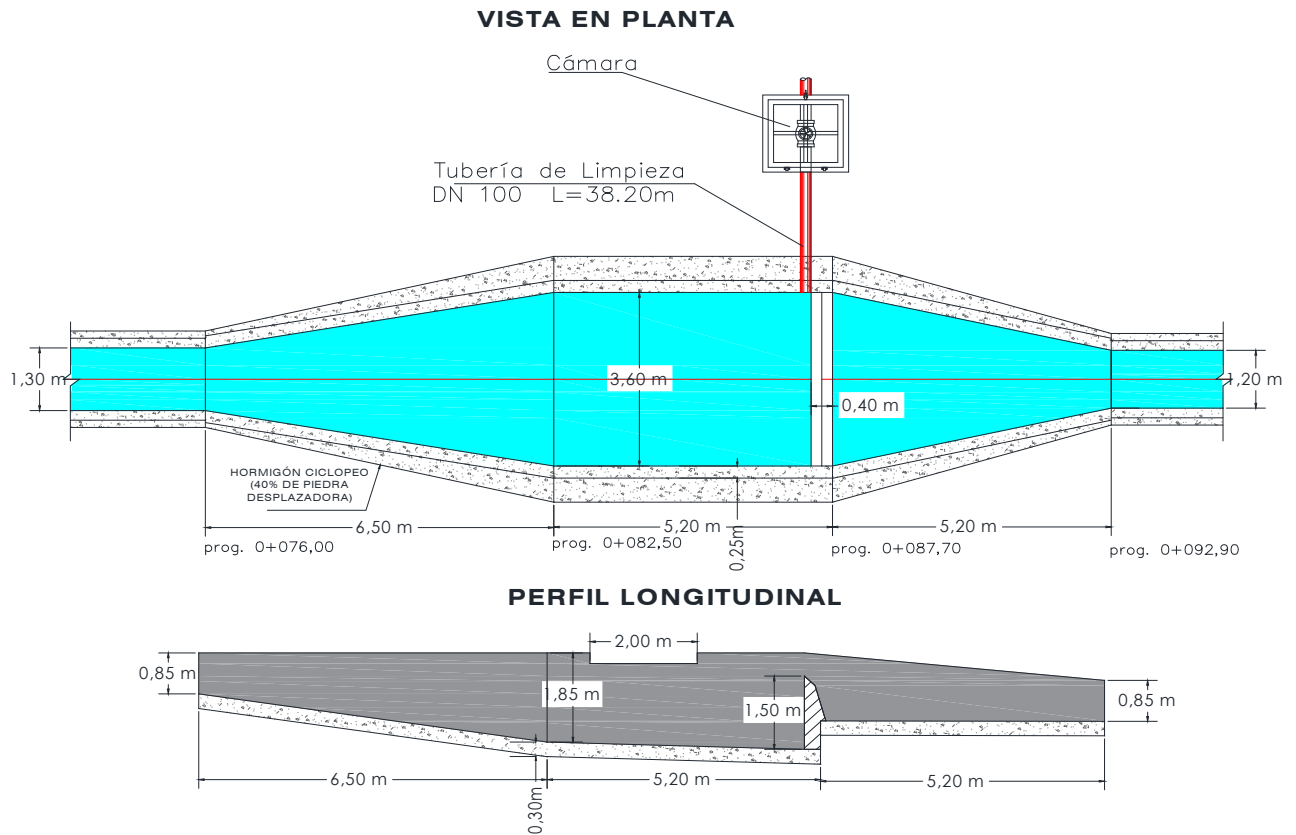


Figura 111. Desarenador progresiva 0+076 vista en planta y corte.

Fuente: Gobierno Autónomo Departamental de Tarija. Secretaría departamental de obras públicas. Dirección de obras hidráulicas, 2014.

4.10.1. Cálculo hidráulico del desarenador del sistema de trasvase

Diámetro de la partícula a sedimentar: $d = 0,45 \text{ mm}$.

Tabla 6. Velocidad de sedimentación w calculado por Arkhangelski (1935) en función del diámetro de partículas.

d (mm)	w (cm/s)
0,05	0,178
0,10	0,692
0,15	1,560

0,20	2,160
0,25	2,700
0,30	3,240
0,35	3,780
0,40	4,320
0,45	4,860
0,50	5,400
0,55	5,940
0,60	6,480
0,70	7,320
0,80	8,070
1,00	9,44
2,00	15,29
3,00	19,25
5,00	24,90

Fuente: Villón, 2005, p. 107.

Velocidad de sedimentación: $w = 4,86 \text{ cm/s} = 0,0486 \text{ m/s}$

Cálculo de la velocidad de flujo v en el tanque:

Utilizando la fórmula de Camp: $v = a\sqrt{d}$ (cm/s)

Donde:

d = Diámetro de la partícula.

a = Constante en función del diámetro.

Tabla 7. Constante a en función del diámetro de la partícula.

a	d (mm)
51,00	< 0,10
44,00	0,10 – 1,00
36,00	> 1,00

Fuente: Villón, 2005, p. 105.

$$v = 44\sqrt{0,45 \text{ m}} = 29,52 \text{ cm/s} = 0,295 \text{ m/s}$$

Cálculo de las dimensiones del tanque:

$$\text{Caudal: } Q = b \cdot h \cdot v$$

$$\text{Ancho de desarenador: } b = \frac{Q}{h \cdot v}$$

$$\text{Tiempo de caída: } w = \frac{h}{t} \quad t = \frac{h}{w}$$

$$\text{Tiempo de sedimentación: } v = \frac{L}{t} \quad t = \frac{L}{v}$$

$$\text{Igualando el tiempo de caída y tiempo de sedimentación: } \frac{h}{w} = \frac{L}{v} \quad L = \frac{h \cdot v}{w}$$

Proceso de cálculo de las dimensiones del tanque.

Profundidad del desarenador: $h = 1,50 \text{ m}$.

$$\text{Longitud del desarenador: } L = \frac{h \cdot v}{w} = \frac{1,5 \text{ m} \cdot 0,2 \text{ m/s}}{0,0 \text{ m/s}} = 9,11 \text{ m}$$

$L = 9,20 \text{ m}$ adoptado.

$$\text{Ancho del desarenador: } b = \frac{Q}{h \cdot v} = \frac{1,3 \text{ m}^3/\text{s}}{1,5 \text{ m} \cdot 0,2 \text{ m/s}} = 2,96 \text{ m}$$

$b = 3,00 \text{ m}$ adoptado.

$$\text{Tiempo de sedimentación: } t = \frac{h}{w} = \frac{1,5 \text{ m}}{0,0 \text{ m/s}} = 30,86 \text{ s.}$$

Volúmen de agua conducido en ese tiempo: $V = Q \cdot t = 1,31 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 30,86 \text{ s} = 40,43 \text{ m}^3$

Verificar capacidad del tanque: $V = b \cdot h \cdot L = 3,00 \text{ m} \cdot 1,50 \text{ m} \cdot 9,20 \text{ m} = 41,40 \text{ m}^3$

$V = 41,40 \text{ m}^3 > V = 40,43 \text{ m}^3$ OK CUMPLE.

Cálculo de la longitud de transición.

Fórmula de Hind: $L = \frac{T_1 - T_2}{2 \cdot \tan 2,5^\circ}$

Donde:

L = longitud de la transición

T_1 = espejo de agua del desarenador.

T_2 = espejo de agua en el canal.

Longitud de transición: $L = \frac{3,0 \text{ m} - 1,3 \text{ m}}{2 \cdot \tan 2,5^\circ} = 2,05 \text{ m}.$

Adoptado $L = 2,10 \text{ m}.$

La longitud del vertedero al no encontrarse en una curva se adopta el ancho del desarenador:

$L = 3,00 \text{ m}.$

Cálculo de las dimensiones de la compuerta de lavado.

Suponiendo una compuerta cuadrada de lado 1, el área será $A = l^2$ la compuerta funciona como un orificio.

donde:

v = velocidad de salida por la compuerta, debe ser de 3 a 5 m/s, para el concreto el límite erosivo es de 6 m/s. asumiendo $v = 4 \text{ m/s}.$

Q = caudal descargado por la compuerta.

A_0 = área del orificio. $A = l^2$

$A_0 = \frac{Q}{v} = \frac{1,3 \text{ m}^3/\text{s}}{4 \text{ m/s}} = 0,33 \text{ m}^2.$

$l = \sqrt{0,33 \text{ m}^2} = 0,5 \text{ m}.$ Adoptando $l = 0,60 \text{ m}$

El área de la tubería de limpieza de 4" de diámetro del desarenador de trasvase es:

$$A = \frac{\pi}{4} * D^2 = \frac{\pi}{4} * (0,1016 \text{ m})^2 = 0,0081 \text{ m}^2.$$

4.10.2. Evaluación del desarenador del canal de trasvase

La capacidad del desarenador construido es de **34,65 m³**, y del desarenador verificado hidráulicamente es **41,40 m³** por lo tanto el desarenador no tiene la capacidad para el volumen de sedimento, concluyendo que el desarenador tiende a colmatarse totalmente, por lo que para una mejor eficiencia del desarenador es necesario el mantenimiento rutinario. También se verificó que la tubería de limpieza del desarenador cumple con el caudal.

4.11. Análisis del canal secundario Tárraga del margen izquierdo del río Yesera

El canal de riego Tárraga se ubica en el margen izquierdo de la obra de toma del río Yesera, este canal tiene una longitud de 501,11 metros, el canal tiene una sección de 0,30 m de base por 0,30 m de altura, al encontrarse en el pie de talud y los primeros 10 metros es una entrada de tierra y susceptible a sedimentarse.

Se hizo los cálculos hidráulicos para verificar con el software Excel de la reducción de la velocidad y del caudal debido a los cambios de la pendiente y sección debido a la sedimentación depositada en el canal se demuestra en los anexos. Se consideró el coeficiente de rugosidad del H^oC^o n= 0,015 y de la tierra con gravilla n= 0,025 y mampostería con piedras rectangulares n= 0,020.

4.11.1. Cálculo hidráulico del Canal de riego Tárraga

Datos canal rectangular:

Ancho de solera: b= 0,30 m.

Tirante de agua: y= 0,25 m.

Pendiente: S= 0,0050 m/m

Coficiente de rugosidad H^oC^o: n= 0,015

Área: A= b*y

A= 0,30 m*0,25 m

$$A = 0,075 \text{ m}^2$$

Perímetro: $p = 2 \cdot y + b$

$$p = 2 \cdot 0,25 \text{ m} + 0,30 \text{ m.}$$

$$p = 0,80 \text{ m.}$$

Radio hidráulico: $R_H = \frac{A}{P}$

Cálculo de la velocidad:

$$v = \frac{1}{n} * R_H^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

$$v = \frac{1}{0,0} * \left(\frac{0,0 \text{ m}^2}{0,8 \text{ m.}} \right)^{\frac{2}{3}} * (0,005 \text{ m/m})^{\frac{1}{2}}$$

$$v = 0,9728 \text{ m/s.}$$

Cálculo del caudal:

$$Q = \frac{1}{n} * A * R_H^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = \frac{1}{0,0} * 0,075 \text{ m}^2 * \left(\frac{0,0 \text{ m}^2}{0,8 \text{ m.}} \right)^{\frac{2}{3}} * (0,005 \text{ m/m})^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = 0,0730 \text{ m}^3/\text{s.}$$

Cálculo de velocidad y caudal del canal Tárraga con sedimentos.

Datos canal rectangular:

Ancho de solera: 0,30 m.

Altura de sedimento: 0,07 m.

Tirante de agua: $0,25 \text{ m} - 0,07 \text{ m} = 0,18 \text{ m.}$

Pendiente con sedimento: 0,0023 m/m

Coefficiente de rugosidad muro de H°C° (n_m): 0,015

Coefficiente de rugosidad ancho de solera de tierra (n_c): 0,025

Perímetro mojado muro del canal (p_m): 0,18 m.

Perímetro mojado solera del canal (p_c): 0,30 m.

Perímetro mojado (p): $p = 2 \cdot p_m + p_c = 2 \cdot 0,18 \text{ m} + 0,30 \text{ m} = 0,66 \text{ m}$.

Área (A): $A = b \cdot y = 0,30 \text{ m} \cdot 0,18 \text{ m} = 0,054 \text{ m}^2$.

Coefficiente de rugosidad ponderada por el método de Horton y Einstein:

$$n = \frac{(p_m n_m^{1,5} + p_c n_c^{1,5} + p_m n_m^{1,5})^{\frac{2}{3}}}{p^{\frac{2}{3}}}$$

$$n = \frac{((0,18 \text{ m} \cdot 0,015)^{1,5} + (0,30 \text{ m} \cdot 0,025)^{1,5} + (0,18 \text{ m} \cdot 0,015)^{1,5})^{\frac{2}{3}}}{0,66 \text{ m}^{\frac{2}{3}}}$$

$$n = 0,020$$

Cálculo de la velocidad:

$$v = \frac{1}{n} \cdot R_H^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}$$

$$v = \frac{1}{0,02} \cdot \left(\frac{0,0 \text{ m}^2}{0,6 \text{ m}} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot (0,0023 \text{ m/m})^{\frac{1}{2}}$$

$v = 0,4551 \text{ m/s}$.

Cálculo del caudal:

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R_H^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = \frac{1}{0,02} \cdot 0,054 \text{ m}^2 \cdot \left(\frac{0,0 \text{ m}^2}{0,6 \text{ m}} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot (0,0023 \text{ m/m})^{\frac{1}{2}}$$

$Q = 0,0246 \text{ m}^3/\text{s}$.

Tabla 8. Comparación hidráulica del Canal Tárrega sin sedimento y con sedimento.

Tramo		base(m)	Tirante (m)	Pendiente(%)	Caudal (m ³ /s)	velocidad (m/s)	Altura de sedimento (m)	Tirante con sedimento (m)	Pendiente con sedimento (%)	Caudal con sedimento (m ³ /s)	velocidad con sedimento (m/s)
0+000	0+050	0,30	0,25	0,50	0,07	0,97	0,07	0,18	0,23	0,02	0,46
0+050	0+150	0,30	0,25	0,50	0,07	0,97	0,21	0,04	0,19	0,0023	0,19
0+150	0+250	0,30	0,25	0,50	0,07	0,97	0,22	0,03	0,01	0,0003	0,04
0+250	0+400	0,30	0,25	0,25	0,05	0,69	0,05	0,20	0,15	0,02	0,38
0+400	0+501,11	0,30	0,25	1,00	0,10	1,38	0,05	0,20	0,15	0,02	0,30

Fuente: Elaboración propia

4.11.2. Evaluación del canal de riego Tárrega

Se realizó los cálculos hidráulicos en escenarios con sedimentos y sin sedimentos, que debido a la altura de sedimento depositada cambio la pendiente en el canal, cambio la rugosidad de la solera del canal, aumentando el tirante de agua y como consecuencia la reducción del caudal y velocidad del canal, y disminuyendo la eficiencia del canal.

4.12. Análisis del canal de trasvase del margen derecho del río Yesera

El canal de Trasvase se ubica en el margen derecho de la obra de toma del río Yesera, tiene una longitud de 8,54 kilómetros que abastece de agua al embalse de la presa Calderas, donde se hizo la comparación del canal sedimentado y canal sin sedimento mediante el cálculo hidráulico.

4.12.1. Cálculo hidráulico del canal de trasvase sin sedimentos

Datos canal rectangular:

Ancho de solera: $b = 1,30$ m.

Tirante de agua: $y = 0,75$ m.

Pendiente: $S = 0,0050$ m/m

Coefficiente de rugosidad $H^{\circ}C^{\circ}$: $n = 0,015$

Área: $A = b \cdot y$

$A = 1,30 \text{ m} \cdot 0,50 \text{ m}$

$A = 0,65 \text{ m}^2$

Perímetro: $p = 2 \cdot y + b$

$$p = 2 \cdot 0,50 \text{ m} + 1,30 \text{ m.}$$

$$p = 2,30 \text{ m.}$$

Radio hidráulico: $R_H = \frac{A}{P}$

Cálculo de la velocidad:

$$v = \frac{1}{n} * R_H^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

$$v = \frac{1}{0,0} * \left(\frac{0,6 \text{ m}^2}{2,3 \text{ m.}} \right)^{\frac{2}{3}} * (0,005 \text{ m/m})^{\frac{1}{2}}$$

$$v = 2,0301 \text{ m/s.}$$

Cálculo del caudal:

$$Q = \frac{1}{n} * A * R_H^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = \frac{1}{0,0} * 0,65 \text{ m}^2 * \left(\frac{0,6 \text{ m}^2}{2,3 \text{ m.}} \right)^{\frac{2}{3}} * (0,005 \text{ m/m})^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = 1,3196 \text{ m}^3/\text{s.}$$

4.12.2. Cálculo hidráulico del canal de trasvase con sedimentos

Datos canal rectangular:

Ancho de solera: $b = 1,30 \text{ m.}$

Altura de sedimento: $h = 0,03 \text{ m.}$

Tirante de agua: $y = 0,50 \text{ m} - 0,03 \text{ m} = \mathbf{0,47 \text{ m.}}$

Pendiente con sedimento: $S = 0,0048 \text{ m/m.}$

Coefficiente de rugosidad muro de H°C°: $n_m = 0,015.$

Coefficiente de rugosidad ancho de solera de tierra: $n_c = 0,025.$

Perímetro mojado muro del canal (p_m): 0,47 m.

Perímetro mojado solera del canal (p_c): 1,30 m.

Perímetro mojado (p): $p = 2 \cdot p_m + p_c = 2 \cdot 0,47 \text{ m} + 1,30 \text{ m} = 2,24 \text{ m}$.

Área (A): $A = b \cdot y = 1,30 \text{ m} \cdot 0,47 \text{ m} = 0,611 \text{ m}^2$.

Coefficiente de rugosidad ponderada por el método de Horton y Einstein:

$$n = \frac{(p_m n_m^{1,5} + p_c n_c^{1,5} + p_m n_m^{1,5})^{\frac{2}{3}}}{p^{\frac{2}{3}}}$$

$$n = \frac{(0,49 \text{ m} \cdot 0,015^{1,5} + 1,30 \text{ m} \cdot 0,025^{1,5} + 0,49 \text{ m} \cdot 0,015^{1,5})^{\frac{2}{3}}}{2,28 \text{ m}^{\frac{2}{3}}}$$

$$n = 0,021$$

Cálculo de la velocidad:

$$v = \frac{1}{n} \cdot R_H^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}$$

$$v = \frac{1}{0,021} \cdot \left(\frac{0,6 \text{ m}^2}{2,2 \text{ m}} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot (0,0048 \text{ m/m})^{\frac{1}{2}}$$

$$v = 1,3810 \text{ m/s.}$$

Cálculo del caudal:

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R_H^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = \frac{1}{0,021} \cdot 0,611 \text{ m}^2 \cdot \left(\frac{0,6 \text{ m}^2}{2,2 \text{ m}} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot (0,0048 \text{ m/m})^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = 0,8438 \text{ m}^3/\text{s.}$$

Tabla 9. Cálculo hidráulico del canal de trasvase con sedimento y sin sedimento.

Tramo		base (m)	Tirante (m)	Pendiente (%)	Talud	Caudal (m ³ /s)	Velocidad (m/s)	Altura de sedimento (m)	Tirante con sedimento (m)	Pendiente con sedimento (%)	Caudal con sedimento (m ³ /s)	Velocidad con sedimento (m/s)
0+000	0+076	1,30	0,50	0,50	0,00	1,32	2,03	0,03	0,47	0,48	0,84	1,38
0+090,50	1+000	1,20	0,50	0,20	0,00	0,75	1,25	0,04	0,46	0,25	0,54	0,97
1+000	1+302	1,20	0,50	0,20	0,00	0,75	1,25	0,02	0,48	0,20	0,94	1,08
1+300	1+542	1,20	0,50	0,20	0,00	0,75	1,23	0,02	0,73	0,20	0,94	1,08
Sifón 1												
1+924	2+160	1,20	0,50	0,20	0,00	0,75	1,23	0,00	0,50	0,20	0,75	1,23
2+160	3+061,40	0,65	0,50	0,20	1,00	0,55	0,95	0,00	0,50	0,20	0,55	0,95
Sifón 2												
3+180	3+480	0,65	0,50	0,27	1,00	0,64	1,11	0,03	0,47	0,25	0,53	0,96
3+480	3+779,95	0,65	0,50	0,27	1,00	0,64	1,11	0,03	0,47	0,25	0,53	0,96
Sifón 3												
4+106,40	4+648,90	0,50	0,50	0,19	1,00	0,45	0,89	0,00	0,50	0,19	0,45	0,89
Sifón 4												
4+787,80	5+077,10	0,45	0,50	0,70	1,00	0,80	1,68	0,00	0,50	0,70	0,80	1,68
Sifón 5												
5+215,60	5+540	0,45	0,50	0,58	1,00	0,73	1,53	0,05	0,45	0,45	0,55	1,22
5+540	5+860	0,45	0,50	0,58	1,00	0,73	1,53	0,05	0,45	0,45	0,55	1,22
5+860	6+110	0,45	0,50	0,58	1,00	0,73	1,53	0,07	0,43	0,50	0,56	1,27
6+110	6+360	0,45	0,50	0,58	1,00	0,73	1,53	0,07	0,43	0,50	0,56	1,27
6+360	6+610	0,45	0,50	0,58	1,00	0,73	1,53	0,07	0,43	0,50	0,56	1,27
6+610	6+738	0,45	0,50	0,58	1,00	0,73	1,53	0,07	0,43	0,50	0,56	1,27
Sifón 6												
7+148	7+262,45	0,45	0,50	0,50	1,00	0,68	1,42	0,02	0,63	0,52	0,63	1,35
Sifón 7												
7+440,10	7+690	0,45	0,50	0,52	1,00	0,69	1,45	0,20	0,30	0,20	0,24	0,68
7+690	7+940	0,45	0,50	0,52	1,00	0,69	1,45	0,20	0,30	0,20	0,24	0,68
7+940	8+190	0,45	0,50	0,52	1,00	0,69	1,45	0,20	0,30	0,20	0,24	0,68
8+190	8+408,050	0,45	0,50	0,52	1,00	0,69	1,45	0,20	0,30	0,20	0,44	0,65
8+408,050	8+534,70	1,20	0,50	0,44	0,00	1,12	1,86	0,10	0,40	0,40	0,55	1,15

Fuente: Elaboración propia

4.12.3. Evaluación del canal de trasvase

Se realizó los cálculos hidráulicos en escenarios con sedimentos y sin sedimentos, que debido a la altura de sedimento depositada cambia la pendiente del canal, la rugosidad en la solera, aumentando el tirante de agua y como consecuencia reduciendo el caudal y la velocidad del agua en todo el canal sedimentado, disminuyendo la eficiencia de conducción.

4.13. Análisis de la Fuerza tractiva

4.13.1. Fuerza tractiva en el canal de Tárraga

En campo se sacaron muestras de sedimentos del canal de riego Tárraga y se hizo ensayos de granulometría en el laboratorio de la U.A.J.M.S., para determinar el diámetro D75 y con este dato determinar la fuerza tractiva en el canal, según la metodología propuestas por el Bureau of Reclamation (USBR). La fuerza tractiva recomendada para la autolimpieza para canales de H°C° es de 0,15 a 0,20 kgf/m². = **0,80*D75(cm)**.

$$= 0,80*(0,475 \text{ cm}) = \mathbf{0,38 \text{ kgf/m}^2}$$

Tabla 10. Fuerza tractiva en el canal Tárraga.

Muestra de sedimento	Progresiva		D75 (cm)	Fuerza Tractiva crítica (kgf/m ²)
	De	Hasta		
Muestra N° 1	0+000	0+050	0,475	0,38
Muestra N° 2	0+050	0+150	0,50	0,40
Muestra N° 3	0+150	0+250	0,90	0,72
Muestra N° 4	0+250	0+400	0,20	0,16
Muestra N° 5	0+400	0+501,11	0,20	0,16

Fuente: Elaboración propia.

4.13.2. Evaluación de la fuerza tractiva en el canal de riego Tárraga

Se determinó que la fuerza tractiva en el canal de riego Tárraga para canales de hormigón ciclópeo cumple para la autolimpieza del canal, pero debido al derrumbe del talud sedimentando sobrepasando el borde libre y bajo caudal no existe autolimpieza.

4.13.3. Fuerza tractiva en el canal de trasvase

En campo se sacaron muestras en diferentes tramos del canal de trasvase del cual se hicieron ensayos de granulometría en el laboratorio de la U.A.J.M.S., para determinar el diámetro D75 y con este dato determinar la fuerza Tractiva en tramos del según la metodología propuestas por el Bureau of Reclamation (USBR). La fuerza tractiva recomendada para la autolimpieza para canales de H°C° es de 0,15 a 0,20 kgf/m². = **0,80*D75(cm)**.

$$= 0,80*(0,75 \text{ cm}) = \mathbf{0,60 \text{ kgf/m}^2}$$

Tabla 11. Fuerza tractiva en el canal de trasvase.

Muestra de sedimento	Progresiva		D75 (cm)	Fuerza Tractiva critica (kgf/m ²)
	De	Hasta		
Muestra N° 1	0+000	0+076	0,75	0,60
Muestra N° 2	0+090,50	1+000	1,50	1,20
Muestra N° 3	1+000	1+542	0,90	0,72
Muestra N° 4	3+180	3+779,95	0,50	0,40
Muestra N° 5	5+215,60	5+860	0,50	0,40
Muestra N° 6	5+860	6+738	0,75	0,60
Muestra N° 7	7+148	7+262,45	0,10	0,08
Muestra N° 8	7+440,10	8+408,050	10,00	8,00
Muestra N° 9	8+408,050	8+534,70	0,25	0,20

Fuente: Elaboración propia

4.13.4. Evaluación de la fuerza tractiva en el canal de trasvase

Se determinó la fuerza tractiva para canales de mampostería de piedra en los tramos donde esta sedimentado donde se demuestra que la fuerza tractiva del sedimento cumple con la autolimpieza del canal, pero debido a la gran cantidad de sedimentos y derrumbes de grandes piedras y poco caudal no existe autolimpieza manteniendo el sedimento acumulado.

5. Plan de mantenimiento del sistema de trasvase

5.1. Propuesta de mantenimiento y solución a problemas

Las labores de mantenimiento y limpieza de sedimentos se efectúan dos veces por año, antes de las lluvias y después de las lluvias, y realizar mecanismos de protección para el funcionamiento óptimo del sistema de trasvase.

5.1.1. Propuesta para el mantenimiento del canal de riego Tárraga

5.1.1.1. Bocatoma del canal de riego Tárraga por el muro izquierdo progresiva 0+000

- Z Limpieza general del material grueso y fino sedimentado después de la época de lluvias.
- Z Se propone colocar una rejilla de entrada para reducir la entrada de sedimento y malezas en el canal Tárraga.
- Z Revestir con H°C° los primeros 23 metros del canal de tierra para aumentar la efectividad de transporte de agua.

5.1.1.2. Tramo de la Progresiva 0+000 a 0+050

Las actividades de mantenimiento son:

- Z Limpieza de sedimentos del fondo del canal utilizando herramientas manuales, los sedimentos extraídos deben extenderse fuera del borde del canal para facilitar el tránsito.
- Z Reparación de fisuras y daños de los muros del canal con mezcla de H°C°.
- Z Implementar un vertedero lateral en la progresiva 0+020 para regular el caudal de entrada y evitar el rebalse hacia los lados para evitar erosión en la base del canal de riego Tárraga, el vertedero tendrá las siguientes dimensiones de $h=0,05\text{m}$ y $L=2\text{m}$.

5.1.1.3. Tramo de la Progresiva 0+050 a 0+150

Las actividades de mantenimiento son:

- Z Limpieza de sedimentos del fondo del canal utilizando herramientas manuales, los sedimentos extraídos deben extenderse fuera del borde del canal para facilitar el tránsito.

- Z Reparar el canal reforzando la base del canal y revistiendo en las zonas dañadas para evitar filtraciones de agua y el colapso del canal en la progresiva 0+050 a 0+061.
- Z El armado de muros de contención tipo gavión para la protección del canal debido a la inestabilidad del talud adyacente en la progresiva 0+100 a 0+150.

5.1.1.4. Tramo de la Progresiva 0+150 a 0+250

Las actividades de mantenimiento son:

- Z Limpieza de sedimentos del fondo del canal utilizando herramientas manuales.
- Z Reparación de los daños en los muros del canal con mezcla de H^oC^o debido a los derrumbes del talud adyacente.
- Z En este tramo se propone la construcción de un desarenador con su compuerta de limpieza para el control de sedimentos entrantes en la progresiva 0+210.

5.1.1.5. Tramo de la Progresiva 0+250 a 0+400

Las actividades de mantenimiento son:

- Z Limpieza de sedimentos del fondo del canal utilizando herramientas manuales.
- Z Deshierbe de la vegetación que obstruye la sección transversal del canal, incluyendo bordes y bermas mediante el uso de herramientas manuales.
- Z Reparar el canal reforzando y revistiendo en las zonas dañadas para evitar filtraciones de agua y el colapso del canal en la progresiva 0+250 a 0+290.

5.1.1.6. Tramo de la Progresiva 0+400 a 0+501,11

Las actividades de mantenimiento son:

- Z Limpieza de sedimentos del fondo del canal utilizando herramientas manuales, los sedimentos extraídos deben extenderse fuera del borde del canal para facilitar el tránsito.
- Z Deshierbe de la vegetación que obstruye la sección transversal del canal, incluyendo bordes y bermas mediante el uso de herramientas manuales.
- Z El colocado de una compuerta de limpieza faltante en la progresiva 0+410 para evitar la filtración de agua.

5.1.2. Propuesta para el mantenimiento del canal principal de trasvase principal

5.1.2.1. Rejilla de entrada en la Bocatoma progresiva 0+000

El mantenimiento consiste en:

- Z Limpieza general de material grueso y fino, sedimentado después del periodo de lluvias aguas arriba del azud derivador, debiéndose realizar con maquinaria pesada debido a la gran cantidad de material acumulado en la parte de atrás del azud.
- Z Limpieza de la bocatoma utilizando para ello herramientas manuales, estas labores serán ejecutadas de manera manual y mensual.
- Z Realizar la limpieza y pintado de la rejilla de entrada con pintura anticorrosiva con alto contenido de zinc.

5.1.2.2. Despedrador del canal principal de trasvase progresiva 0+000

Su mantenimiento consiste en:

- Z Remoción y extracción de sedimento retenido en el canal de limpieza utilizando herramientas manuales, para que no se acumule en este
- Z Limpieza y pintado de la compuerta utilizando pintura anticorrosiva con alto contenido de zinc para evitar su corrosión.
- Z Engrasado de la rosca del tornillo sin fin y guía de la compuerta.
- Z Ajustes de los pernos de la compuerta.

5.1.2.3. Desarenador del canal principal de trasvase progresiva 0+076

Su mantenimiento para su óptimo funcionamiento consiste en:

- Z Realizar el desmalezado y deshierbe que crecieron en el desarenador mediante herramientas manuales.
- Z Extracción de sedimentos para lo cual se removerá el material sedimentado con herramientas manuales, debido a que el sedimento llega hasta la altura del vertedero de salida, por lo cual no puede utilizarse la llave de la limpieza de sedimentos.
- Z Realizar el mantenimiento de la válvula de limpieza del desarenador mediante la protección con pintura anticorrosiva y el lubricado.

- Z Realizar el mantenimiento de la tapa de la cámara de limpieza del desarenador mediante la protección con pintura anticorrosiva con alto contenido de zinc en la tapa y el lubricado de las bisagras.
- Z Realizar el mantenimiento rutinario de limpieza del desarenador con la abertura de la válvula de limpieza para la remoción del sedimento con el arrastre del agua.
- Z Reemplazar la tubería de limpieza del desarenador por una compuerta de limpieza de sedimentos para una mejor eficiencia, ya que se observó que al estar completamente colmatado la tubería se obstruye debido al sedimento acumulado.

5.1.2.4. Tramo de la progresiva 0+000 a 0+076 (sección rectangular)

Las actividades de mantenimiento son:

- Z Limpieza de sedimentos del fondo del canal utilizando herramientas manuales, los sedimentos extraídos deben extenderse fuera del borde del canal para facilitar el tránsito.
- Z Deshierbe de la vegetación que obstruye la sección transversal del canal, incluyendo bordes y bermas mediante el uso de herramientas manuales.

5.1.2.5. Tramo de la progresiva 0+090,50 a 1+000 (sección rectangular)

La actividad de mantenimiento es la siguiente:

- Z Limpieza de sedimentos del fondo del canal utilizando herramientas manuales, los sedimentos extraídos deben extenderse fuera del borde del canal para facilitar el tránsito.
- Z Protección del canal debido al talud adyacente con un muro de contención tipo gavión para evitar derrumbes de grandes piedras dentro del canal y evitar daños estructurales a este en la progresiva 0+320 a 0+400.
- Z Construcción de zanjas de coronación de H°C° para evitar la erosión y posterior derrumbe debido a las lluvias que desprende grandes piedras al canal de trasvase en la progresiva 0+240 a 0+320, para evacuar las aguas al alcantarillado en la alcantarilla de la progresiva 0+240.

5.1.2.6. Tramo de la progresiva 1+000 a 1+542 (sección rectangular)

Las actividades de mantenimiento son:

- Z Limpieza de sedimentos del fondo del canal utilizando herramientas manuales, los sedimentos extraídos deben extenderse fuera del borde del canal para facilitar el tránsito.
- Z Deshierbe de la vegetación que obstruye la sección transversal del canal, incluyendo bordes y bermas mediante el uso de herramientas manuales.

5.1.2.7. Entrada Sifón N°1 Progresiva 1+542

Su mantenimiento consiste en:

- Z Realizar la limpieza de malezas y pintado de la rejilla de entrada del sifón con pintura anticorrosiva.
- Z Desmalezado de zonas aledañas al sifón y el canal para que no ingresen malezas a la entrada del sifón bloqueando la entrada del agua.
- Z Extracción de sedimentos para lo cual se removerá el material sedimentado con herramientas manuales, debido a que el sedimento llega hasta la altura del vertedero de salida, por lo cual no puede utilizarse la llave de la limpieza de sedimentos.
- Z Realizar el mantenimiento de la válvula de limpieza del desarenador y la válvula de limpieza en la parte más baja del sifón mediante la protección con pintura anticorrosiva con alto contenido de zinc y su lubricado.
- Z Realizar el mantenimiento de la tapa de la cámara de limpieza del desarenador y la tapa de la cámara de limpieza del sifón mediante la protección con pintura anticorrosiva con alto contenido de zinc en la tapa y el lubricado de las bisagras.
- Z Realizar el mantenimiento rutinario con la abertura de la válvula de limpieza del desarenador y la válvula de limpieza del sifón para la remoción del sedimento con el arrastre del agua.
- Z Reemplazar la tubería de limpieza del desarenador por una compuerta de limpieza de sedimentos para una mejor eficiencia, ya que se observó que al estar completamente colmatado la tubería se obstruye debido al sedimento acumulado.

5.1.2.8. Entrada Sifón N°2 progresiva 3+061,40

Su mantenimiento consiste en:

- Z Realizar la limpieza de malezas y pintado de la rejilla de entrada del sifón con pintura anticorrosiva con alto contenido de zinc.
- Z Desmalezado de zonas aledañas al sifón y el canal para que no ingresen malezas a la entrada del sifón bloqueando la entrada del agua.
- Z Extracción de sedimentos para lo cual se removerá el material sedimentado con herramientas manuales, debido a que el sedimento llega hasta la altura del vertedero de salida, por lo cual no puede utilizarse la llave de la limpieza de sedimentos.
- Z Realizar el mantenimiento de la válvula de limpieza del desarenador y la válvula de limpieza en la parte más baja del sifón mediante la protección con pintura anticorrosiva con alto contenido de zinc y su lubricado.
- Z Realizar el mantenimiento de la tapa de la cámara de limpieza del desarenador y la tapa de la cámara de limpieza del sifón mediante la protección con pintura anticorrosiva con alto contenido de zinc en la tapa y el lubricado de las bisagras.
- Z Realizar el mantenimiento rutinario con la abertura de la válvula de limpieza del desarenador y la válvula de limpieza del sifón para la remoción del sedimento con el arrastre del agua.
- Z Reemplazar la tubería de limpieza del desarenador por una compuerta de limpieza de sedimentos para una mejor eficiencia, ya que se observó que al estar completamente colmatado la tubería se obstruye debido al sedimento acumulado.

5.1.2.9. Tramo de la progresiva 3+180 a 3+779,95 (sección trapezoidal)

Las actividades de mantenimiento son:

- Z Limpieza de sedimentos del fondo del canal utilizando herramientas manuales, los sedimentos extraídos deben extenderse fuera del borde del canal para facilitar el tránsito.
- Z Deshierbe de la vegetación que obstruye la sección transversal del canal, incluyendo bordes y bermas mediante el uso de herramientas manuales.

5.1.2.10. Entrada Sifón N°3 progresiva 3+779,95

Su mantenimiento consiste en:

- Z Realizar la limpieza de malezas y pintado de la rejilla de entrada del sifón con pintura anticorrosiva con alto contenido de zinc.
- Z Desmalezado de zonas aledañas al sifón y el canal para que no ingresen malezas a la entrada del sifón bloqueando la entrada del agua.
- Z Extracción de sedimentos para lo cual se removerá el material sedimentado con herramientas manuales, debido a que el sedimento llega hasta la altura del vertedero de salida, por lo cual no puede utilizarse la llave de la limpieza de sedimentos.
- Z Realizar el mantenimiento de la válvula de limpieza del desarenador y la válvula de limpieza en la parte más baja del sifón mediante la protección con pintura anticorrosiva con alto contenido de zinc y su lubricado.
- Z Realizar el mantenimiento de la tapa de la cámara de limpieza del desarenador y la tapa de la cámara de limpieza del sifón mediante la protección con pintura anticorrosiva con alto contenido de zinc en la tapa y el lubricado de las bisagras.
- Z Realizar el mantenimiento rutinario con la abertura de la válvula de limpieza del desarenador y la válvula de limpieza del sifón para la remoción del sedimento con el arrastre del agua.
- Z Reemplazar la tubería de limpieza del desarenador por una compuerta de limpieza de sedimentos para una mejor eficiencia, ya que se observó que al estar completamente colmatado la tubería se obstruye debido al sedimento acumulado.

5.1.2.11. Entrada Sifón N°4 progresiva 4+648,90

Su mantenimiento consiste en:

- Z Realizar la limpieza de malezas y pintado de la rejilla de entrada del sifón con pintura anticorrosiva con alto contenido de zinc.
- Z Desmalezado de zonas aledañas al sifón y el canal para que no ingresen malezas a la entrada del sifón bloqueando la entrada del agua.

- Z Extracción de sedimentos para lo cual se removerá el material sedimentado con herramientas manuales, debido a que el sedimento llega hasta la altura del vertedero de salida, por lo cual no puede utilizarse la llave de la limpieza de sedimentos.
- Z Realizar el mantenimiento de la válvula de limpieza del desarenador y la válvula de limpieza en la parte más baja del sifón mediante la protección con pintura anticorrosiva con alto contenido de zinc y su lubricado.
- Z Realizar el mantenimiento de la tapa de la cámara de limpieza del desarenador y la tapa de la cámara de limpieza del sifón mediante la protección con pintura anticorrosiva con alto contenido de zinc en la tapa y el lubricado de las bisagras.
- Z Realizar el mantenimiento rutinario con la abertura de la válvula de limpieza del desarenador y la válvula de limpieza del sifón para la remoción del sedimento con el arrastre del agua.
- Z Reemplazar la tubería de limpieza del desarenador por una compuerta de limpieza de sedimentos para una mejor eficiencia, ya que se observó que al estar completamente colmatado la tubería se obstruye debido al sedimento acumulado.

5.1.2.12. Entrada Sifón N°5 progresiva 5+077,10

Su mantenimiento consiste en:

- Z Realizar la limpieza y pintado de la rejilla de entrada del sifón con pintura anticorrosiva con alto contenido de zinc.
- Z Desmalezado de zonas aledañas al sifón y el canal para que no ingresen malezas a la entrada del sifón bloqueando la entrada del agua.
- Z Extracción de sedimentos para lo cual se removerá el material sedimentado con herramientas manuales, debido a que el sedimento llega hasta la altura del vertedero de salida, por lo cual no puede utilizarse la llave de la limpieza de sedimentos.
- Z Realizar el mantenimiento de la válvula de limpieza del desarenador y la válvula de limpieza en la parte más baja del sifón mediante la protección con pintura anticorrosiva con alto contenido de zinc y su lubricado.

- Z Realizar el mantenimiento de la tapa de la cámara de limpieza del desarenador y la tapa de la cámara de limpieza del sifón mediante la protección con pintura anticorrosiva con alto contenido de zinc en la tapa y el lubricado de las bisagras.
- Z Realizar el mantenimiento rutinario con la abertura de la válvula de limpieza del desarenador y la válvula de limpieza del sifón para la remoción del sedimento con el arrastre del agua.
- Z Reemplazar la tubería de limpieza del desarenador por una compuerta de limpieza de sedimentos para una mejor eficiencia, ya que se observó que al estar completamente colmatado la tubería se obstruye debido al sedimento acumulado.

5.1.2.13. Tramo de la progresiva 5+215,60 a 5+860 (sección trapezoidal)

Las actividades de mantenimiento son:

- Z Limpieza de sedimentos del fondo del canal utilizando herramientas manuales, los sedimentos extraídos deben extenderse fuera del borde del canal para facilitar el tránsito.
- Z Deshierbe de la vegetación que obstruye la sección transversal del canal, incluyendo bordes y bermas mediante el uso de herramientas manuales.

5.1.2.14. Tramo de la progresiva 5+860 a 6+738 (sección trapezoidal)

Las actividades de mantenimiento son:

- Z Limpieza de sedimentos, malezas y basuras del fondo del canal utilizando herramientas manuales, los sedimentos extraídos deben extenderse fuera del borde del canal para facilitar el tránsito.
- Z Deshierbe de la vegetación que obstruye la sección transversal del canal, incluyendo bordes y bermas mediante el uso de herramientas manuales.

5.1.2.15. Entrada Sifón N°6 progresiva 6+738

Su mantenimiento consiste en:

- Z Realizar la limpieza de malezas y pintado de la rejilla de entrada del sifón con pintura anticorrosiva con alto contenido de zinc.

- Z Desmalezado de zonas aledañas al sifón y el canal para que no ingresen malezas a la entrada del sifón bloqueando la entrada del agua.
- Z Extracción de sedimentos para lo cual se removerá el material sedimentado con herramientas manuales, debido a que el sedimento llega hasta la altura del vertedero de salida, por lo cual no puede utilizarse la llave de la limpieza de sedimentos.
- Z Realizar el mantenimiento de la válvula de limpieza del desarenador y la válvula de limpieza en la parte más baja del sifón mediante la protección con pintura anticorrosiva con alto contenido de zinc y su lubricado.
- Z Realizar el mantenimiento de la tapa de la cámara de limpieza del desarenador y la tapa de la cámara de limpieza del sifón mediante la protección con pintura anticorrosiva con alto contenido de zinc en la tapa y el lubricado de las bisagras.
- Z Realizar el mantenimiento rutinario con la abertura de la válvula de limpieza del desarenador y la válvula de limpieza del sifón para la remoción del sedimento con el arrastre del agua.
- Z Reemplazar la tubería de limpieza del desarenador por una compuerta de limpieza de sedimentos para una mejor eficiencia, ya que se observó que al estar completamente colmatado la tubería se obstruye debido al sedimento acumulado.

5.1.2.16. Tramo de la progresiva 7+148 a 7+262,45 (sección trapezoidal)

Las actividades de mantenimiento son:

- Z Limpieza de sedimentos del fondo del canal utilizando herramientas manuales, los sedimentos extraídos deben extenderse fuera del borde del canal para facilitar el tránsito.
- Z Deshierbe de la vegetación que obstruye la sección transversal del canal, incluyendo bordes y bermas mediante el uso de herramientas manuales.
- Z Protección del talud adyacente con un muro de contención tipo gavión para evitar deslizamientos dentro del canal y evitar daños a este.

5.1.2.17. Entrada Sifón N°7 progresiva 7+262,45

Su mantenimiento consiste en:

- Z Realizar la limpieza de malezas y pintado de la rejilla de entrada del sifón con pintura anticorrosiva con alto contenido de zinc.
- Z Desmalezado de zonas aledañas al sifón y el canal para que no ingresen malezas a la entrada del sifón bloqueando la entrada del agua.
- Z Extracción de sedimentos para lo cual se removerá el material sedimentado con herramientas manuales, debido a que el sedimento llega hasta la altura del vertedero de salida, por lo cual no puede utilizarse la llave de la limpieza de sedimentos.
- Z Realizar el mantenimiento de la válvula de limpieza del desarenador y la válvula de limpieza en la parte más baja del sifón mediante la protección con pintura anticorrosiva con alto contenido de zinc y su lubricado.
- Z Realizar el mantenimiento de la tapa de la cámara de limpieza del desarenador y la tapa de la cámara de limpieza del sifón mediante la protección con pintura anticorrosiva con alto contenido de zinc en la tapa y el lubricado de las bisagras.
- Z Realizar el mantenimiento rutinario con la abertura de la válvula de limpieza del desarenador y la válvula de limpieza del sifón para la remoción del sedimento con el arrastre del agua.
- Z Reemplazar la tubería de limpieza del desarenador por una compuerta de limpieza de sedimentos para una mejor eficiencia, ya que se observó que al estar completamente colmatado la tubería se obstruye debido al sedimento acumulado.

5.1.2.18. Tramo de la progresiva 7+440,10 a 8+408,050 (sección trapezoidal)

Las actividades de mantenimiento son:

- Z Limpieza de sedimentos del fondo del canal utilizando herramientas manuales, los sedimentos extraídos deben extenderse fuera del borde del canal para facilitar el tránsito.
- Z Deshierbe de la vegetación que obstruye la sección transversal del canal, incluyendo bordes y bermas mediante el uso de herramientas manuales.
- Z Protección del talud adyacente con mayor riesgo con un muro de contención tipo gavión para evitar derrumbes dentro del canal y evitar daños en la progresiva 8+160 a 8+280.

Z Construcción de zanjas de coronación de H°C° para evitar la erosión y posterior derrumbe debido a las lluvias que desprende grandes piedras al canal de trasvase en la progresiva 8+040 a 8+280, ya que en la progresiva 8+040 existe una alcantarilla donde se pueden evacuar las aguas.

5.1.2.19. Tramo de la progresiva 8+408,050 a 8+534,70 (sección rectangular)

Las actividades de mantenimiento son:

- Z Limpieza de sedimentos del fondo del canal utilizando herramientas manuales, los sedimentos extraídos deben extenderse fuera del borde del canal para facilitar el tránsito.
- Z Deshierbe de la vegetación que obstruye la sección transversal del canal, incluyendo bordes y bermas mediante el uso de herramientas manuales.
- Z La velocidad se encuentra dentro de los parámetros por lo que se adopta estas dimensiones.

5.2. Propuesta de rejilla de entrada en el canal de riego Tárraga

5.2.1. Cálculo del caudal captado de la bocatoma del canal de riego Tárraga

La bocatoma del canal Tárraga tiene una abertura de 0,40m por 0,40m, la cresta del azud se encuentra 0,20m por debajo de la parte superior de la bocatoma.

$$Q = K*S*M*b*H^{1/2}$$

Donde:

Q: Caudal, m³/s.

M: Coeficiente.

K: Coeficiente debido a la contracción lateral de los barrotes, se adopta un coeficiente de contracción para toma derivadora K= 0,90.

b: Ancho efectivo de la reja, b=0,40 m.

S: Coeficiente de corrección por sumergimiento.

H: Altura de carga en la bocatoma: H= 0,20 m.

El coeficiente M se calcula con la ecuación de Konovalov:

$$M = \left[0,407 + \frac{0,045 * H}{H + w_1} \right] \left[1 + 0,285 \left(\frac{H}{H + w_1} \right)^2 \right] \sqrt{2 * g}$$

Dónde: w_1 = Elevación de la cresta sobre el fondo, aguas arriba

$$w_1 = 0,20 \text{ m}$$

$$M = 2,18$$

El coeficiente S, según Bazin:

$$S = 1,05 \left[1 + \frac{h_n}{w_2} \right] \sqrt[3]{\frac{Z}{H}}$$

Donde:

Z: Diferencia de elevación de superficies entre las secciones de agua arriba y debajo de la cresta, en m.

h_n : Elevación del agua bajo el vertedero sobre la cresta, en m.

w_2 : Elevación de la cresta sobre el fondo, aguas abajo, en m.

$$w_2 = 0,20 \text{ m}$$

Para el cálculo del caudal se adopta el valor de Z como la pérdida entre las secciones delante y después del vertedero.

$$Z = h_r + h_e + h_{exp} \quad \text{Pérdida de carga en bocatoma}$$

Pérdidas en la rejilla (h_r)

$$h_r = k_r \frac{v^2}{2g}$$

$$k_r = C_f \left(\frac{t}{s} \right)^{\frac{3}{4}} \text{sen } \theta$$

Donde:

C_f : coeficiente de forma de las barras.

t: espesor de las barras.

s: distancia entre las barras.

α : ángulo de inclinación de la reja respecto la dirección de flujo.

g: aceleración de la gravedad.

El coeficiente C_f se determina de acuerdo con la forma de las barras:

Tabla 12. Coeficiente de forma de la barra.

Forma de la barra	C_f
Cuadrada o rectangular	2,42
Redonda	1,79
Ovalada en los Extremos	1,67
Ovalada	0,76

Fuente: Elaboración propia.

Dónde: v es la velocidad frente a la rejilla, como si las barras no existiesen

$v = 0,80 \text{ m/s}$ asumo una velocidad recomendable de 0,60 a 1 m/s

$C_f = 1,79$

Ancho de barrote: $t = 10 \text{ mm} = 0,010 \text{ m}$

Separación entre ejes de los barros: $S = 5 \text{ cm} = 0,05 \text{ m}$

$\alpha = 90^\circ$ respecto al flujo

$$k_r = 1,79 \left(\frac{0,01 \text{ m}}{0,05 \text{ m}} \right)^{\frac{3}{4}} \sin 90^\circ$$

$$k_r = 0,358$$

$$h_r = 0,358 * \frac{(0,80 \text{ m/s})^2}{2 * 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$h_r = 0,012 \text{ m}$$

Pérdidas en la entrada (h_e).

Se producen pérdidas en la bocatoma debido a la contracción de las líneas de flujo. La pérdida se calcula:

$$h_e = k_e \frac{v^2}{2g}$$

Se aconseja un valor del coeficiente de pérdida $k_e = 0,30$.

$$v = 0,80 \text{ m/s}$$

$$k_e = 0,30$$

$$h_e = 0,30 * \frac{(0,80 \text{ m/s})^2}{2 * 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$h_e = 0,0098 \text{ m}$$

Pérdida por expansión brusca (h_{ex}).

Se calcula a partir de la ecuación de Naudascher para expansiones bruscas con flujo a superficie libre:

$$h_e = 0,82 * \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g}$$

$$v_1 = 0,80 \text{ m/s} \quad \text{Velocidad media en la sección no expandida.}$$

$$v_2 = 0,10 \text{ m/s} \quad \text{Velocidad media en la sección expandida.}$$

$$h_{ex} = 0,020 \text{ m}$$

Pérdida por expansión gradual.

$$h_e = 0,30 * \frac{(v_1^2 - v_2^2)^2}{2g}$$

$$v_1 = 0,80 \text{ m/s} \quad \text{Velocidad media en la sección no expandida.}$$

$$v_2 = 0,10 \text{ m/s} \quad \text{Velocidad media en la sección expandida.}$$

$$h_{ex} = 0,007 \text{ m}$$

Pérdida por contracción gradual.

$$h_e = 0,20 \frac{(v_1^2 - v_2^2)^2}{2g}$$

$v_1 = 1,20 \text{ m/s}$ Velocidad media en la sección no expandida

$v_2 = 0,10 \text{ m/s}$ Velocidad media en la sección expandida

$$h_{ex} = 0,012 \text{ m}$$

$$Z = h_r + h_e + h_{exp}$$

$$Z = 0,012 \text{ m} + 0,0098 \text{ m} + 0,020 \text{ m} + 0,007 \text{ m} + 0,012 \text{ m}$$

$$Z = 0,0608 \text{ m.}$$

$$h_n = H - Z$$

$$h_n = 0,40 \text{ m} - 0,0608 \text{ m}$$

$$h_n = 0,34 \text{ m}$$

$$S = 1,05 * \left[1 + 0,20 * \frac{0,34 \text{ m}}{0,20 \text{ m}} \right] * \sqrt[3]{\frac{0,0608 \text{ m}}{0,40 \text{ m}}}$$

$$S = 0,75$$

$$Q = K * S * M * b * H^{1/2}$$

$$Q = 0,90 * 0,75 * 2,18 * 0,40 \text{ m} * (0,20 \text{ m})^{1/2}$$

$$Q = 0,26 \text{ m}^3/\text{s.}$$

Cantidad de varillas:

$$N^\circ e = \frac{L}{t} = \frac{0,40 \text{ m}}{0,05 \text{ m}} = 8 e$$

$$N^\circ v = N^\circ e - 1 = 8 e - 1 = 7 v$$

Se utilizará 7 barras lisas de 0,50m de diámetro de 10 mm.

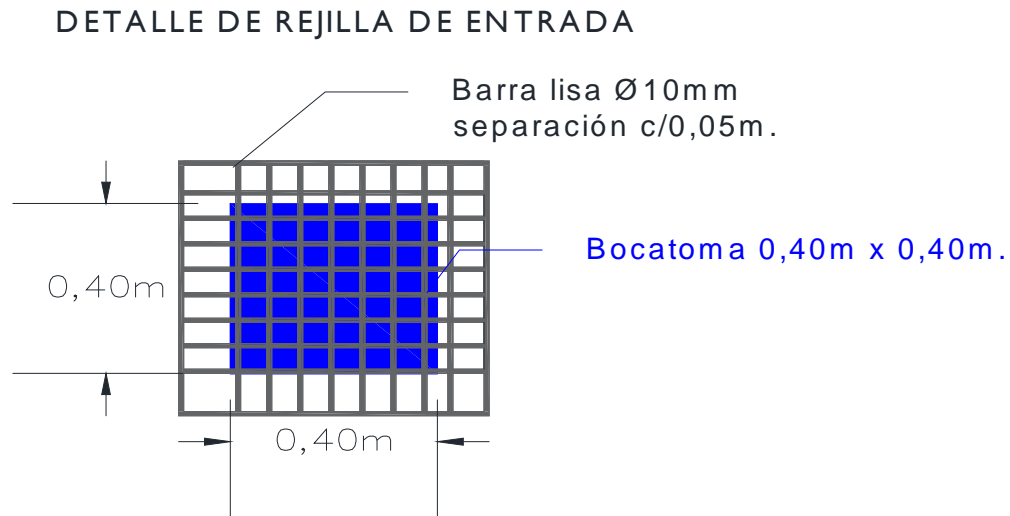


Figura 112. Detalle rejilla de entrada del canal Tárraga.

Fuente: Elaboración propia.

5.3. Cálculo hidráulico de vertedero de excedencias en el canal de riego Tárraga

El vertedero de excedencias lateral regulará el caudal y tirante en el canal de riego Tárraga en la progresiva 0+020 para evitar rebalses que dañen al canal. Formula del vertedero lateral:

$$Q = C L H^{\frac{3}{2}}$$

Q: Caudal vertido al canal derivador, en m³/s.

C: coeficiente de descarga. C= 1,84 (vertedero de cresta aguda).

L: Longitud del vertedero. L=2,00 m.

H: Altura de carga sobre el vertedero. H= 0,05 m.

$$Q = 1,84 \quad 2,00 \text{ m} \quad (0,05 \text{ m})^{\frac{3}{2}}$$

$$Q = 0,041 \text{ m}^3/\text{s}.$$

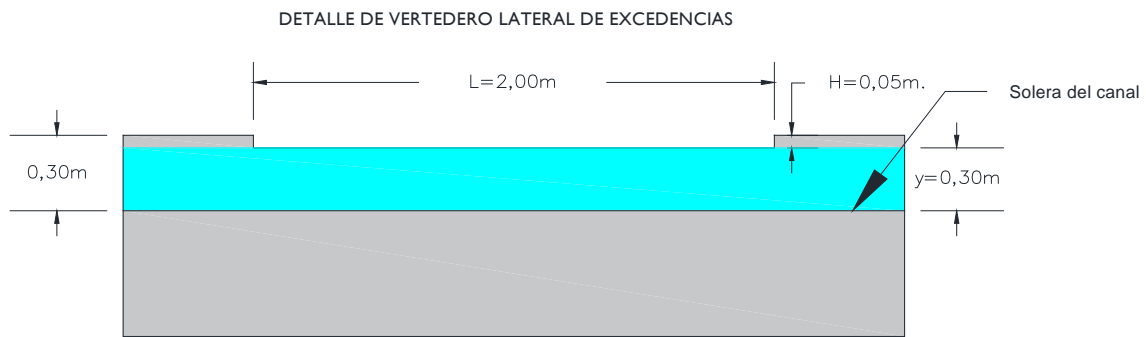


Figura 113. Detalle vertedero lateral de excedencias del canal Tárrega progresiva 0+020.

Fuente: Elaboración propia.

5.4.- Propuesta de desarenador en el canal de riego Tárrega.

5.4.1.- Cálculo hidráulico del desarenador del canal de riego Tárrega

Diámetro de la partícula a sedimentar: $d= 5 \text{ mm}$.

Tabla 13. Velocidades de sedimentación w calculado por Arkhangelski en función del diámetro de partículas.

d (mm)	w (cm/s)
0,05	0,178
0,10	0,692
0,15	1,560
0,20	2,160
0,25	2,700
0,30	3,240
0,35	3,780
0,40	4,320
0,45	4,860
0,50	5,400
0,55	5,940

0,60	6,480
0,70	7,320
0,80	8,070
1,00	9,44
2,00	15,29
3,00	19,25
5,00	24,90

Fuente: Villón, 2005, p. 107.

Velocidad de sedimentación: $w = 24,90 \text{ cm/s} = 0,249 \text{ m/s}$

Cálculo de la velocidad de flujo v en el tanque:

Utilizando la fórmula de Camp: $v = a \bar{d}$ (cm/s)

Donde:

d = diámetro de la partícula.

a = constante en función del diámetro.

Tabla 14. Constante a en función del diámetro de la partícula.

a	d (mm)
51,00	< 0,10
44,00	0,10 – 1,00
36,00	>1,00

Fuente: Villón, 2005, p. 105.

Velocidad de flujo:

$$v = 36 \overline{5m} = 80,50 \text{ cm/s} = 0,805 \text{ m/s}$$

Cálculo de las dimensiones del tanque:

Caudal: $Q = b \cdot h \cdot v$

Ancho de desarenador: $b = \frac{Q}{h \cdot v}$

Tiempo de caída: $w = \frac{h}{t} \quad t = \frac{h}{w}$

Tiempo de sedimentación: $v = \frac{L}{t} \quad t = \frac{L}{v}$

Igualando el tiempo de caída y tiempo de sedimentación: $\frac{h}{w} = \frac{L}{v} \quad L = \frac{h \cdot v}{w}$

Proceso de cálculo de las dimensiones del tanque.

Se asume una profundidad: $h = 1,00 \text{ m}$.

Longitud del desarenador: $L = \frac{h \cdot v}{w} = \frac{1 \text{ m} \cdot 0,8 \text{ m/s}}{0,2 \text{ m/s}} = 3,23 \text{ m}$

$L = 3,50 \text{ m}$ adoptado.

Ancho del desarenador: $b = \frac{Q}{h \cdot v} = \frac{0,2 \text{ m}^3/\text{s}}{1 \text{ m} \cdot 0,8 \text{ m/s}} = 0,32 \text{ m}$

$b = 0,40 \text{ m}$ adoptado.

Tiempo de sedimentación: $t = \frac{h}{w} = \frac{1 \text{ m}}{0,2 \text{ m/s}} = 4,02 \text{ s}$.

Volúmen de agua conducido en ese tiempo: $V = Q \cdot t = 0,26 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 4,02 \text{ s} = 1,04 \text{ m}^3$

Verificar capacidad del tanque: $V = b \cdot h \cdot L = 0,40 \text{ m} \cdot 1,00 \text{ m} \cdot 3,50 \text{ m} = 1,40 \text{ m}^3$

$V = 1,40 \text{ m}^3 > V = 1,04 \text{ m}^3$ OK.

Cálculo de la longitud de transición.

Fórmula de Hind: $L = \frac{T_1 - T_2}{2 \cdot t \cdot 2,5^\circ}$

Donde:

L = longitud de la transición

T_1 = espejo de agua del desarenador.

T_2 = espejo de agua en el canal.

$$\text{Longitud de transición: } L = \frac{0,4 \text{ m} - 0,3 \text{ m}}{2 \cdot 2,5^\circ} = 0,12 \text{ m.}$$

Adoptado $L = 0,15 \text{ m}$.

La longitud del vertedero al no encontrarse en una curva se adopta el ancho del desarenador:

$L = 0,40 \text{ m}$.

Cálculo de las dimensiones de la compuerta de limpieza.

Suponiendo una compuerta cuadrada de lado 1, el área será $A = l^2$ la compuerta funciona como un orificio, siendo su ecuación:

$$v = \frac{Q}{A_0}$$

donde:

v = velocidad de salida por la compuerta, debe ser de 3 a 5 m/s, para el concreto el límite erosivo es de 6 m/s.

Se adopta $v = 3,00 \text{ m/s}$ para una óptima limpieza del desarenador.

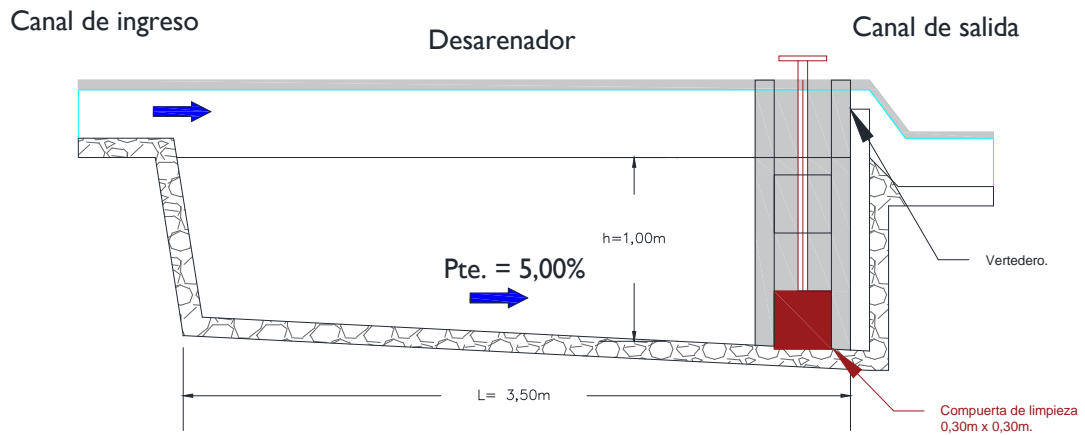
Q = caudal descargado por la compuerta.

A_0 = área del orificio, en este caso igual al área A de la compuerta.

$$l = \sqrt{\frac{Q}{v}} = \sqrt{\frac{0,2 \text{ m}^3/\text{s}}{3,0 \text{ m/s}}} = 0,29 \text{ m.}$$

Se adopta: $l = 0,30 \text{ m}$.

Vista en perfil



Vista en planta

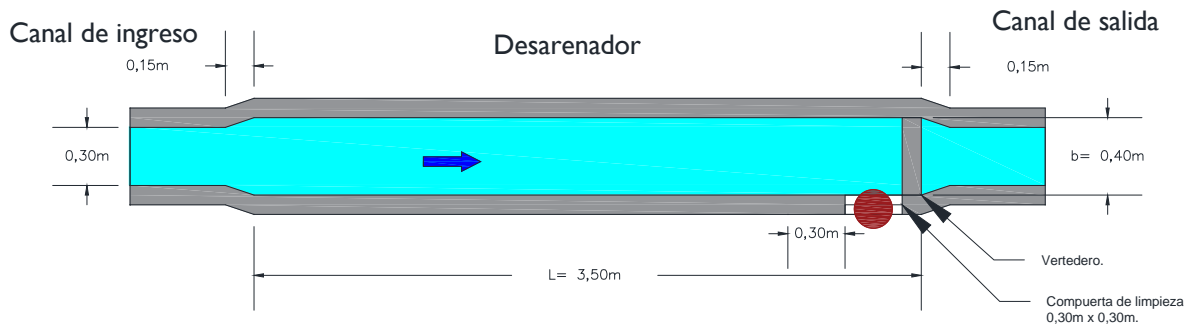


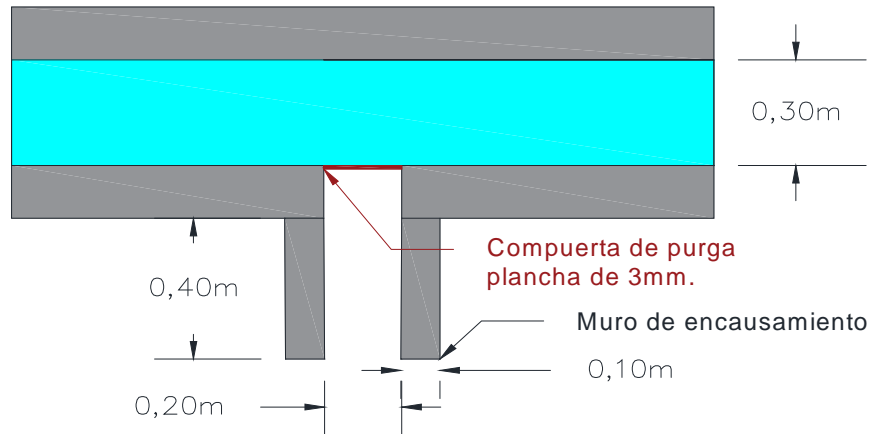
Figura 114. Detalle de desarenador en el canal Tárraga.

Fuente: Elaboración propia.

5.5. Propuesta de compuerta de purga en el canal de riego Tárraga

COMPUERTA DE PURGA

Vista en planta



Vista en perfil

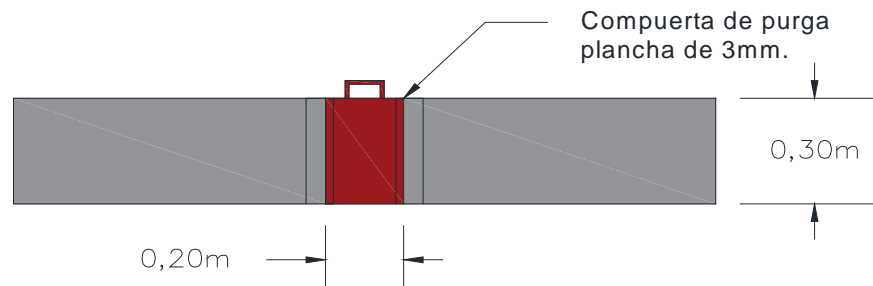


Figura 115. Detalle compuerta de purga en el canal Tárraga.

Fuente: Elaboración propia.

5.6. Propuesta de muros de gaviones para la protección de los taludes

5.6.1. Muros de gaviones para protección de taludes en el canal de riego Tárraga

Este mecanismo de protección surge en el tramo 0+100 a 0+150, debido a la inestabilidad y a la erosión del talud, razón por lo cual se propone efectuar muros de gaviones para evitar que los derrumbes del talud afecten al canal. Se propone utilizar cajas de 2 m x 1 m x 1 m.

5.6.2. Muros de gaviones para la protección de taludes en el canal de trasvase

En el canal de trasvase se propone muros de contención tipo gavión en la progresiva 0+320 a 0+400 y de la progresiva 8+160 a 8+280, para evitar que los derrumbes dañen al canal de trasvase, por lo que se propone utilizar cajas 2 m x 1 m x 1 m.

5.6.3. Diseño de muro de gavión en el sistema de trasvase

Altura= 1,00 m.

Base= 1,00 m.

Longitud= 2,00 m.

Gavión colchón antisocavante.

Altura= 0,30 m.

Ancho= 2,00 m.

Longitud= 5,00 m.

Gavión Total.

Altura (H)= 2,30 m.

Base= 2,00 m.

Longitud= 90,00 m.

Según la mecánica de suelos y la piedra de canto los datos a utilizar para el gavión son los siguientes:

Peso específico del suelo del talud: $\gamma_s = 1.750,00 \text{ kgf/m}^3$.

Ángulo de fricción del talud: $\phi = 24,00^\circ$

Cohesión del talud: $C = 0,07 \text{ kg/cm}^2 = 700,00 \text{ kgf/m}^2$.

Peso específico de piedra de relleno: $\gamma_r = 2.000,00 \text{ kgf/m}^3$.

Calculando el Coeficiente de empuje activo: $K_a = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right)$

$$K_u = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{24,00^\circ}{2} \right) = 0,4$$

El empuje activo actuante en el muro gavión:

$$E_u = \frac{1}{2} \gamma_s H^2 K_u$$

$$E_u = \frac{1}{2} 1.750,00 \frac{k}{m^3} (2,30 m)^2 0,4217 = 1.951,94 k /m$$

Momento por volcamiento en el Muro Gavión:

$$M_u = \left(\frac{H}{3} \right) E_u$$

$$M_u = \left(\frac{2,30 m}{3,00} \right) 1.951,94 \frac{k}{m} = 1.474 k \cdot m/m$$

Peso de Bloque Gavión

Se tiene que tratar de rellenar la mayor cantidad de canto rodado en este caso es el 80 % y lo restante que es el 20 % corresponde a vacíos.

Número de Bloque Gavión= 3. (en una sola columna)

$$V = b \cdot a \cdot h$$

$$V = 2,00 m \cdot 1,00 m \cdot 1,00 m = V = 2,00 m^3.$$

$$W = 0,80 \cdot \text{canto rodado} \cdot V$$

$$W = 0,80 \cdot 2.000,00 \text{ kgf/m}^3 \cdot 2,00 m^3 = 3.200,00 \text{ kgf.}$$

$$W_{\text{Total gavión caja}} = 3.200,00 \text{ kgf} \cdot 3$$

$$W_{\text{Total gavión caja}} = 9.600,00 \text{ kgf}$$

Peso de Gavión Colchón.

Número de Gavión Colchón= 1,00

$$V = b \cdot a \cdot h$$

$$V = 5,00 m \cdot 2,00 m \cdot 0,30 m.$$

$$V = 3,00 \text{ m}^3.$$

$$W = 0,80 * \text{canto rodado} * V$$

$$W = 0,80 * 2.000,00 \text{ kgf/m}^3 * 3,00 \text{ m}^3$$

$$W = 4.800,00 \text{ kgf.}$$

$$W_{\text{Total gavi3n colch3n}} = 4.800,00 \text{ kgf} * 1$$

$$W_{\text{Total gavi3n colch3n}} = 4.800,00 \text{ kgf.}$$

C3lculo de Momento Estabilizante.

$$M_e = W_{\text{Gavi3n1metro}} * b_{wt1} + W_{\text{Gavi3n2metro}} * b_{wt2} + W_{\text{Gavi3n3metro}} * b_{wt3} + W_{\text{gavi3ncolch3n}} * b_{wt5}$$

$$M_e = 3.200,00 \text{ kgf} * 0,50 \text{ m} + 3200,00 \text{ kgf} * 1,50 \text{ m} + 3200,00 \text{ kgf} * 1,50 \text{ m} + 2.880,00 \text{ kgf} * 1,00 \text{ m}$$

$$M_e = 14.080,00 \text{ kgf} * \text{m.}$$

Factor de Seguridad por Volcamiento.

$$F = \frac{M_e}{M_c} = \frac{14.080,00 \text{ k} \cdot \text{m}}{1.496,49 \text{ k} \cdot \text{m}} = 9,4 > 2 \text{ Cl}$$

Factor de Seguridad al Deslizamiento.

$$F = \frac{(\sum \tan(\))}{E_a} = \frac{((3.200,00 \text{ k} \cdot 3 + 4.800,00 \text{ k} \cdot 3) \tan(24,00^\circ))}{1.951,94 \text{ k}}$$

$$F = 3,2 > 1,5 \text{ Cl}$$

Punto de Aplicaci3n de la Normal.

$$X = \frac{(M_e - M_U)}{W_T} = \frac{(1.080,00 \text{ k} \cdot \text{m} - 1.496,49 \text{ k} \cdot \text{m})}{1.496,49 \text{ k}} = 0,87 \text{ m.}$$

C3lculo de la Excentricidad.

$$e = \frac{B}{2} - X < \frac{B}{6}$$

$$e = \frac{2,00 \text{ m}}{2} - 0,87 \text{ m} < \frac{2,00 \text{ m}}{6}$$

$$e = 0,1 \text{ m} < 0,3 \text{ m. OK.}$$

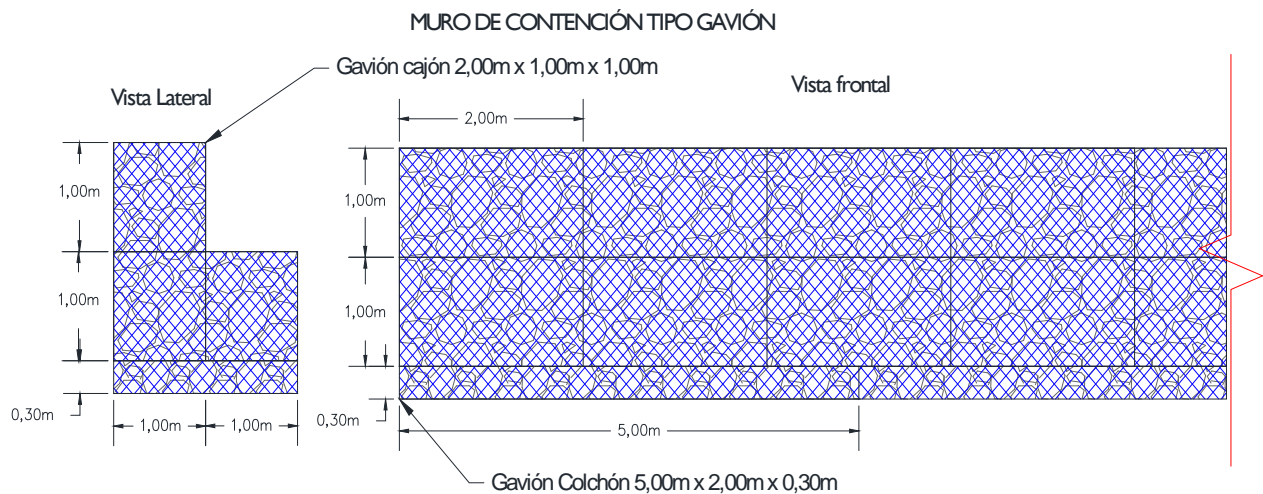


Figura 116. Detalle de muro de contención tipo gavión en el canal de riego Tárraga y canal de trasvase.

Fuente: elaboración propia.

5.7. Propuesta de compuerta de limpieza en los desarenadores

En los desarenadores del sistema de trasvase de la presa Calderas, se propone reemplazar la tubería de limpieza de sedimentos por una compuerta de limpieza, para una mejor eficiencia en la limpieza, debido que la tubería de 4" no puede purgar el sedimento con el desarenador colmatado.

5.7.1. Cálculo de las dimensiones de la compuerta de lavado

Suponiendo una compuerta cuadrada de lado l , y la compuerta funciona como un orificio el área será, $A = l^2$, y siendo la ecuación del caudal:

$$Q = C_d A_c \sqrt{2 g h}$$

donde:

Q: Caudal a descargar por el orificio, en m^3/s .

C_d : Coeficiente de descarga para un orificio de pared delgada, $C_d = 0,60$.

A_0 : Área del orificio de la compuerta. $l = 0,50$ m

h: Carga sobre el orificio (desde la superficie del agua hasta el centro del orificio), $h = 1,45$ m.

g: Aceleración de la gravedad, $9,81 \text{ m/s}^2$.

$$Q = 0,60 \text{ (} 0,50 \text{ m } 0,50 \text{ m)} \sqrt{2 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1,45 \text{ m}}$$

$$Q = 0,80 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$v = \frac{Q}{A_0}$$

Donde:

v = velocidad de salida por la compuerta, debe ser de 3 a 5 m/s, para el concreto el límite erosivo es de 6 m/s asumiendo $v = 4 \text{ m/s}$.

$$A_0 = \frac{Q}{v} = \frac{0,8 \text{ m}^3/\text{s}}{4 \text{ m/s}} = 0,20 \text{ m}^2.$$

$$l = \sqrt{0,20} = 0,4 \text{ m. Adoptando } l = 0,50 \text{ m.}$$

Detalle compuerta de limpieza

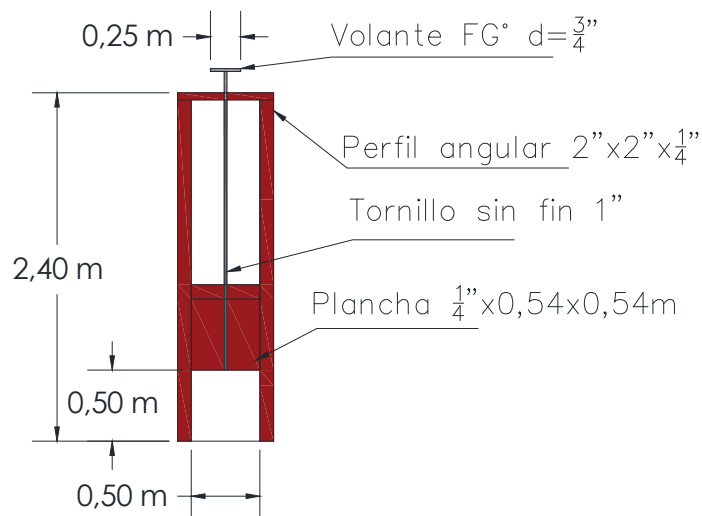


Figura 117. Detalle de compuerta de limpieza de sedimentos de desarenador.

Fuente: elaboración propia.

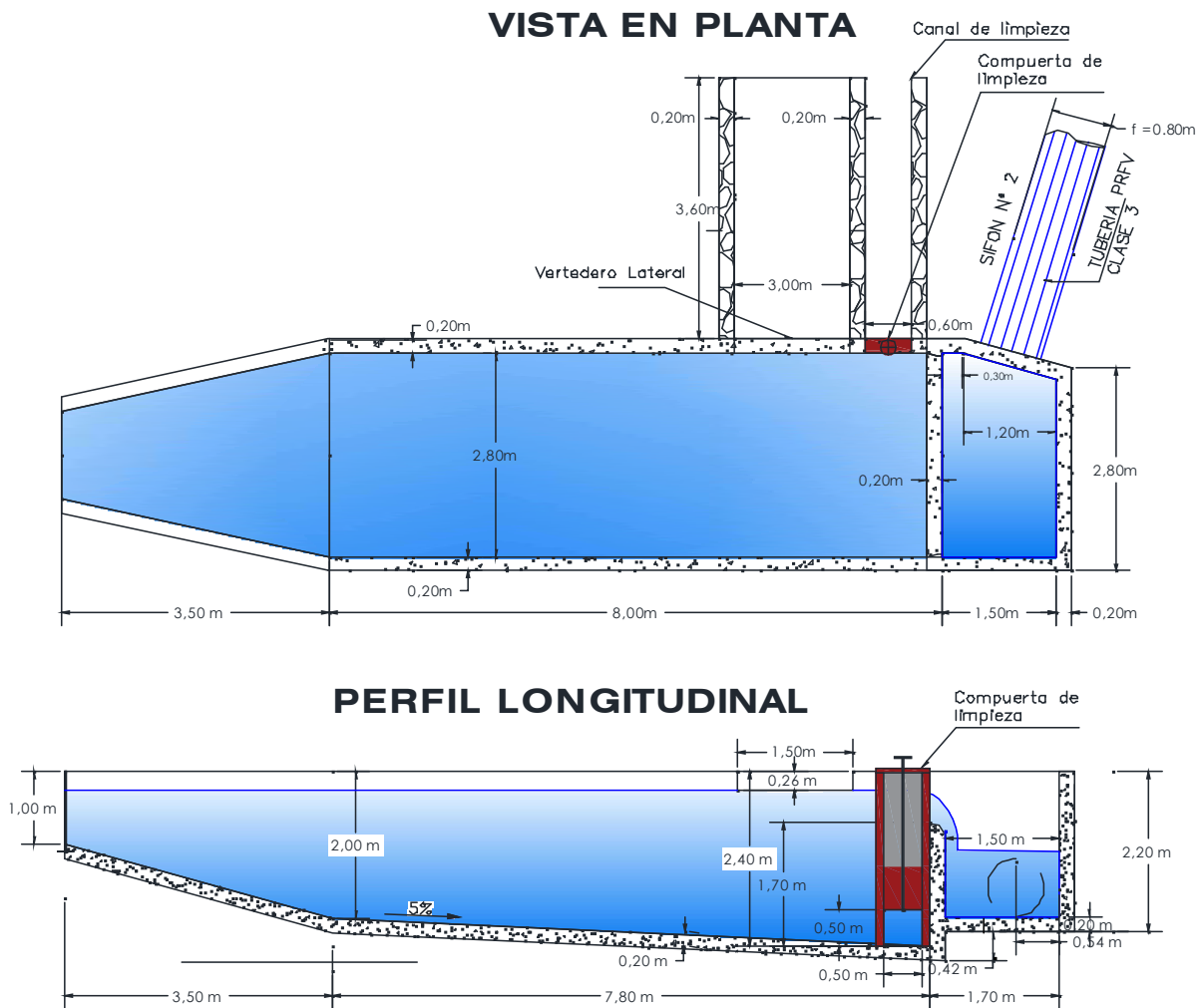


Figura 118. Compuerta de limpieza de desarenador.

Fuente: elaboración propia.

5.8. Propuesta de zanjas de coronación

Las zanjas en la corona o parte alta de un talud son utilizadas para interceptar y conducir adecuadamente las aguas lluvias, evitando su paso por el talud.

La zanja de coronación no debe construirse muy cerca al borde superior del talud, para evitar que se conviertan en el comienzo y guía de un deslizamiento en cortes recientes o de una nueva superficie de falla (movimiento regresivo) en deslizamientos ya producidos; o se produzca la falla de la corona del talud o escarpe.

Se recomienda que las zanjas de coronación sean totalmente impermeabilizadas, así como debe proveerse una suficiente pendiente para garantizar un rápido drenaje del agua captada. Sin embargo, se anota que, a pesar de lograrse originalmente una impermeabilización, con el tiempo se producen movimientos en el terreno que causan grietas en el impermeabilizante y por lo tanto infiltraciones que conllevan a una disminución de la resistencia del suelo y por ende a su falla. La recomendación de impermeabilizar se debe adicionar con un correcto mantenimiento. Se sugiere que al menos cada dos años se deben reparar las zanjas de coronación para impermeabilizar las fisuras y grietas que se presenten.

5.8.1. Diseño de Zanjas de corona o Canales de drenaje

El gradiente mínimo de los canales es determinado por la velocidad de flujo necesaria para evitar la sedimentación. La velocidad no debe ser menor de 1,30 m/segundo para el flujo pico, con una frecuencia de uno en dos años.

El dimensionamiento del canal puede hacerse por medio de tablas, o utilizando la fórmula de Manning, asumiendo una velocidad máxima permisible de 4,00 m/s. y una rugosidad de 0,015 para el hormigón ciclópeo. La pendiente mínima permitida es del 2,00% para impedir la sedimentación.

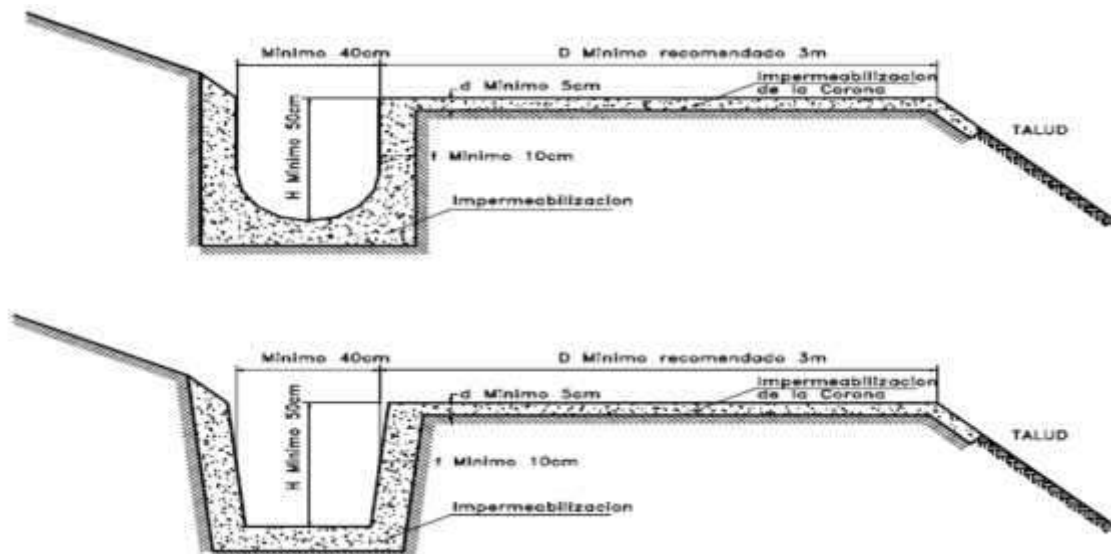


Figura 119. Detalle de zanja de coronación en el canal de trasvase.

Fuente: Geotechnical engineering office, Hong Kong, 2012.

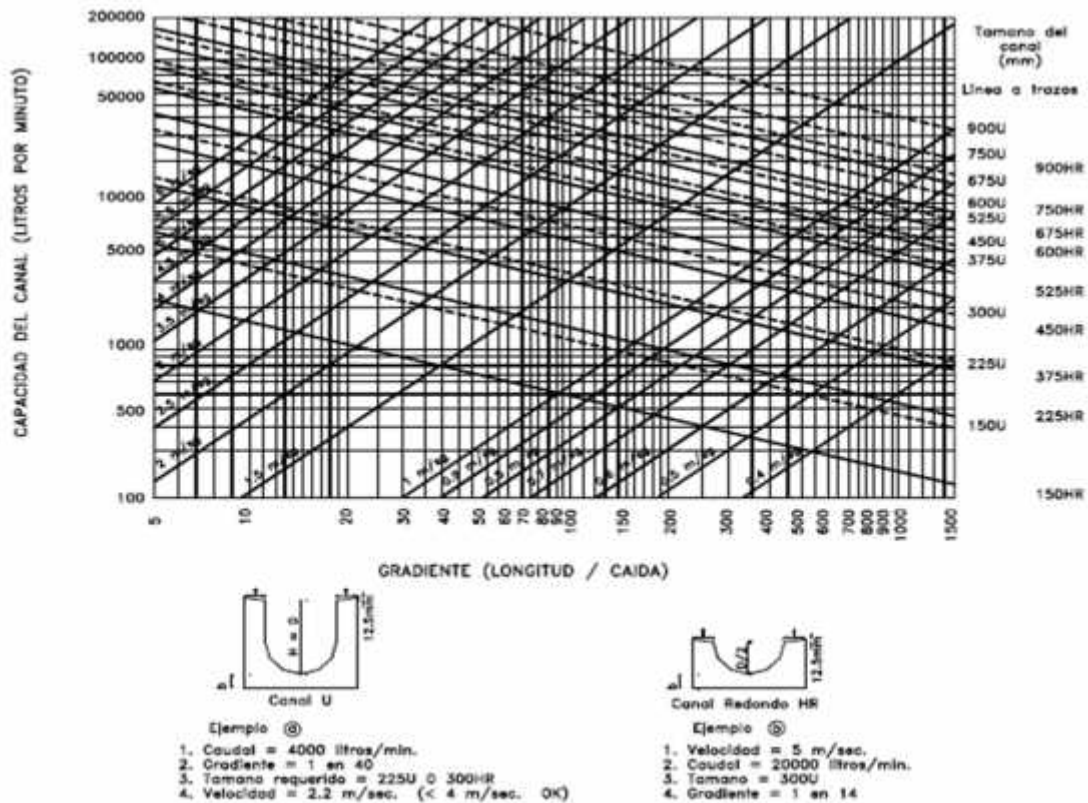


Figura 120: Gráfica de dimensionamiento de zanja de coronación.

Fuente: Geotechnical engineering office, Hong Kong, 2012.

5.8.2. Propuesta de zanjas de coronación en el canal de trasvase

5.8.2.1. Propuesta de zanjas de coronación en el canal de trasvase

El tramo 0+240 a 0+320 es el más crítico debido a los derrumbes de grandes piedras, por lo que se propone una zanja de coronación en este tramo, ya que en la progresiva 0+320 se encuentra una quebrada con su alcantarilla, donde puede evacuar sus aguas.

El tramo 8+160 a 8+280 es el más crítico debido a los derrumbes de grandes piedras, por lo que se propone una zanja de coronación desde la progresiva 8+040 a 8+280, ya que en la progresiva 8+040 se encuentra una quebrada con su alcantarilla, donde puede evacuar sus aguas.

5.8.2.2. Diseño hidráulico de zanja de coronación en el canal de trasvase

Formula de Manning: $v = \frac{1}{n} R_H^{\frac{2}{3}} S^{1/2}$

Donde:

v: Velocidad máxima permisible, en m/s.

n: Coeficiente de rugosidad. n= 0,015 (hormigón ciclópeo).

A: Área de la zanja. Adoptando las dimensiones mínimas recomendadas.

$$A = h \cdot b = 0,50 \text{ m} \cdot 0,40 \text{ m} = 0,20 \text{ m}^2.$$

p: Perímetro de la zanja. $p = 2 \cdot h + b = 2 \cdot 0,50 \text{ m} + 0,40 \text{ m} = 1,40 \text{ m}$.

R_H: Radio hidráulico. $R_H = \frac{A}{p} = \frac{0,2 \text{ m}^2}{1,4 \text{ m}} = 0,14 \text{ m}$.

S: pendiente de la zanja. S= 2%= 0,02 m/m. (Adoptado).

$$v = \frac{1}{0,015} (0,14 \text{ m})^{\frac{2}{3}} \left(0,02 \frac{\text{m}}{\text{m}}\right)^{\frac{1}{2}} = 2,5 \text{ m/s}.$$

5.9. Mecanismo para asumir el mantenimiento

Para responder a los nuevos requerimientos del mantenimiento es necesario considerar nuevos pasos como los que se indican a continuación: diagnóstico/priorización, cuantificación de recursos y organización/ ejecución.

5.9.1. Diagnóstico y priorización

Consiste en realizar una inventariación de necesidades de mantenimiento de la infraestructura a través de un recorrido de todo el canal, identificando la necesidad de mantenimiento expresada en: presencia de sedimentos, conformación de bermas, presencia de filtraciones, erosión de la obra, obstrucciones de conductos cerrados, estado de taludes.

En la organización del diagnóstico deberá tomarse en cuenta que los encargados de hacer el mismo necesitan tener ciertas capacidades para registrar los aspectos arriba mencionados. El

equipo necesario. Al mismo tiempo que se realiza el diagnóstico, es necesario ir priorizando la necesidad de mantenimiento de las obras.

Un formato de registro para el diagnóstico y priorización se presenta a continuación.

Tabla 15. Formulario de diagnóstico y priorización.

Responsable:								Fecha:						
Tipo de obra:								Ubicación:						
Problema de la obra:														
Descripción del problema:														
Causas:														
Soluciones:														
Croquis:														

Fuente: Elaboración propia.

5.9.2. Cuantificación de recursos por obra

Normalmente para la determinación de la cuantificación de recursos para el mantenimiento se tiene que recurrir a los mismos conceptos que establece el diseño y construcción de obras. Así, la cuantificación de los recursos necesarios para atender los requerimientos de mantenimiento se establece de forma sistemática a partir de los cómputos métricos, precios unitarios y rendimientos de materiales, mano de obra y equipos por unidad de actividad a realizarse.

5.9.2.1. Cómputos métricos

Por medio del cómputo métrico se establece el volumen del mantenimiento a realizarse que forman parte de una obra con el objetivo de establecer el costo de la misma o de una de sus partes y la determinación de la cantidad de materiales necesarios para ejecutarla, como se muestra en la siguiente tabla con las actividades necesarias para el mantenimiento.

El inventario es la operación previa imprescindible, será completo hasta el detalle de no despreciar ninguna de las estructuras del sistema de trasvase por pequeño que parezca su costo.

Puede verse a través de esta sucinta relación, cómo toda organización de los trabajos de mantenimiento queda vinculada al presupuesto, de tal manera que la propia forma de éste no puede ser cualquiera, sino la que convenga al futuro programa de trabajo y control de costos, considerando que sea realizado por las autoridades competentes.

Tabla 16. Cómputos métricos del mantenimiento.

Cómputo Métrico								
Mantenimiento del sistema de aducción de trasvase de la presa Calderas								
N° Ítem	Descripción	Unidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	N° de veces	Parcial	Total
Canal de riego Tárraga								
1	Limpieza de sedimentos bocatoma	m ³						2,76
	Bocatoma y entrada		23.00	0.40	0.30	1.00	2.76	2.76
2	Colocado de Rejilla en bocatoma	pza.						1,00
	Bocatoma canal Tárraga					1.00	1.00	1.00
3	Construcción de canal H°C° en muro de entrada	m ³						2,42
	Solera del canal		23.00	0.60	0.10	1.00	1.38	1.38
	Muro del canal		23.00	0.15	0.30	1.00	1.04	1.04
4	Limpieza de sedimentos del canal progresiva 0+000 a 0+050	m ³						1,05
	Progresiva 0+000 a 0+050		50.00	0.30	0.07	1.00	1.05	1.05
5	Refacción De Canal H°S° progresiva 0+000 a 0+010	m ³						0,08
	Refacción Progresiva 0+000 a 0+010		10.00	0.15	0.05	1.00	0.08	0.08
6	Refacción De Canal H°S° progresiva 0+050 a 0+061	m ³						0,88
	Revestimiento Progresiva 0+050 a 0+061		11.00	0.10	0.80	1.00	0.88	0.88
7	Limpieza de sedimentos del canal progresiva 0+050 a 0+150	m ³						6,30
	Progresiva 0+050 a 0+150		100.00	0.30	0.21	1.00	6.30	6.30
8	Muro De Contención (Tipo Gavión cajón)	m ³						150,00
	Progresiva 0+100 a 0+150		50.00	1.00	1.00	3.00	50.00	150.00
9	Muro De Contención (Tipo Gavión colchón)	m ³						30,00
	Progresiva 0+100 a 0+150		50.00	2.00	0.30	1.00	30.00	30.00
10	Limpieza de sedimentos del canal progresiva 0+150 a 0+250	m ³						6,60
	Progresiva 0+150 a 0+250		100.00	0.30	0.22	1.00	6.60	6.60
11	Refacción De Canal H°C° progresiva 0+150 a 0+250	m ³						0,09
	Refacción Progresiva 0+200		2.00	0.15	0.30	1.00	0.09	0.09
12	Desarenador H°A° progresiva 0+210	pza.						1,00
	Canal Tárraga prog. 0+210					1.00	1.00	1.00
13	Limpieza de sedimentos del canal progresiva 0+250 a 0+400	m ³						2,25
	Progresiva 0+250 a 0+400		150.00	0.30	0.05	1.00	2.25	2.25
14	Refacción De Canal H°C° progresiva 0+250 a 0+400	m ³						6,00
	Revestimiento Progresiva 0+250 a 0+290		40.00	0.10	0.30	1.00	1.20	1.20
	Refuerzo base Progresiva 0+250 a 0+290		40.00	0.60	0.20	1.00	4.80	4.80
15	Limpieza de sedimentos del canal progresiva 0+400 a 0+501,11	m ³						1,52
	Progresiva 0+400 a 0+501,11		101,11	0.30	0.05	1.00	1,52	1,52
16	Colocado de compuerta de purga.	pza.						1,00
	Progresiva 0+410					1.00	1.00	1.00

Canal Principal de Aducción de Trasvase							
17	Limpieza De Obra De Toma Con Retroexcavadora	m ³					150,00
	Limpieza detrás del azud		30,00	5,00	1,00	1,00	150,00
18	Pintura anticorrosiva en rejilla de bocatoma	m ²					1,05
	Rejilla de entrada de bocatoma		1,75		0,30	2,00	1,05
19	Pintura anticorrosiva compuerta despedrador	m ²					5,85
	Compuerta de limpieza despedrador			1,50	1,95	2,00	2,93
20	Lubricado y engrasado compuerta despedrador	glb.					1,00
	Compuerta de limpieza despedrador					1,00	1,00
21	Limpieza de sedimentos del canal progresiva 0+000 a 0+076	m ³					2,96
	Progresiva 0+000 a 0+076		76,00	1,30	0,03	1,00	2,96
22	Deshierbe en las bermas del canal progresiva 0+000 a 0+076	m ²					228,00
	Progresiva 0+000 a 0+076		76,00	1,50		2,00	114,00
23	Limpieza de sedimentos en Desarenador N° 1 progresiva 0+076	m ³					28,08
	Limpieza desarenador 1 progresiva 0+076		5,20	3,60	1,50	1,00	28,08
24	Deshierbe en las bermas del canal desarenador N° 1	m ²					4716,33
	Desarenador N° 1 prog. 0+076		5,20	3,60		1,00	18,72
25	Pintura anticorrosiva en tapas metálicas y válvulas desarenador N° 1	m ²					1,29
	Cámara de limpieza del desarenador prog. 0+076		0,80	0,80		2,00	0,64
	Válvulas de limpieza del desarenador prog. 0+076		0,10	0,10		1,00	0,01
26	Lubricado y engrasado de tapa metálica y válvula desarenador N° 1	glb.					2,00
	Cámara de limpieza del desarenador N° 1					1,00	1,00
	Válvulas de limpieza desarenador N° 1					1,00	1,00
27	Compuerta de limpieza del desarenador N° 1	pza.					1,00
	Desarenador N° 1					1,00	1,00
28	Canal H°C° de limpieza de desarenador N° 1	m ³					14,40
	Desarenador prog. 0+076 (base)		40,00	0,70	0,20	1,00	5,60
	Desarenador prog. 0+076 (muro)		40,00	0,20	1,10	1,00	8,80
29	Limpieza de sedimentos del canal progresiva 0+090,50 a 1+000	m ³					47,29
	Progresiva 0+090,50 a 1+000		909,50	1,30	0,04	1,00	47,29
30	Deshierbe en las bermas del canal progresiva 0+090,50 a 0+500	m ²					1.228,50
	Progresiva 0+090,50 a 0+500		409,50	1,50		2,00	614,25
31	Muro De Contención (Tipo Gavión cajón) Progresiva 0+320 a 0+400	m ³					240,00
	Progresiva 0+320 a 0+400		80,00	1,00	1,00	3,00	80,00
32	Muro De Contención (Tipo Gavión colchón) Progresiva 0+320 a 0+400	m ³					48,00
	Progresiva 0+320 a 0+400		80,00	2,00	0,30	1,00	48,00
33	Zanja de coronación H°C° progresiva 0+240 a 0+320	m ³					36,80
	Progresiva 0+240 a 0+320 (solera)		80,00	0,60	0,10	1,00	4,80
	Progresiva 0+240 a 0+320 (muros)		80,00	0,10	0,50	2,00	4,00
	Prog. 0+240 a 0+320 (revestimiento corona talud)		80,00	3,00	0,10	1,00	24,00

34	Limpieza de sedimentos del canal progresiva 1+000 a 1+542	m ³						13,01
	Progresiva 1+000 a 1+542		542,00	1,20	0,02	1,00	13,01	13,01
35	Deshierbe en las bermas del canal progresiva 1+300 a 1+542	m ²						726,00
	Progresiva 1+300 a 1+542		242,00	1,50		2,00	363,00	726,00
36	Limpieza de sedimentos en Desarenador N° 2 progresiva 1+542	m ³						37,13
	Limpieza desarenador 2 progresiva 1+542		7,80	2,80	1,70	1,00	37,13	37,13
37	Limpieza cámara de entrada de sifón del desarenador N° 2	glb.						1,00
	Desarenador N° 2					1,00	1,00	1,00
38	Pintura anticorrosiva en tapas metálicas y válvulas desarenador N° 2	m ²						1,29
	Cámara de limpieza del desarenador N° 2		0,80	0,80		2,00	0,64	1,28
	Válvulas de limpieza del desarenador N° 2		0,10	0,10		1,00	0,01	0,01
39	Pintura anticorrosiva en tapa metálica y válvula sifón N° 1	m ²						1,93
	Cámara de limpieza sifón		0,80	0,80		2,00	0,64	1,28
	Rejilla de entrada de sifón			0,80	0,80	1,00	0,64	0,64
	Válvula de limpieza sifón		0,10	0,10		1,00	0,01	0,01
40	Lubricado y engrasado de tapa metálica y válvula desarenador N° 2	glb.						2,00
	Cámara de limpieza del desarenador					1,00	1,00	1,00
	Válvula de limpieza desarenador					1,00	1,00	1,00
41	Lubricado y engrasado de tapas metálicas y válvulas sifón N° 1	glb.						2,00
	Tapa cámara de limpieza de sifón					1,00	1,00	1,00
	Válvulas de limpieza de sifón					1,00	1,00	1,00
42	Compuerta de limpieza del desarenador N° 2	pza.						1,00
	Desarenador N° 2					1,00	1,00	1,00
43	Canal H°C° de limpieza de desarenador N° 2	m ³						3,60
	Desarenador N° 2 (base)		10,00	0,70	0,20	1,00	1,40	1,40
	Desarenador N° 2 (muro)		10,00	0,20	1,10	1,00	2,20	2,20
44	Limpieza de sedimentos en Desarenador N° 3 progresiva 3+061,40	m ³						37,13
	Limpieza desarenador 3 progresiva 3+061,40		7,80	2,80	1,70	1,00	37,13	37,13
45	Limpieza cámara de entrada de sifón del desarenador N° 3	glb.						1,00
	Desarenador N° 3					1,00	1,00	1,00
46	Pintura anticorrosiva en tapas metálicas y válvulas desarenador N° 3	m ²						1,29
	Cámara de limpieza del desarenador N° 3		0,80	0,80		2,00	0,64	1,28
	Válvulas de limpieza del desarenador N° 3		0,10	0,10		1,00	0,01	0,01
47	Pintura anticorrosiva en tapas metálicas y válvulas sifón N° 2	m ²						1,93
	Cámara de limpieza sifón		0,80	0,80		2,00	0,64	1,28
	Rejillas de entrada de sifón			0,80	0,80	1,00	0,64	0,64
	Válvulas de limpieza sifón		0,10	0,10		1,00	0,01	0,01
48	Lubricado y engrasado de tapa metálica y válvula desarenador N° 3	glb.						2,00
	Cámara de limpieza del desarenador					1,00	1,00	1,00
	Válvula de limpieza desarenador					1,00	1,00	1,00

49	Lubricado y engrasado de tapas metálicas y válvulas sifón N° 2	glb.							2,00
	Tapa cámara de limpieza de sifón					1,00	1,00	1,00	
	Válvulas de limpieza de sifón					1,00	1,00	1,00	
50	Compuerta de limpieza del desarenador N° 3	pza.							1,00
	Desarenador N° 3					1,00	1,00	1,00	
51	Canal H°C° de limpieza de desarenador N° 3	m ³							1,30
	Desarenador N° 3 (base)		3,60	0,70	0,20	1,00	0,50	0,50	
	Desarenador N° 3 (muro)		3,60	0,20	1,10	1,00	0,79	0,79	
52	Limpieza de sedimentos del canal progresiva 3+180 a 3+779,95	m ³							11,70
	Progresiva 3+180 a 3+779,95		599,95	0,65	0,03	1,00	11,70	11,70	
53	Deshierbe en las bermas del canal progresiva 3+500 a 3+779,95	m ²							839,85
	Progresiva 3+500 a 3+779,95		279,95	1,50		2,00	419,93	839,85	
54	Limpieza de sedimentos en Desarenador N° 4 progresiva 3+779,95	m ³							37,13
	Limpieza desarenador 4 progresiva 3+779,95		7,80	2,80	1,70	1,00	37,13	37,13	
55	Limpieza cámara de entrada de sifón del desarenador N° 4	glb.							1,00
	Desarenador N° 4					1,00	1,00	1,00	
56	Pintura anticorrosiva en tapas metálicas y válvulas desarenador N° 4	m ²							1,29
	Cámara de limpieza del desarenador N° 4		0,80	0,80		2,00	0,64	1,28	
	Válvulas de limpieza del desarenador N° 4		0,10	0,10		1,00	0,01	0,01	
57	Pintura anticorrosiva en tapas metálicas y válvulas sifón N° 3	m ²							1,93
	Cámara de limpieza sifón		0,80	0,80		2,00	0,64	1,28	
	Rejillas de entrada de sifón			0,80	0,80	1,00	0,64	0,64	
	Válvulas de limpieza sifón		0,10	0,10		1,00	0,01	0,01	
58	Lubricado y engrasado de tapa metálica y válvula desarenador N° 4	glb.							2,00
	Cámara de limpieza del desarenador					1,00	1,00	1,00	
	Válvula de limpieza desarenador					1,00	1,00	1,00	
59	Lubricado y engrasado de tapas metálicas y válvulas sifón N° 3	glb.							2,00
	Tapa cámara de limpieza de sifón					1,00	1,00	1,00	
	Válvulas de limpieza de sifón					1,00	1,00	1,00	
60	Compuerta de limpieza del desarenador N° 4	pza.							1,00
	Desarenador N° 4					1,00	1,00	1,00	
61	Canal H°C° de limpieza de desarenador N° 4	m ³							1,80
	Desarenador N° 4 (base)		5,00	0,70	0,20	1,00	0,70	0,70	
	Desarenador N° 4 (muro)		5,00	0,20	1,10	1,00	1,10	1,10	
62	Limpieza de sedimentos en Desarenador N° 5 progresiva 4+648,90	m ³							37,13
	Limpieza desarenador 5 progresiva 4+648,90		7,80	2,80	1,70	1,00	37,13	37,13	
63	Limpieza cámara de entrada de sifón del desarenador N° 5	glb.							1,00
	Desarenador N° 5					1,00	1,00	1,00	
64	Pintura anticorrosiva en tapas metálicas y válvulas desarenador N° 5	m ²							1,29
	Cámara de limpieza del desarenador N° 5		0,80	0,80		2,00	0,64	1,28	
	Válvulas de limpieza del desarenador N° 5		0,10	0,10		1,00	0,01	0,01	

65	Pintura anticorrosiva en tapas metálicas y válvulas sifón N° 4	² m						1,93
	Cámara de limpieza sifón		0,80	0,80		2,00	0,64	1,28
	Rejillas de entrada de sifón			0,80	0,80	1,00	0,64	0,64
	Válvulas de limpieza sifón		0,10	0,10		1,00	0,01	0,01
66	Lubricado y engrasado de tapa metálica y válvula desarenador N° 5	glb.						2,00
	Cámara de limpieza del desarenador					1,00	1,00	1,00
	Válvula de limpieza desarenador					1,00	1,00	1,00
67	Lubricado y engrasado de tapas metálicas y válvulas sifón N° 4	glb.						2,00
	Tapa cámara de limpieza de sifón					1,00	1,00	1,00
	Válvulas de limpieza de sifón					1,00	1,00	1,00
68	Compuerta de limpieza del desarenador N° 5	pza.						1,00
	Desarenador N° 5					1,00	1,00	1,00
69	Canal H°C° de limpieza de desarenador N° 5	³ m						0,72
	Desarenador N° 5 (base)		2,00	0,70	0,20	1,00	0,28	0,28
	Desarenador N° 5 (muro)		2,00	0,20	1,10	1,00	0,44	0,44
70	Limpieza de sedimentos en Desarenador N° 6 progresiva 5+077,10	³ m						37,13
	Limpieza desarenador 6 progresiva 5+077,10		7,80	2,80	1,70	1,00	37,13	37,13
71	Limpieza cámara de entrada de sifón del desarenador N° 6	glb.						1,00
	Desarenador N° 6					1,00	1,00	1,00
72	Pintura anticorrosiva en tapas metálicas y válvulas desarenador N° 6	² m						1,29
	Cámara de limpieza del desarenador N° 6		0,80	0,80		2,00	0,64	1,28
	Válvulas de limpieza del desarenador N° 6		0,10	0,10		1,00	0,01	0,01
73	Pintura anticorrosiva en tapas metálicas y válvulas sifón N° 5	² m						1,93
	Cámara de limpieza sifón		0,80	0,80		2,00	0,64	1,28
	Rejillas de entrada de sifón			0,80	0,80	1,00	0,64	0,64
	Válvulas de limpieza sifón		0,10	0,10		1,00	0,01	0,01
74	Lubricado y engrasado de tapa metálica y válvula desarenador N° 6	glb.						2,00
	Cámara de limpieza del desarenador					1,00	1,00	1,00
	Válvula de limpieza desarenador					1,00	1,00	1,00
75	Lubricado y engrasado de tapas metálicas y válvulas sifón N° 5	glb.						2,00
	Tapa cámara de limpieza de sifón					1,00	1,00	1,00
	Válvulas de limpieza de sifón					1,00	1,00	1,00
76	Compuerta de limpieza del desarenador N° 6	pza.						1,00
	Desarenador N° 6					1,00	1,00	1,00
77	Canal H°C° de limpieza de desarenador N° 6	³ m						9,00
	Desarenador N° 6 (base)		25,00	0,70	0,20	1,00	3,50	3,50
	Desarenador N° 6 (muro)		25,00	0,20	1,10	1,00	5,50	5,50
78	Limpieza de sedimentos del canal progresiva 5+215,60 a 5+860	³ m						14,50
	Progresiva 5+215,60 a 5+860		644,40	0,45	0,05	1,00	14,50	14,50

79	Deshierbe en las bermas del canal progresiva 5+500 a 5+860	² m						1.080,00
	Progresiva 5+500 a 5+860		360,00	1,50		2,00	540,00	1.080,00
80	Limpieza de sedimentos del canal progresiva 5+860 a 6+738	³ m						27,66
	Progresiva 5+860 a 6+738		878,00	0,45	0,07	1,00	27,66	27,66
81	Deshierbe en las bermas del canal progresiva 6+300 a 6+738	² m						1.314,00
	Progresiva 6+300 a 6+738		438,00	1,50		2,00	657,00	1.314,00
82	Limpieza de sedimentos en Desarenador N° 7 progresiva 6+738	³ m						37,13
	Limpieza desarenador 7 progresiva 6+738		7,80	2,80	1,70	1,00	37,13	37,13
83	Limpieza cámara de entrada de sifón del desarenador N° 7	glb.						1,00
	Desarenador N° 7					1,00	1,00	1,00
84	Pintura anticorrosiva en tapas metálicas y válvulas desarenador N° 7	² m						1,29
	Cámara de limpieza del desarenador N° 7		0,80	0,80		2,00	0,64	1,28
	Válvulas de limpieza del desarenador N° 7		0,10	0,10		1,00	0,01	0,01
85	Pintura anticorrosiva en tapas metálicas y válvulas sifón N° 6	² m						1,93
	Cámara de limpieza sifón		0,80	0,80		2,00	0,64	1,28
	Rejillas de entrada de sifón			0,80	0,80	1,00	0,64	0,64
	Válvulas de limpieza sifón		0,10	0,10		1,00	0,01	0,01
86	Lubricado y engrasado de tapa metálica y válvula desarenador N° 7	glb.						2,00
	Cámara de limpieza del desarenador					1,00	1,00	1,00
	Válvula de limpieza desarenador					1,00	1,00	1,00
87	Lubricado y engrasado de tapas metálicas y válvulas sifón N° 6	glb.						2,00
	Tapa cámara de limpieza de sifón					1,00	1,00	1,00
	Válvula de limpieza de sifón					1,00	1,00	1,00
88	Compuerta de limpieza del desarenador N° 7	pza.						1,00
	Desarenador N° 7					1,00	1,00	1,00
89	Canal H°C° de limpieza de desarenador N° 7	³ m						0,65
	Desarenador N° 7 (base)		1,80	0,70	0,20	1,00	0,25	0,25
	Desarenador N° 7 (muro)		1,80	0,20	1,10	1,00	0,40	0,40
90	Limpieza de sedimentos del canal progresiva 7+148 a 7+262,45	³ m						1,03
	Progresiva 7+148 a 7+262,45		114,45	0,45	0,02	1,00	1,03	1,03
91	Deshierbe en las bermas del canal progresiva 7+148 a 7+262,45	² m						343,35
	Progresiva 7+148 a 7+262,45		114,45	1,50		2,00	171,68	343,35
92	Limpieza de sedimentos en Desarenador N° 8 progresiva 7+262,45	³ m						37,13
	Limpieza desarenador 8 progresiva 7+262,45		7,80	2,80	1,70	1,00	37,13	37,13
93	Limpieza cámara de entrada de sifón del desarenador N° 8	glb.						1,00
	Desarenador N°8					1,00	1,00	1,00
94	Pintura anticorrosiva en tapas metálicas y válvulas desarenador N° 8	² m						1,29
	Cámara de limpieza del desarenador N° 8		0,80	0,80		2,00	0,64	1,28
	Válvulas de limpieza del desarenador N° 8		0,10	0,10		1,00	0,01	0,01
95	Lubricado y engrasado de tapas metálicas y válvulas desarenador N° 8	glb.						2,00
	Cámara de limpieza desarenador					1,00	1,00	1,00
	Válvula de limpieza desarenador					1,00	1,00	1,00

96	Pintura anticorrosiva en tapas metálicas y válvulas sifón N° 7	² m						1,93
	Cámara de limpieza sifón		0,80	0,80		2,00	0,64	1,28
	Rejilla de entrada de sifón			0,80	0,80	1,00	0,64	0,64
	Válvula de limpieza sifón		0,10	0,10		1,00	0,01	0,01
97	Lubricado y engrasado de tapa metálica y válvula sifón N°7	glb.						2,00
	Tapa cámara de limpieza de sifón					1,00	1,00	1,00
	Válvula de limpieza de sifón					1,00	1,00	1,00
98	Compuerta de limpieza del desarenador N°8	pza.						1,00
	Desarenador N° 8					1,00	1,00	1,00
99	Canal H°C° de limpieza de desarenador N°8	³ m						0,90
	Desarenador N° 8 (base)		2,50	0,70	0,20	1,00	0,35	0,35
	Desarenador N° 8 (muro)		2,50	0,20	1,10	1,00	0,55	0,55
100	Limpieza de sedimentos del canal progresiva 7+440,10 a 8+408,050	³ m						87,12
	Progresiva 7+440,10 a 8+408,050		967,95	0,45	0,20	1,00	87,12	87,12
101	Deshierbe en las bermas del canal progresiva 8+100 a 8+408,050	² m						924,15
	Progresiva 8+100 a 8+408,050		308,05	1,50		2,00	462,08	924,15
102	Muro De Contención (Tipo Gavión cajón) progresiva 8+160 a 8+280	³ m						360,00
	Progresiva 8+160 a 8+280		120,00	1,00	1,00	3,00	120,00	360,00
103	Muro De Contención (Tipo Gavión colchón) progresiva 8+160 a 8+280	³ m						72,00
	Progresiva 8+160 a 8+280		120,00	2,00	0,30	1,00	72,00	72,00
104	Zanja de coronación H°C° progresiva 8+040 a 8+280	³ m						110,40
	Prog. 8+040 a 8+280 (solera)		240,00	0,60	0,10	1,00	14,40	14,40
	Prog. 8+040 a 8+280 (muros)		240,00	0,10	0,50	2,00	12,00	24,00
	Prog. 8+040 a 8+280 (revestimiento corona talud)		240,00	3,00	0,10	1,00	72,00	72,00
105	Limpieza de sedimentos del canal progresiva 8+408,050 a 8+534,70	³ m						15,20
	Progresiva 8+408,050 a 8+534,70		126,65	1,20	0,10	1,00	15,20	15,20
106	Deshierbe en las bermas del canal progresiva 8+408,050 a 8+534,70	² m						379,95
	Progresiva 8+408,050 a 8+534,70		126,65	1,50		2,00	189,98	379,95
107	Repintado de progresivas	² m						6,84
	Progresivas cada 20 metros		0,20	0,10		342,00	0,02	6,84

Fuente: Elaboración propia.

5.9.2.2. Costo de los Materiales

El costo de materiales de cada ítem permitirá conocer el monto y la oportunidad de las inversiones necesarias, es decir el programa de compras y planes de financiación con proveedores. El segundo los mismos aspectos referidos a mano de obra y además la cantidad de operarios para cada trabajo, en función de su tamaño y plazo.

Tabla 17. Materiales para el mantenimiento.

Material	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo Total (Bs.)
Cemento Portland	kg	22.898,60	1,11	25.417,45
Arena Común	m ³	52,88	120,75	6.385,26
Grava Común	m ³	56,97	120,75	6.879,13
Piedra	m ³	1.096,23	115,00	126.066,45
Gavión colchoneta 5x2x0,3m	pza.	50,00	560,00	28.000,00
Gavión Cajón 2x1x1m.	pza.	375,00	460,00	172.500,00
Alambre galvanizado	kg	675,00	16,00	10.800,00
Alambre de amarre	kg	182,98	12,00	2.195,76
Clavos	kg	182,98	12,50	2.287,25
Madera de construcción	pie ²	2.203,76	8,00	17.630,08
Acero corrugado	kg	17,51	6,30	110,31
Pernos de fijación	pza.	4,00	5,00	20,00
Plancha de acero 3mm.	m ²	0,15	305,00	45,75
Pletina 3x20mm	m	3,80	7,30	27,74
Barra lisa ϕ 10 mm	kg	5,00	10,00	50,00
Pintura latex	Galón	0,68	100,00	68,40
Pintura anticorrosiva	Galón	1,54	162,00	249,48
Grasa	kg	0,40	20,00	8,00
Lubricante	l	0,20	15,00	3,00
Plancha de acero 1/4"	m ²	2,16	305,00	658,80
Perfil angular 2"x2"x1/4"	m	85,60	13,33	1.141,05
Tubo F°G° 3/4"	m	8,00	15,00	120,00
Tornillo sin fin 1"	m	19,20	20,00	384,00
			Total	401.047,90

Fuente: Elaboración propia.

5.9.2.3. Costo de la Mano de Obra

Afectan al costo de la mano de obra, el precio que se paga por la misma y el tiempo que se tarda en la ejecución de una unidad de obra determinada.

También es preciso llevar un registro de los aportes de mano de obra no calificada de los regantes, para el mantenimiento. El mismo, si bien no tiene una importancia de cuantificación

económica, contribuye a la consolidación de los derechos al agua y, consecuentemente a fortalecer la organización.

En este caso serán determinadas como mano de obra calificada en todas las actividades propuestas, considerando el jornal de 8 horas.

Tabla 18. Mano de obra para el mantenimiento.

Mano de Obra	Unidad	Cantidad Jornal	Precio Unitario	Costo Total(Bs.)
Peón	Jornal	43,08	100,00	4.307,50
Ayudante	Jornal	498,54	120,00	59.824,95
Albañil	Jornal	898,84	164,00	147.410,17
Operador	Jornal	1,05	184,00	193,20
Especialista	Jornal	15,19	164,00	2.490,34
			Total	214.226,16

Fuente: Elaboración propia.

5.9.2.4. Equipo y Herramientas.

Maquinaria y equipo necesario para la implementación de cada uno de los ítems que se propone.

Tabla 19. Equipos para el mantenimiento.

Maquinaria y Equipo	Unidad	Cantidad Jornal	Precio Unitario	Costo Total (Bs.)
Retroexcavadora	h	9,00	1.680,00	15.120,00
Volqueta 12 m ³	h	1,05	1.280,00	1.344,00
Soldadora	h	9,00	80,00	720,00
			Total	17.184,00

Fuente: Elaboración propia.

5.9.2.5. Planillas para el análisis de costos

Las Planillas resuelven dos problemas, por una parte, la cantidad y costo de los materiales y por otra la cantidad y costo de la mano de obra.

Tabla 20. Precio unitario de limpieza de sedimentos bocatoma y canal Tárrega.

1 Datos Generales					
Proyecto : Canal de riego Tárrega Actividad : Limpieza de sedimentos bocatoma y canal Cantidad : 20,48 Unidad : m ³ Moneda : Bs					
1 Materiales					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
Total Materiales					0,00
2 Mano De Obra					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
	Peón	h.	0,50	12,50	6,25
	Ayudante	h.	1,50	15,00	22,50
Subtotal Mano De Obra					28,75
Cargas Sociales (% del Subtotal de Mano de obra) (55% al 71,18%)			55,00%		15,81
Impuestos IVA MO (% de Suma de Subtotal de MO + Cargas Sociales)			14,94%		6,66
Total Mano De Obra					51,22
3 Equipo, Maquinaria Y Herramientas					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
*	Herramientas = % del Total de Mano de Obra		5,00%		2,56
Total Equipo, Maquinaria Y Herramientas					2,56
4 Gastos Generales Y Administrativos					
*	Gastos generales (% de 1+2+3)		10,00%		5,38
Total Gastos Generales Y Administrativos					5,38
5 Utilidad					
*	Utilidad (% de 1+2+3+4)		15,00%		8,87
Total Utilidad					8,87
6 Impuestos					
*	Impuestos IT (% de 1+2+3+4+5)		3,09%		2,10
Total Impuestos					2,10
Total Precio Unitario (1+2+3+4+5+6)					70,14
Total Precio Unitario Adoptado (Con Dos (2) Decimales)					70,14

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21. Precio unitario de desarenador H°A° en el canal Tárrega.

2 Datos Generales				
Proyecto : Canal Secundario Tárrega Actividad : Desarenador H°A° Cantidad : 1,00 Unidad : Pza. Moneda : Bs				
1 Materiales				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
Acero Corrugado	kg	14,00	6,30	88,20
Alambre de amarre	kg	0,50	12,00	6,00
Arena Común	m ³	0,35	120,75	42,26
Cemento Portland	kg	210,00	1,11	233,10
Clavos	kg	0,50	12,50	6,25
Grava Común	m ³	0,25	120,75	30,19
Madera de construcción	pie ²	18,00	8,00	144,00
Plancha de acero 3mm.	m ²	0,09	305,00	27,45
Pletina 3x20mm	m	3,00	7,30	21,90
Barra lisa	kg	5,00	10,00	50,00
Total Materiales				649,35
2 Mano De Obra				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
Albañil	h	14,00	20,50	287,00
Peón	h	6,00	12,50	75,00
Ayudante	h	16,00	15,00	240,00
Subtotal Mano De Obra				602,00
Cargas Sociales (% del Subtotal de Mano de obra) (55% al 71,18%)		55,00%		331,10
Impuestos IVA MO (% de Suma de Subtotal de MO + Cargas Sociales)		14,94%		139,41
Total Mano De Obra				1.072,51
3 Equipo, Maquinaria Y Herramientas				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
* Herramientas = % del Total de Mano de Obra		5,00%		53,63
Total Equipo, Maquinaria Y Herramientas				53,63
4 Gastos Generales Y Administrativos				
* Gastos generales (% de 1+2+3)		10,00%		177,55
Total Gastos Generales Y Administrativos				177,55
5 Utilidad				
* Utilidad (% de 1+2+3+4)		15,00%		292,95
Total Utilidad				292,95
6 Impuestos				
* Impuestos IT (% de 1+2+3+4+5)		3,09%		69,40
Total Impuestos				69,40
Total Precio Unitario (1+2+3+4+5+6)				2.315,38
Total Precio Unitario Adoptado (Con Dos (2) Decimales)				2.315,38

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22. Precio unitario colocado de rejilla en bocatoma del canal Tárraga.

3 Datos Generales				
Proyecto : Canal Secundario Tárraga				
Actividad : Colocado de Rejilla en bocatoma				
Cantidad : 1,00				
Unidad : pza.				
Moneda : Bs				
1 Materiales				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
Barra lisa ϕ 10 mm	kg	3,51	6,30	22,11
Pernos de fijación	pza.	4,00	5,00	20,00
Total Materiales				42,11
2 Mano De Obra				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
Especialista	h	0,50	20,50	10,25
Ayudante	h	2,70	15,00	40,50
Subtotal Mano De Obra				50,75
Cargas Sociales (% del Subtotal de Mano de obra) (55% al 71,18%)		55,00%		27,91
Impuestos IVA MO (% de Suma de Subtotal de MO + Cargas Sociales)		14,94%		11,75
Total Mano De Obra				90,41
3 Equipo, Maquinaria Y Herramientas				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
Soldadora	h	1,00	10,00	10,00
* Herramientas = % del Total de Mano de Obra		5,00%		4,52
Total Equipo, Maquinaria Y Herramientas				14,52
4 Gastos Generales Y Administrativos				
* Gastos generales (% de 1+2+3)		10,00%		14,70
Total Gastos Generales Y Administrativos				14,70
5 Utilidad				
* Utilidad (% de 1+2+3+4)		15,00%		24,26
Total Utilidad				24,26
6 Impuestos				
* Impuestos IT (% de 1+2+3+4+5)		3,09%		5,75
Total Impuestos				5,75
Total Precio Unitario (1+2+3+4+5+6)				191,76
Total Precio Unitario Adoptado (Con Dos (2) Decimales)				191,76

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 23. Precio unitario de construcción de canal de H°C° en el canal Tárrega.

4 Datos Generales				
Proyecto : Canal Secundario Tárrega Actividad : Construcción de canal H°C° en muro de entrada Cantidad : 2,42 Unidad : m ³ Moneda : Bs				
1 Materiales				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
Cemento Portland	kg	120,00	1,11	133,20
Alambre de amarre	kg	1,00	12,00	12,00
Clavos	kg	1,00	12,50	12,50
Madera de construcción	pie ²	12,00	8,00	96,00
Arena Común	m ³	0,20	120,75	24,15
Grava Común	m ³	0,30	120,75	36,23
Piedra	m ³	0,80	115,00	92,00
Total Materiales				406,08
2 Mano De Obra				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
Albañil	h	5,00	20,50	102,50
Ayudante	h	5,00	15,00	75,00
Subtotal Mano De Obra				177,50
Cargas Sociales (% del Subtotal de Mano de obra) (55% al 71,18%)		55,00%		97,63
Impuestos IVA MO (% de Suma de Subtotal de MO + Cargas Sociales)		14,94%		41,10
Total Mano De Obra				316,23
3 Equipo, Maquinaria Y Herramientas				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
* Herramientas = % del Total de Mano de Obra		5,00%		15,81
Total Equipo, Maquinaria Y Herramientas				15,81
4 Gastos Generales Y Administrativos				
* Gastos generales (% de 1+2+3)		10,00%		73,81
Total Gastos Generales Y Administrativos				73,81
5 Utilidad				
* Utilidad (% de 1+2+3+4)		15,00%		121,79
Total Utilidad				121,79
6 Impuestos				
* Impuestos IT (% de 1+2+3+4+5)		3,09%		28,85
Total Impuestos				28,85
Total Precio Unitario (1+2+3+4+5+6)				962,57
Total Precio Unitario Adoptado (Con Dos (2) Decimales)				962,57

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24. Precio unitario muro de contención tipo gavión cajón en el canal Tárrega.

5 Datos Generales					
Proyecto : Canal Secundario Tárrega Actividad : Muro De Contención (Tipo Gavión cajón) Cantidad : 150,00 Unidad : m ³ Moneda : Bs					
1 Materiales					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
	Gavión 2x1x1 m.	pza.	0,50	230,00	115,00
	Alambre galvanizado	kg	0,50	16,00	8,00
	Piedra	m ³	1,05	115,00	120,75
Total Materiales					243,75
2 Mano De Obra					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
	Albañil	h	3,00	20,50	61,50
	Ayudante	h	3,00	15,00	45,00
Subtotal Mano De Obra					106,50
Cargas Sociales (% del Subtotal de Mano de obra) (55% al 71,18%)			55,00%		58,58
Impuestos IVA MO (% de Suma de Subtotal de MO + Cargas Sociales)			14,94%		24,66
Total Mano De Obra					189,74
3 Equipo, Maquinaria Y Herramientas					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
*	Herramientas = % del Total de Mano de Obra		5,00%		9,49
Total Equipo, Maquinaria Y Herramientas					9,49
4 Gastos Generales Y Administrativos					
*	Gastos generales (% de 1+2+3)		10,00%		44,30
Total Gastos Generales Y Administrativos					44,30
5 Utilidad					
*	Utilidad (% de 1+2+3+4)		15,00%		73,09
Total Utilidad					73,09
6 Impuestos					
*	Impuestos IT (% de 1+2+3+4+5)		3,09%		17,32
Total Impuestos					17,32
Total Precio Unitario (1+2+3+4+5+6)					577,68
Total Precio Unitario Adoptado (Con Dos (2) Decimales)					577,68

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25. Precio unitario muro de contención tipo gavión colchón en el canal Tárraga.

6 Datos Generales					
Proyecto : Canal Secundario Tárraga Actividad : Muro De Contención (Tipo Gavión colchón) Cantidad : 30,00 Unidad : m ³ Moneda : Bs					
1 Materiales					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
	Gavión colchoneta 5x2x0,3m	pza.	0,33	560,00	184,80
	Alambre Galvanizado	kg	2,00	16,00	32,00
	Piedra	m ³	1,05	115,00	120,75
Total Materiales					337,55
2 Mano De Obra					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
	Albañil	h	4,50	20,50	92,25
	Ayudante	h	5,00	15,00	75,00
Subtotal Mano De Obra					167,25
Cargas Sociales (% del Subtotal de Mano de obra) (55% al 71,18%)			55,00%		91,99
Impuestos IVA MO (% de Suma de Subtotal de MO + Cargas Sociales)			14,94%		38,73
Total Mano De Obra					297,97
3 Equipo, Maquinaria Y Herramientas					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
*	Herramientas = % del Total de Mano de Obra		5,00%		14,90
Total Equipo, Maquinaria Y Herramientas					14,90
4 Gastos Generales Y Administrativos					
*	Gastos generales (% de 1+2+3)		10,00%		65,04
Total Gastos Generales Y Administrativos					65,04
5 Utilidad					
*	Utilidad (% de 1+2+3+4)		15,00%		107,32
Total Utilidad					107,32
6 Impuestos					
*	Impuestos IT (% de 1+2+3+4+5)		3,09%		25,42
Total Impuestos					25,42
Total Precio Unitario (1+2+3+4+5+6)					848,20
Total Precio Unitario Adoptado (Con Dos (2) Decimales)					848,20

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 26. Precio unitario colocado de compuerta de purga en el canal Tárrega.

7 Datos Generales					
Proyecto : Canal Secundario Tárrega Actividad : Colocado de compuerta de purga. Cantidad : 1,00 Unidad : pza. Moneda : Bs					
1 Materiales					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
	Plancha de acero 3mm	m ²	0,06	305,00	18,30
	Pletina 3x20mm	m	0,80	7,30	5,84
	Cemento Portland	kg	5,00	1,11	5,55
	Alambre de amarre	kg	0,50	12,00	6,00
	Clavos	kg	0,50	12,50	6,25
	Madera de construcción	pie ²	2,00	8,00	16,00
	Arena Común	m ³	0,01	120,75	0,65
	Grava Común	m ³	0,01	120,75	1,38
Total Materiales					59,97
2 Mano De Obra					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
	Albañil	h	4,00	20,50	82,00
	Ayudante	h	4,00	15,00	60,00
Subtotal Mano De Obra					142,00
Cargas Sociales (% del Subtotal de Mano de obra) (55% al 71,18%)			55,00%		78,10
Impuestos IVA MO (% de Suma de Subtotal de MO + Cargas Sociales)			14,94%		32,88
Total Mano De Obra					252,98
3 Equipo, Maquinaria Y Herramientas					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
	Soldadora	h	1,00	10,00	10,00
*	Herramientas = % del Total de Mano de Obra		5,00%		12,65
Total Equipo, Maquinaria Y Herramientas					22,65
4 Gastos Generales Y Administrativos					
*	Gastos generales (% de 1+2+3)		10,00%		33,56
Total Gastos Generales Y Administrativos					33,56
5 Utilidad					
*	Utilidad (% de 1+2+3+4)		15,00%		55,37
Total Utilidad					55,37
6 Impuestos					
*	Impuestos IT (% de 1+2+3+4+5)		3,09%		13,12
Total Impuestos					13,12
Total Precio Unitario (1+2+3+4+5+6)					437,65
Total Precio Unitario Adoptado (Con Dos (2) Decimales)					437,65

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 27. Precio unitario refacción con H°C° en el canal Tárraga.

8 Datos Generales				
Proyecto : Canal Secundario Tárraga Actividad : Refacción De Canal H°C° Cantidad : 7,05 Unidad : m ³ Moneda : Bs				
1 Materiales				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
Cemento Portland	kg	120,00	1,11	133,20
Arena Común	m ³	0,20	120,75	24,15
Grava Común	m ³	0,30	120,75	36,23
Piedra	m ³	0,80	115,00	92,00
Total Materiales				285,58
2 Mano De Obra				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
Albañil	h	5,00	20,50	102,50
Ayudante	h	5,00	15,00	75,00
Subtotal Mano De Obra				177,50
Cargas Sociales (% del Subtotal de Mano de obra) (55% al 71,18%)		55,00%		97,63
Impuestos IVA MO (% de Suma de Subtotal de MO + Cargas Sociales)		14,94%		41,10
Total Mano De Obra				316,23
3 Equipo, Maquinaria Y Herramientas				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
* Herramientas = % del Total de Mano de Obra		5,00%		15,81
Total Equipo, Maquinaria Y Herramientas				15,81
4 Gastos Generales Y Administrativos				
* Gastos generales (% de 1+2+3)		10,00%		61,76
Total Gastos Generales Y Administrativos				61,76
5 Utilidad				
* Utilidad (% de 1+2+3+4)		15,00%		101,91
Total Utilidad				101,91
6 Impuestos				
* Impuestos IT (% de 1+2+3+4+5)		3,09%		24,14
Total Impuestos				24,14
Total Precio Unitario (1+2+3+4+5+6)				805,42
Total Precio Unitario Adoptado (Con Dos (2) Decimales)				805,42

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 28. Precio unitario de limpieza de obra de toma en el canal de trasvase.

9 Datos Generales				
Proyecto : Canal Principal De Traslase Actividad : Limpieza De Obra De Toma Con Retroexcavadora Cantidad : 150,00 Unidad : m ³ Moneda : Bs				
1 Materiales				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
Total Materiales				0,00
2 Mano De Obra				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
Ayudante	h	0,05	15,00	0,75
Operador	h	0,01	23,00	0,16
Subtotal Mano De Obra				0,91
Cargas Sociales (% del Subtotal de Mano de obra) (55% al 71,18%)		55,00%		0,50
Impuestos IVA MO (% de Suma de Subtotal de MO + Cargas Sociales)		14,94%		0,21
Total Mano De Obra				1,62
3 Equipo, Maquinaria Y Herramientas				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
Retroexcavadora	h	0,06	210,00	12,60
Volqueta 12 m ³	h	0,08	160,00	12,80
* Herramientas = % del Total de Mano de Obra		5,00%		0,08
Total Equipo, Maquinaria Y Herramientas				25,48
4 Gastos Generales Y Administrativos				
* Gastos generales (% de 1+2+3)		10,00%		2,71
Total Gastos Generales Y Administrativos				2,71
5 Utilidad				
* Utilidad (% de 1+2+3+4)		15,00%		4,47
Total Utilidad				4,47
6 Impuestos				
* Impuestos IT (% de 1+2+3+4+5)		3,09%		1,06
Total Impuestos				1,06
Total Precio Unitario (1+2+3+4+5+6)				35,35
Total Precio Unitario Adoptado (Con Dos (2) Decimales)				35,35

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29. Precio unitario de limpieza de desarenador en el canal de trasvase.

10 Datos Generales					
Proyecto : Canal Principal De Traslase Actividad : Limpieza de sedimentos en Desarenador Cantidad : 287,98 Unidad : m ³ Moneda : Bs					
1 Materiales					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
Total Materiales					0,00
2 Mano De Obra					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
Peón		h	0,50	12,50	6,25
Ayudante		h	1,50	15,00	22,50
Subtotal Mano De Obra					28,75
Cargas Sociales (% del Subtotal de Mano de obra) (55% al 71,18%)			55,00%		15,81
Impuestos IVA MO (% de Suma de Subtotal de MO + Cargas Sociales)			14,94%		6,66
Total Mano De Obra					51,22
3 Equipo, Maquinaria Y Herramientas					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
* Herramientas = % del Total de Mano de Obra			5,00%		2,56
Total Equipo, Maquinaria Y Herramientas					2,56
4 Gastos Generales Y Administrativos					
* Gastos generales (% de 1+2+3)			10,00%		5,38
Total Gastos Generales Y Administrativos					5,38
5 Utilidad					
* Utilidad (% de 1+2+3+4)			15,00%		8,87
Total Utilidad					8,87
6 Impuestos					
* Impuestos IT (% de 1+2+3+4+5)			3,09%		2,10
Total Impuestos					2,10
Total Precio Unitario (1+2+3+4+5+6)					70,14
Total Precio Unitario Adoptado (Con Dos (2) Decimales)					70,14

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 30. Precio unitario de limpieza de canal en el canal de trasvase.

11 Datos Generales				
Proyecto : Canal Principal De Traslase Actividad : Limpieza de sedimentos del Canal Cantidad : 220,46 Unidad : m ³ Moneda : Bs				
1 Materiales				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
Total Materiales				0,00
2 Mano De Obra				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
Peón	h	0,50	12,50	6,25
Ayudante	h	1,50	15,00	22,50
Subtotal Mano De Obra				28,75
Cargas Sociales (% del Subtotal de Mano de obra) (55% al 71,18%)		55,00%		15,81
Impuestos IVA MO (% de Suma de Subtotal de MO + Cargas Sociales)		14,94%		6,66
Total Mano De Obra				51,22
3 Equipo, Maquinaria Y Herramientas				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
* Herramientas = % del Total de Mano de Obra		5,00%		2,56
Total Equipo, Maquinaria Y Herramientas				2,56
4 Gastos Generales Y Administrativos				
* Gastos generales (% de 1+2+3)		10,00%		5,38
Total Gastos Generales Y Administrativos				5,38
5 Utilidad				
* Utilidad (% de 1+2+3+4)		15,00%		8,87
Total Utilidad				8,87
6 Impuestos				
* Impuestos IT (% de 1+2+3+4+5)		3,09%		2,10
Total Impuestos				2,10
Total Precio Unitario (1+2+3+4+5+6)				70,14
Total Precio Unitario Adoptado (Con Dos (2) Decimales)				70,14

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 31. Precio unitario de limpieza cámara de entrada a sifón en el canal de trasvase.

12 Datos Generales					
Proyecto : Canal Principal De Traslase Actividad : Limpieza Cámara de Entrada De Sifón Cantidad : 7,00 Unidad : glb. Moneda : Bs					
1 Materiales					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
Total Materiales					0,00
2 Mano De Obra					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
	Peón	h	0,50	12,50	6,25
	Ayudante	h	0,50	15,00	7,50
Subtotal Mano De Obra					13,75
Cargas Sociales (% del Subtotal de Mano de obra) (55% al 71,18%)			55,00%		7,56
Impuestos IVA MO (% de Suma de Subtotal de MO + Cargas Sociales)			14,94%		3,18
Total Mano De Obra					24,50
3 Equipo, Maquinaria Y Herramientas					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
*	Herramientas = % del Total de Mano de Obra		5,00%		1,22
Total Equipo, Maquinaria Y Herramientas					1,22
4 Gastos Generales Y Administrativos					
*	Gastos generales (% de 1+2+3)		10,00%		2,57
Total Gastos Generales Y Administrativos					2,57
5 Utilidad					
*	Utilidad (% de 1+2+3+4)		15,00%		4,24
Total Utilidad					4,24
6 Impuestos					
*	Impuestos IT (% de 1+2+3+4+5)		3,09%		1,01
Total Impuestos					1,01
Total Precio Unitario (1+2+3+4+5+6)					33,54
Total Precio Unitario Adoptado (Con Dos (2) Decimales)					33,54

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 32. Precio unitario deshierbe en las bermas del canal de trasvase.

13	Datos Generales				
Proyecto : Canal Principal De Traslase Actividad : Deshierbe en las bermas del canal Cantidad : 7.063,80 Unidad : m2 Moneda : Bs					
1 Materiales					
	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
Total Materiales					0,00
2 Mano De Obra					
	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
	Peón	h	0,01	12,50	0,13
	Ayudante	h	0,01	15,00	0,15
Subtotal Mano De Obra					0,28
Cargas Sociales (% del Subtotal de Mano de obra) (55% al 71,18%)			55,00%		0,15
Impuestos IVA MO (% de Suma de Subtotal de MO + Cargas Sociales)			14,94%		0,06
Total Mano De Obra					0,49
3 Equipo, Maquinaria Y Herramientas					
	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
*	Herramientas = % del Total de Mano de Obra		5,00%		0,02
Total Equipo, Maquinaria Y Herramientas					0,02
4 Gastos Generales Y Administrativos					
*	Gastos generales (% de 1+2+3)		10,00%		0,05
Total Gastos Generales Y Administrativos					0,05
5 Utilidad					
*	Utilidad (% de 1+2+3+4)		15,00%		0,08
Total Utilidad					0,08
6 Impuestos					
*	Impuestos IT (% de 1+2+3+4+5)		3,09%		0,02
Total Impuestos					0,02
Total Precio Unitario (1+2+3+4+5+6)					0,67
Total Precio Unitario Adoptado (Con Dos (2) Decimales)					0,67

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 33. Precio unitario repintado de progresivas del canal de trasvase.

14 Datos Generales					
Proyecto : Canal Principal De Traslase Actividad : Repintado de progresivas Cantidad : 6,84 Unidad : m ² Moneda : Bs					
1 Materiales					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
	Pintura látex	Galón	0,10	100,00	10,00
Total Materiales					10,00
2 Mano De Obra					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
	Especialista	h	0,50	20,50	10,25
	Ayudante	h	0,50	15,00	7,50
Subtotal Mano De Obra					17,75
Cargas Sociales (% del Subtotal de Mano de obra) (55% al 71,18%)			55,00%		9,76
Impuestos IVA MO (% de Suma de Subtotal de MO + Cargas Sociales)			14,94%		4,11
Total Mano De Obra					31,62
3 Equipo, Maquinaria Y Herramientas					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
*	Herramientas = % del Total de Mano de Obra		5,00%		1,58
Total Equipo, Maquinaria Y Herramientas					1,58
4 Gastos Generales Y Administrativos					
*	Gastos generales (% de 1+2+3)		10,00%		4,32
Total Gastos Generales Y Administrativos					4,32
5 Utilidad					
*	Utilidad (% de 1+2+3+4)		15,00%		7,13
Total Utilidad					7,13
6 Impuestos					
*	Impuestos IT (% de 1+2+3+4+5)		3,09%		1,69
Total Impuestos					1,69
Total Precio Unitario (1+2+3+4+5+6)					56,34
Total Precio Unitario Adoptado (Con Dos (2) Decimales)					56,34

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 34. Precio unitario pintura anticorrosiva en tapas y válvulas en el canal de trasvase.

15 Datos Generales				
Proyecto : Canal Principal De Traslase Actividad : Pintura anticorrosiva en tapas metálicas y válvulas Cantidad : 30,73 Unidad : m ² Moneda : Bs				
1 Materiales				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
Pintura anticorrosiva	Galón	0,05	162,00	8,10
Lija	Hoja	0,40	1,50	0,60
Total Materiales				8,70
2 Mano De Obra				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
Especialista	h	0,50	20,50	10,25
Ayudante	h	0,50	15,00	7,50
Subtotal Mano De Obra				17,75
Cargas Sociales (% del Subtotal de Mano de obra) (55% al 71,18%)		55,00%		9,76
Impuestos IVA MO (% de Suma de Subtotal de MO + Cargas Sociales)		14,94%		4,11
Total Mano De Obra				31,62
3 Equipo, Maquinaria Y Herramientas				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
* Herramientas = % del Total de Mano de Obra		5,00%		1,58
Total Equipo, Maquinaria Y Herramientas				1,58
4 Gastos Generales Y Administrativos				
* Gastos generales (% de 1+2+3)		10,00%		4,19
Total Gastos Generales Y Administrativos				4,19
5 Utilidad				
* Utilidad (% de 1+2+3+4)		15,00%		6,91
Total Utilidad				6,91
6 Impuestos				
* Impuestos IT (% de 1+2+3+4+5)		3,09%		1,64
Total Impuestos				1,64
Total Precio Unitario (1+2+3+4+5+6)				54,65
Total Precio Unitario Adoptado (Con Dos (2) Decimales)				54,65

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 35. Precio unitario compuerta de limpieza de desarenador en el canal de trasvase.

16 Datos Generales					
Proyecto : Canal Principal De Traslase Actividad : Compuerta de limpieza del desarenador Cantidad : 8,00 Unidad : pza. Moneda : Bs.					
1 Materiales					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
Plancha de acero 1/4"		m ²	0,27	305,00	82,35
Perfil angular 2"x2"x1/4"		m	10,70	13,33	142,63
Tubo F°G° 3/4"		m	1,00	15,00	15,00
Tornillo sin fin 1"		m	2,40	20,00	48,00
Total Materiales					287,98
2 Mano De Obra					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
Especialista		h	12,00	20,50	246,00
Ayudante		h	12,00	15,00	180,00
Subtotal Mano De Obra					426,00
Cargas Sociales (% del Subtotal de Mano de obra) (55% al 71,18%)			55,00%		234,30
Impuestos IVA MO (% de Suma de Subtotal de MO + Cargas Sociales)			14,94%		98,65
Total Mano De Obra					758,95
3 Equipo, Maquinaria Y Herramientas					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
Soldadora		h	8,00	10,00	80,00
* Herramientas = % del Total de Mano de Obra			5,00%		37,95
Total Equipo, Maquinaria Y Herramientas					117,95
4 Gastos Generales Y Administrativos					
* Gastos generales (% de 1+2+3)			10,00%		116,49
Total Gastos Generales Y Administrativos					116,49
5 Utilidad					
* Utilidad (% de 1+2+3+4)			15,00%		192,20
Total Utilidad					192,20
6 Impuestos					
* Impuestos IT (% de 1+2+3+4+5)			3,09%		45,53
Total Impuestos					45,53
Total Precio Unitario (1+2+3+4+5+6)					1.519,10
Total Precio Unitario Adoptado (Con Dos (2) Decimales)					1.519,10

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 36. Precio unitario canal de limpieza de desarenador en el sistema de trasvase.

17 Datos Generales				
Proyecto : Canal Principal De Traslase				
Actividad : Canal de limpieza de desarenador H°C°				
Cantidad : 32,36				
Unidad : m ³				
Moneda : Bs				
1 Materiales				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
Cemento Portland	kg	120,00	1,11	133,20
Alambre de amarre	kg	1,00	12,00	12,00
Clavos	kg	1,00	12,50	12,50
Madera de construcción	pie ²	12,00	8,00	96,00
Arena Común	m ³	0,20	120,75	24,15
Grava Común	m ³	0,30	120,75	36,23
Piedra	m ³	0,80	115,00	92,00
Total Materiales				406,08
2 Mano De Obra				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
Albañil	h	5,00	20,50	102,50
Ayudante	h	5,00	15,00	75,00
Subtotal Mano De Obra				177,50
Cargas Sociales (% del Subtotal de Mano de obra) (55% al 71,18%)		55,00%		97,63
Impuestos IVA MO (% de Suma de Subtotal de MO + Cargas Sociales)		14,94%		41,10
Total Mano De Obra				316,23
3 Equipo, Maquinaria Y Herramientas				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
* Herramientas = % del Total de Mano de Obra		5,00%		15,81
Total Equipo, Maquinaria Y Herramientas				15,81
4 Gastos Generales Y Administrativos				
* Gastos generales (% de 1+2+3)		10,00%		73,81
Total Gastos Generales Y Administrativos				73,81
5 Utilidad				
* Utilidad (% de 1+2+3+4)		15,00%		121,79
Total Utilidad				121,79
6 Impuestos				
* Impuestos IT (% de 1+2+3+4+5)		3,09%		28,85
Total Impuestos				28,85
Total Precio Unitario (1+2+3+4+5+6)				962,57
Total Precio Unitario Adoptado (Con Dos (2) Decimales)				962,57

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 37. Precio unitario lubricado y engrasado de tapas y válvulas en el canal de trasvase.

18 Datos Generales					
Proyecto : Canal Principal De Traslase					
Actividad : Lubricado y engrasado de tapas metálicas y válvulas					
Cantidad : 31,00					
Unidad : gb.					
Moneda : Bs					
1 Materiales					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
	Grasa	kg	0,40	20,00	8,00
	Lubricante	l	0,20	15,00	3,00
Total Materiales					11,00
2 Mano De Obra					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
	Especialista	h	0,20	20,50	4,10
	Ayudante	h	0,20	15,00	3,00
Subtotal Mano De Obra					7,10
Cargas Sociales (% del Subtotal de Mano de obra) (55% al 71,18%)			55,00%		3,91
Impuestos IVA MO (% de Suma de Subtotal de MO + Cargas Sociales)			14,94%		1,64
Total Mano De Obra					12,65
3 Equipo, Maquinaria Y Herramientas					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
*	Herramientas = % del Total de Mano de Obra		5,00%		0,63
Total Equipo, Maquinaria Y Herramientas					0,63
4 Gastos Generales Y Administrativos					
*	Gastos generales (% de 1+2+3)		10,00%		2,43
Total Gastos Generales Y Administrativos					2,43
5 Utilidad					
*	Utilidad (% de 1+2+3+4)		15,00%		4,01
Total Utilidad					4,01
6 Impuestos					
*	Impuestos IT (% de 1+2+3+4+5)		3,09%		0,95
Total Impuestos					0,95
Total Precio Unitario (1+2+3+4+5+6)					31,67
Total Precio Unitario Adoptado (Con Dos (2) Decimales)					31,67

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 38. Precio unitario de zanjas de coronación en el canal de trasvase.

19 Datos Generales					
Proyecto : Canal Secundario Tárrega Actividad : Zanja de coronación H°C° Cantidad : 147,20 Unidad : m ³ Moneda : Bs					
1 Materiales					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
	Cemento Portland	kg	120,00	1,11	133,20
	Alambre de amarre	kg	1,00	12,00	12,00
	Clavos	kg	1,00	12,50	12,50
	Madera de construcción	pie ²	12,00	8,00	96,00
	Arena Común	m ³	0,20	120,75	24,15
	Grava Común	m ³	0,30	120,75	36,23
	Piedra	m ³	0,80	115,00	92,00
Total Materiales					406,08
2 Mano De Obra					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
	Albañil	h	5,00	20,50	102,50
	Ayudante	h	5,00	15,00	75,00
Subtotal Mano De Obra					177,50
Cargas Sociales (% del Subtotal de Mano de obra) (55% al 71,18%)			55,00%		97,63
Impuestos IVA MO (% de Suma de Subtotal de MO + Cargas Sociales)			14,94%		41,10
Total Mano De Obra					316,23
3 Equipo, Maquinaria Y Herramientas					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
					0,00
*	Herramientas = % del Total de Mano de Obra		5,00%		15,81
Total Equipo, Maquinaria Y Herramientas					15,81
4 Gastos Generales Y Administrativos					
*	Gastos generales (% de 1+2+3)		10,00%		73,81
Total Gastos Generales Y Administrativos					73,81
5 Utilidad					
*	Utilidad (% de 1+2+3+4)		15,00%		121,79
Total Utilidad					121,79
6 Impuestos					
*	Impuestos IT (% de 1+2+3+4+5)		3,09%		28,85
Total Impuestos					28,85
Total Precio Unitario (1+2+3+4+5+6)					962,57
Total Precio Unitario Adoptado (Con Dos (2) Decimales)					962,57

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 39. Precio unitario muro de contención tipo gavión cajón en el canal Tárrega.

20 Datos Generales					
Proyecto : Canal Principal De Traslase Actividad : Muro De Contención (Tipo Gavión cajón) Cantidad : 600,00 Unidad : m ³ Moneda : Bs					
1 Materiales					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
	Gavión 2x1x1 m.	pza.	0,50	230,00	115,00
	Alambre galvanizado	kg	0,50	16,00	8,00
	Piedra	m ³	1,05	115,00	120,75
Total Materiales					243,75
2 Mano De Obra					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
	Albañil	h	3,00	20,50	61,50
	Ayudante	h	3,00	15,00	45,00
Subtotal Mano De Obra					106,50
Cargas Sociales (% del Subtotal de Mano de obra) (55% al 71,18%)			55,00%		58,58
Impuestos IVA MO (% de Suma de Subtotal de MO + Cargas Sociales)			14,94%		24,66
Total Mano De Obra					189,74
3 Equipo, Maquinaria Y Herramientas					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
*	Herramientas = % del Total de Mano de Obra		5,00%		9,49
Total Equipo, Maquinaria Y Herramientas					9,49
4 Gastos Generales Y Administrativos					
*	Gastos generales (% de 1+2+3)		10,00%		44,30
Total Gastos Generales Y Administrativos					44,30
5 Utilidad					
*	Utilidad (% de 1+2+3+4)		15,00%		73,09
Total Utilidad					73,09
6 Impuestos					
*	Impuestos IT (% de 1+2+3+4+5)		3,09%		17,32
Total Impuestos					17,32
Total Precio Unitario (1+2+3+4+5+6)					577,68
Total Precio Unitario Adoptado (Con Dos (2) Decimales)					577,68

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 40. Precio unitario muro de contención tipo gavión colchón en el canal Tárraga.

21 Datos Generales					
Proyecto : Canal Secundario Tárraga Actividad : Muro De Contención (Tipo Gavión colchón) Cantidad : 120,00 Unidad : m ³ Moneda : Bs					
1 Materiales					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
	Gavión colchoneta 5x2x0,3m	pza.	0,33	560,00	184,80
	Alambre Galvanizado	kg	2,00	16,00	32,00
	Piedra	m ³	1,05	115,00	120,75
Total Materiales					337,55
2 Mano De Obra					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
	Albañil	h	5,00	20,50	102,50
	Ayudante	h	5,00	15,00	75,00
Subtotal Mano De Obra					177,50
Cargas Sociales (% del Subtotal de Mano de obra) (55% al 71,18%)			55,00%		97,63
Impuestos IVA MO (% de Suma de Subtotal de MO + Cargas Sociales)			14,94%		41,10
Total Mano De Obra					316,23
3 Equipo, Maquinaria Y Herramientas					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
*	Herramientas = % del Total de Mano de Obra		5,00%		15,81
Total Equipo, Maquinaria Y Herramientas					15,81
4 Gastos Generales Y Administrativos					
*	Gastos generales (% de 1+2+3)		10,00%		66,96
Total Gastos Generales Y Administrativos					66,96
5 Utilidad					
*	Utilidad (% de 1+2+3+4)		15,00%		110,48
Total Utilidad					110,48
6 Impuestos					
*	Impuestos IT (% de 1+2+3+4+5)		3,09%		26,17
Total Impuestos					26,17
Total Precio Unitario (1+2+3+4+5+6)					873,20
Total Precio Unitario Adoptado (Con Dos (2) Decimales)					873,20

Fuente: Elaboración propia.

5.9.2.6. Presupuesto

En general el presupuesto es el cálculo anticipado del costo, fruto del diagnóstico del estado de la obra, o de una de sus partes, en este caso el presupuesto de mantenimiento ejecutado por las autoridades competentes.

Tabla 41. Presupuesto total del mantenimiento.

Presupuesto General					
N° Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Bs.)	Precio Total (Bs.)
Canal de riego Tárraga					124.477,83
Bocatoma de canal de riego Tárraga					385,35
1	Limpieza de sedimentos bocatoma	m ³	2,76	70,14	193,59
2	Colocado de Rejilla en bocatoma	pza.	1,00	191,76	191,76
Canal progresiva 0+000 a 0+050					2.458,67
3	Construcción de canal H°C° en muro de entrada	m ³	2,42	962,57	2.324,61
4	Limpieza de sedimentos del canal progresiva 0+000 a 0+050	m ³	1,05	70,14	73,65
5	Refacción De Canal H°S° progresiva 0+000 a 0+010	m ³	0,08	805,42	60,41
Canal progresiva 0+050 a 0+150					113.248,65
6	Refacción De Canal H°S° progresiva 0+050 a 0+061	m ³	0,88	805,42	708,77
7	Limpieza de sedimentos del canal progresiva 0+050 a 0+150	m ³	6,30	70,14	441,88
8	Muro De Contención (Tipo Gavión cajón) prog. 0+100 a 0+150	m ³	150,00	577,68	86.652,00
9	Muro De Contención (Tipo Gavión colchón) prog. 0+100 a 0+150	m ³	30,00	848,20	25.446,00
Canal progresiva 0+150 a 0+250					2.850,79
10	Limpieza de sedimentos del canal progresiva 0+150 a 0+250	m ³	6,60	70,14	462,92
11	Refacción De Canal H°S° progresiva 0+150 a 0+250	m ³	0,09	805,42	72,49
12	Desarenador H°A° progresiva 0+210	pza.	1,00	2.315,38	2.315,38
Canal progresiva 0+250 a 0+400					4.990,34
13	Limpieza de sedimentos del canal progresiva 0+250 a 0+400	m ³	2,25	70,14	157,82
14	Refacción De Canal H°S° progresiva 0+250 a 0+400	m ³	6,00	805,42	4.832,52
Canal progresiva 0+400 a 0+501,11					544,03
15	Limpieza de sedimentos del canal progresiva 0+400 a 0+501,11	m ³	1,52	70,14	106,38
16	Colocado de compuerta de purga.	pza.	1,00	437,65	437,65
Canal de Adución de Traslase					685.378,27
Obra de toma					5.359,32
17	Limpieza De Obra De Toma Con Retroexcavadora	m ³	150,00	35,35	5.301,93
18	Pintura anticorrosiva en rejilla de bocatoma	m ²	1,05	54,65	57,38
Despedrador progresiva 0+000					351,37
19	Pintura anticorrosiva compuerta despedrador	m ²	5,85	54,65	319,70
20	Lubricado y engrasado compuerta despedrador	glb.	1,00	31,67	31,67
Canal progresiva 0+000 a 0+076					360,65
21	Limpieza de sedimentos del canal progresiva 0+000 a 0+076	m ³	2,96	70,14	207,89
22	Deshierbe en las bermas del canal progresiva 0+000 a 0+076	m ²	228,00	0,67	152,76

	Desarenador N° 1 progresiva 0+076				17.496,02
23	Limpieza de sedimentos en Desarenador N° 1 progresiva 0+076	m ³	28,08	70,14	1.969,53
24	Deshierbe en desarenador N° 1	m ²	18,72	0,67	12,54
25	Pintura anticorrosiva en tapas metálicas y válvulas desarenador N° 1	m ²	1,29	54,65	70,50
26	Lubricado y engrasado de tapa metálica y válvula desarenador N° 1	glb.	2,00	31,67	63,34
27	Compuerta de limpieza del desarenador N° 1	pza.	1,00	1.519,10	1.519,10
28	Canal H°C° de limpieza de desarenador N° 1	m ³	14,40	962,57	13.861,01
	Canal progresiva 0+090,50 a 1+000				220.119,67
29	Limpieza de sedimentos del canal progresiva 0+090,50 a 1+000	m ³	47,29	70,14	3.317,20
30	Deshierbe en las bermas del canal progresiva 0+090,50 a 0+500	m ²	1.228,50	0,67	823,10
31	Muro De Contención (Tipo Gavión cajón) Prog. 0+320 a 0+400	m ³	240,00	577,68	138.643,20
32	Muro De Contención (Tipo Gavión colchón) Prog. 0+320 a 0+400	m ³	48,00	873,20	41.913,60
33	Zanja de coronación H°C° progresiva 0+240 a 0+320	m ³	36,80	962,57	35.422,58
	Canal progresiva 1+000 a 1+542				1.398,80
34	Limpieza de sedimentos del canal progresiva 1+000 a 1+542	m ³	13,01	70,14	912,38
35	Deshierbe en las bermas del canal progresiva 1+300 a 1+542	m ²	726,00	0,67	486,42
	Desarenador N° 2 progresiva 1+542				7.924,70
36	Limpieza de sedimentos en Desarenador N° 2 progresiva 1+542	m ³	37,13	70,14	2.604,16
37	Limpieza cámara de entrada de sifón del desarenador N° 2	glb.	1,00	33,54	33,54
38	Pintura anticorrosiva en tapas metálicas y válvulas desarenador N° 2	m ²	1,29	54,65	70,50
39	Pintura anticorrosiva en tapa metálica y válvula sifón N° 1	m ²	1,93	54,65	105,47
40	Lubricado y engrasado de tapa metálica y válvula desarenador N° 2	glb.	2,00	31,67	63,34
41	Lubricado y engrasado de tapas metálicas y válvulas sifón N° 1	glb.	2,00	31,67	63,34
42	Compuerta de limpieza del desarenador N° 2	pza.	1,00	1.519,10	1.519,10
43	Canal H°C° de limpieza de desarenador N° 2	m ³	3,60	962,57	3.465,25
	Desarenador N° 3 progresiva 3+061,40				5.706,94
44	Limpieza de sedimentos en Desarenador N° 3 progresiva 3+061,40	m ³	37,13	70,14	2.604,16
45	Limpieza cámara de entrada de sifón del desarenador N° 3	glb.	1,00	33,54	33,54
46	Pintura anticorrosiva en tapas metálicas y válvulas desarenador N° 3	m ²	1,29	54,65	70,50
47	Pintura anticorrosiva en tapas metálicas y válvulas sifón N° 2	m ²	1,93	54,65	105,47
48	Lubricado y engrasado de tapa metálica y válvula desarenador N° 3	glb.	2,00	31,67	63,34
49	Lubricado y engrasado de tapas metálicas y válvulas sifón N° 2	glb.	2,00	31,67	63,34
50	Compuerta de limpieza del desarenador N° 3	pza.	1,00	1.519,10	1.519,10
51	Canal H°C° de limpieza de desarenador N° 3	m ³	1,30	962,57	1.247,49
	Canal progresiva 3+180 a 3+779,95				1.383,27
52	Limpieza de sedimentos del canal progresiva 3+180 a 3+779,95	m ³	11,70	70,14	820,57
53	Deshierbe en las bermas del canal progresiva 3+500 a 3+779,95	m ²	839,85	0,67	562,70
	Desarenador N° 4 progresiva 3+779,95				6.192,08
54	Limpieza de sedimentos en Desarenador N° 4 progresiva 3+779,95	m ³	37,13	70,14	2.604,16
55	Limpieza cámara de entrada de sifón del desarenador N° 4	glb.	1,00	33,54	33,54
56	Pintura anticorrosiva en tapas metálicas y válvulas desarenador N° 4	m ²	1,29	54,65	70,50
57	Pintura anticorrosiva en tapas metálicas y válvulas sifón N° 3	m ²	1,93	54,65	105,47
58	Lubricado y engrasado de tapa metálica y válvula desarenador N° 4	glb.	2,00	31,67	63,34
59	Lubricado y engrasado de tapas metálicas y válvulas sifón N° 3	glb.	2,00	31,67	63,34
60	Compuerta de limpieza del desarenador N° 4	pza.	1,00	1.519,10	1.519,10
61	Canal H°C° de limpieza de desarenador N° 4	m ³	1,80	962,57	1.732,63
	Desarenador N° 5 progresiva 4+648,90				5.152,50
62	Limpieza de sedimentos en Desarenador N° 5 progresiva 4+648,90	m ³	37,13	70,14	2.604,16
63	Limpieza cámara de entrada de sifón del desarenador N° 5	glb.	1,00	33,54	33,54
64	Pintura anticorrosiva en tapas metálicas y válvulas desarenador N° 5	m ²	1,29	54,65	70,50
65	Pintura anticorrosiva en tapas metálicas y válvulas sifón N° 4	m ²	1,93	54,65	105,47
66	Lubricado y engrasado de tapa metálica y válvula desarenador N° 5	glb.	2,00	31,67	63,34
67	Lubricado y engrasado de tapas metálicas y válvulas sifón N° 4	glb.	2,00	31,67	63,34
68	Compuerta de limpieza del desarenador N° 5	pza.	1,00	1.519,10	1.519,10
69	Canal H°C° de limpieza de desarenador N° 5	m ³	0,72	962,57	693,05

	Desarenador N° 6 progresiva 5+077,10				13.122,58
70	Limpieza de sedimentos en Desarenador N° 6 progresiva 5+077,10	m ³	37,13	70,14	2.604,16
71	Limpieza cámara de entrada de sifón del desarenador N° 6	glb.	1,00	33,54	33,54
72	Pintura anticorrosiva en tapas metálicas y válvulas desarenador N° 6	m ²	1,29	54,65	70,50
73	Pintura anticorrosiva en tapas metálicas y válvulas sifón N° 5	m ²	1,93	54,65	105,47
74	Lubricado y engrasado de tapa metálica y válvula desarenador N° 6	glb.	2,00	31,67	63,34
75	Lubricado y engrasado de tapas metálicas y válvulas sifón N° 5	glb.	2,00	31,67	63,34
76	Compuerta de limpieza del desarenador N° 6	pza.	1,00	1.519,10	1.519,10
77	Canal H°C° de limpieza de desarenador N° 6	m ³	9,00	962,57	8.663,13
	Canal progresiva 5+215,60 a 5+860				1.740,56
78	Limpieza de sedimentos del canal progresiva 5+215,60 a 5+860	m ³	14,50	70,14	1.016,96
79	Deshierbe en las bermas del canal progresiva 5+500 a 5+860	m ²	1.080,00	0,67	723,60
	Canal progresiva 5+860 a 6+738				2.820,24
80	Limpieza de sedimentos del canal progresiva 5+860 a 6+738	m ³	27,66	70,14	1.939,86
81	Deshierbe en las bermas del canal progresiva 6+300 a 6+738	m ²	1.314,00	0,67	880,38
	Desarenador N° 7 progresiva 6+738				5.083,20
82	Limpieza de sedimentos en Desarenador N° 7 progresiva 6+738	m ³	37,13	70,14	2.604,16
83	Limpieza cámara de entrada de sifón del desarenador N° 7	glb.	1,00	33,54	33,54
84	Pintura anticorrosiva en tapa metálica y válvula desarenador N° 7	m ²	1,29	54,65	70,50
85	Pintura anticorrosiva en tapa metálica y válvula sifón N° 6	m ²	1,93	54,65	105,47
86	Lubricado y engrasado de tapa metálica y válvula desarenador N° 7	glb.	2,00	31,67	63,34
87	Lubricado y engrasado de tapa metálica y válvula sifón N° 6	glb.	2,00	31,67	63,34
88	Compuerta de limpieza del desarenador N° 7	pza.	1,00	1.519,10	1.519,10
89	Canal H°C° de limpieza de desarenador N° 7	m ³	0,65	962,57	623,75
	Canal progresiva 7+148 a 7+262,45				302,29
90	Limpieza de sedimentos del canal progresiva 7+148 a 7+262,45	m ³	1,03	70,14	72,25
91	Deshierbe en las bermas del canal progresiva 7+148 a 7+262,45	m ²	343,35	0,67	230,04
	Desarenador N° 8 progresiva 7+262,45				5.325,76
92	Limpieza de sedimentos en Desarenador N° 8 progresiva 7+262,45	m ³	37,13	70,14	2.604,16
93	Limpieza cámara de entrada de sifón del desarenador N° 8	glb.	1,00	33,54	33,54
94	Pintura anticorrosiva en tapas metálicas y válvulas desarenador N° 8	m ²	1,29	54,65	70,50
95	Lubricado y engrasado tapa metálica y válvula desarenador N° 8	glb.	2,00	31,67	63,34
96	Pintura anticorrosiva en tapas metálicas y válvulas sifón N° 7	m ²	1,93	54,65	105,47
97	Lubricado y engrasado de tapa metálica y válvula sifón N°7	glb.	2,00	31,67	63,34
98	Compuerta de limpieza del desarenador N°8	pza.	1,00	1.519,10	1.519,10
99	Canal H°C° de limpieza de desarenador N°8	m ³	0,90	962,57	866,31
	Canal progresiva 7+440,10 a 8+408,050				385.538,31
100	Limpieza de sedimentos del canal progresiva 7+440,10 a 8+408,050	m ³	87,12	70,14	6.110,28
101	Deshierbe en las bermas del canal progresiva 8+100 a 8+408,050	m ²	924,15	0,67	619,18
102	Muro De Contención (Tipo Gavión cajón) prog. 8+160 a 8+280	m ³	360,00	577,68	207.964,80
103	Muro De Contención (Tipo Gavión colchón) prog. 8+160 a 8+280	m ³	72,00	873,20	62.870,40
104	Zanja de coronación H°C° progresiva 8+040 a 8+280	m ³	110,40	962,57	106.267,73
105	Limpieza de sedimentos del canal prog. 8+408,050 a 8+534,70	m ³	15,20	70,14	1.065,99
106	Deshierbe en las bermas del canal progresiva 8+408,050 a 8+534,70	m ²	379,95	0,67	254,57
107	Repintado de progresivas	m ²	6,84	56,34	385,37
				Total:	809.856,10

Fuente: Elaboración propia.

96	Pintura anticorrosiva en tapas metálicas y válvulas sifón N° 7	m ²	75,00	77,00	1,00														
97	Lubricado y engrasado de tapa metálica y válvula sifón N°7	glb.	75,00	78,00	1,00														
98	Compuerta de limpieza del desarenador N°8	pza.	75,00	79,00	1,00														
99	Canal H°C° de limpieza de desarenador N°8	m ³	75,00	80,00	1,00														
100	Limpieza de sedimentos del canal progresiva 7+440,10 a 8+408,050	m ³	75,00	81,00	1,00														
101	Deshierbe en las bermas del canal progresiva 8+100 a 8+408,050	m ²	75,00	82,00	1,00														
102	Muro De Contención (Tipo Gavión cajón) prog. 8+160 a 8+280	m ³	75,00	83,00	1,00														
103	Muro De Contención (Tipo Gavión colchón) prog. 8+160 a 8+280	m ³	75,00	84,00	1,00														
104	Zanja de coronación H°C° progresiva 8+040 a 8+280	m ³	75,00	85,00	1,00														
105	Limpieza de sedimentos del canal prog. 8+408,050 a 8+534,70	m ³	75,00	86,00	1,00														
106	Deshierbe en las bermas del canal progresiva 8+408,050 a 8+534,70	m ²	75,00	87,00	1,00														
107	Repintado de progresivas	m ²	75,00	88,00	1,00														

Fuente: Elaboración propia.

5.9.2.8.- Organización

Un aspecto fundamental de la operación y mantenimiento de un sistema de riego, es la organización de una asociación de usuarios, con las normas, estatutos administrativos, para que sea la responsable permanente de esta actividad. Así también dicha labor será extensiva para facilitar y orientar la necesidad de realizar labores de mantenimiento de las obras e infraestructura del sistema.

Y para ello se plantea la siguiente estructura organizativa para el sistema de trasvase de la presa Calderas de cada una de las comunidades beneficiarias.

Presidente. - Es el que representa al Comité de riego ante cualquier instancia legal, es el nexo ante las Instituciones financiadoras y de asesoramiento técnico que trabajan en la zona, dirige las reuniones de la directiva del Comité y la Asamblea General de usuarios.

Secretario de actas. - Es la persona encargada de llevar el control del libro de actas y toda la documentación de la organización del riego, es responsable de escribir las actas de todas las reuniones de los usuarios.

Vocal o juez auxiliar. - Es la persona encargada de todos los comunicados, avisos y notificaciones que pudiera impartir la directiva del comité. Otra de las funciones es suplir a cualquier miembro de la directiva en caso de ausencia de los mismos.

La organización para el mantenimiento debe estar basada en los criterios de gestión campesina entre estos la transparencia, vocación de servicio, equidad, capacidad de control.

Así, pasada la cosecha debería realizarse el diagnóstico y priorización, seguidamente la cuantificación de recursos, solicitud de cuotas, compra de materiales requeridos y ejecución.

Esta debería constituirse en una rutina para asegurar el mantenimiento de las obras, evitando un deterioro mayor que demandaría mayores inversiones económicas y garantizaría la sostenibilidad del sistema.

Las labores de limpieza anuales serán efectuadas antes del periodo de lluvias y después del periodo de lluvias, y la mano de obra será asumida por los beneficiarios de la presa Calderas, de las comunidades Yesera Sur, Caldera Chica, Barbecho, Santa Ana y Gamoneda, por lo cual no tendrá un precio de mano de obra para el mantenimiento.

Por lo cual se recomienda la frecuencia de mantenimiento del sistema de trasvase de la presa Calderas, como se muestra en la siguiente tabla de presupuesto y mantenimiento anual ejecutado por los beneficiarios, donde se considera solo el costo de los materiales e insumos necesarios.

Tabla 43. Frecuencia a realizar del mantenimiento.

N°	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	COSTO DE MATERIALES E INSUMOS				ACTIVIDAD TOTAL	COSTO MANO DE OBRA	COSTO ANUAL (Bs.)		
			ÍTEM	UNIDAD	P. UNIT.	CANT.				TOTAL	
	CANAL TÁRRAGA								974,93		
1	Obra de toma										
	Inspección de obra de toma	2 veces/año									
	Refeción y mantenimiento obra de toma	1 vez/año	Cemento	kg	1,11	120,00	133,20	249,35	-	249,35	
			Arena	m ³	120,75	0,20	24,15		-		
			Grava	m ³	120,75	0,30			-		
			Piedra	m ³	115,00	0,80	92,00		-		
	Limpieza obra de toma	4 veces/año	Pala	pza.	90,00	1,00	90,00	90,00	-	90,00	
2	Canal										
	Revisión del canal	2 veces/año							-		
	Limpieza de canal	2 veces/año	Pala	pza.	90,00	3,00	270,00	270,00	-	270,00	
	Control de malezas y arbustos	2 veces/año	Machete	pza.	40,00	2,00	80,00	80,00	-	80,00	
	Refeción y mantenimiento del canal	1 vez/año	Cemento	kg	1,11	120,00	133,20	285,58	-	285,58	
			Arena	m ³	120,75	0,20	24,15		-		
			Grava	m ³	120,75	0,30	36,23		-		
			Piedra	m ³	115,00	0,80	92,00		-		
	CANAL DE TRASVASE									3.789,50	
3	Obra de toma										
	Inspección de obra de toma	2 veces/año									
	Limpieza obra de toma	4 veces/año	Pala	pza.	90,00	5,00	450,00	900,00	-	900,00	
			Pico	pza.	90,00	5,00	450,00		-		
	Pintura Anticorrosiva rejilla de entrada	1 vez/año	Pintura anticorrosiva	Galón	162,00	0,05	8,10	8,10	-	8,10	
4	Canal despedrador										
	Inspección Canal despedrador	2 veces/año							-		
	Pintura Anticorrosiva compuerta de limpieza	1 vez/año	Pintura anticorrosiva	Galón	162,00	0,29	46,98	46,98	-	46,98	
	Lubricado de compuerta de limpieza	1 vez/año	Lubricante	litro	15,00	0,60	9,00	9,00	-	9,00	
5	Canal										
	Revisión del canal	2 veces/año							-		
	Limpieza de canal	2 veces/año	Pala	pza.	90,00	10,00	900,00	900,00	-	900,00	
	Control de malezas y arbustos	2 veces/año	Machete	pza.	40,00	10,00	400,00	400,00	-	400,00	
	Refeción y mantenimiento del canal	1 vez/año	Cemento	kg	1,11	120,00	133,20	285,58	-	285,58	
			Arena	m ³	120,75	0,20	24,15		-		
			Grava	m ³	120,75	0,30	36,23		-		
			Piedra	m ³	115,00	0,80	92,00		-		
	Pintado de progresivas	1 vez/año	Pintura látex	Galón	100,00	0,68	68,40	68,40	-	68,40	
6	Desarenadores y entradas de sifones										
	Inspección desarenador y entrada	2 veces/año							-		
	Limpieza desarenador y entrada	2 veces/año	Pala	pza.	90,00	8,00	720,00	720,00	-	720,00	
	Pintura Anticorrosiva cámara de limpieza	1 vez/año	Pintura anticorrosiva	Galón	162,00	0,45	72,90	72,90	-	72,90	
	Lubricado de cámara de limpieza	1 vez/año	Lubricante	litro	15,00	9,60	144,00	144,00	-	144,00	
	Pintura Anticorrosiva rejilla de entrada	1 vez/año	Pintura anticorrosiva	Galón	162,00	0,22	35,64	35,64	-	35,64	
7	Sifones										
	Inspección de sifones	2 veces/año							-		
	Limpieza de sifones	2 veces/año							-		
	Pintura Anticorrosiva cámara de limpieza	1 vez/año	Pintura anticorrosiva	Galón	162,00	0,45	72,90	72,90	-	72,90	
	Lubricado de cámara de limpieza	1 vez/año	Lubricante	l	15,00	8,40	126,00	126,00	-	126,00	
										TOTAL:	4.764,42

Fuente: Elaboración propia.

5.9.2.9.- Capacitación a Usuarios

La capacitación se realiza en función de la necesidad de capacitar a los usuarios de este sistema en temas relacionados al riego con énfasis en, operación y mantenimiento del canal de riego Tárrega y el canal de trasvase y sus obras hidráulicas. Esta capacitación tiene como objetivo específico fomentar las buenas prácticas de este sistema y también capacitar a estos usuarios para que administren, operen y hagan buen uso de su propio sistema.

1. Actividades propuestas

Temas elegidos para la capacitación. - Los temas elegidos para el mantenimiento, viendo los problemas que se originan por mala administración, operación y tipos de mantenimiento del sistema de trasvase, los temas sugeridos para la esta capacitación son los siguientes:

-) Valoración y conservación de fuentes de agua.
-) Componentes del sistema de trasvase.
-) Diagnóstico del sistema de trasvase.
-) Planificación para el mantenimiento del sistema de trasvase.

La planificación.

Es importante planificar las actividades a realizar a lo largo del año y los responsables, y realizar las actividades que son necesarias hacer para que el sistema de trasvase funcione, anotando las fechas en que se ejecutarán estas actividades y los responsables.

6. Conclusiones y recomendaciones

6.1. Conclusiones

Se diagnosticó en el canal de riego Tárraga donde se identificó acumulación de sedimentos en la bocatoma y el canal, debido a la falta de una rejilla en la bocatoma, de un vertedero de excedencias y un desarenador, y al derrumbe del talud en la progresiva 0+100 a 0+150.

Se realizó el diagnóstico en el canal de aducción de trasvase donde se identificó sedimentación en la bocatoma, canal, los desarenadores, obstrucción de las rejillas de entradas a los sifones con maleza y derrumbes de talud en la progresiva 0+320 a 0+400 y de 8+160 a 8+280.

Se analizó la eficiencia hidráulica de las bocatomas del sistema de aducción de trasvase donde según el tirante de agua medido el caudal debería ser **0,59 m³/s** pero al estar obstruida una bocatoma debido al sedimento acumulado atrás del azud, siendo el caudal **0,295 m³/s**.

Realizando la toma de muestras de sedimentos de los canales de riego Tárraga y canal de trasvase se determinó la fuerza tractiva, según la metodología del USBR (Bureau of Reclamation) es de 0,15 a 0,20 kgf/m², por lo cual en el canal Tárraga la fuerza tractiva menor es de **0,20 kgf/m²** cumpliendo con la fuerza tractiva de autolimpieza, por lo que la acumulación de sedimento se debe al derrumbe del talud, en el canal de trasvase el valor de fuerza tractiva menor es de **0,25 kgf/m²** cumpliendo con la fuerza tractiva de autolimpieza, por lo que la acumulación de sedimentos se debe a los derrumbes de los taludes adyacentes.

Se analizó la eficiencia de los desarenadores del canal de trasvase tomando en cuenta la granulometría obtenida en campo, del cual se determinó que la capacidad del desarenador es de **34,65 m³** y el verificado hidráulicamente es de **41,40 m³**, concluyendo que los desarenadores no tienen la capacidad.

Se analizó la eficiencia hidráulica del canal de riego Tárraga y del canal de trasvase, en el cual se demostró la reducción de su eficiencia por la sedimentación depositada en el fondo del canal, disminuyendo el tirante de agua, cambiando la pendiente, la rugosidad del fondo del canal, lo cual disminuye la velocidad y caudal de transporte del agua como se observa en la Tabla N° 8 y 9.

Se propone el diseño del desarenador en canal de riego Tárrega en la progresiva 0+200, a falta de uno con un volúmen de capacidad de **1,40 m³**, tomando en cuenta la granulometría se los sedimentos depositados en el canal.

Debido a derrumbes del talud adyacente y evitar daños al canal se propone el diseño de obras de protección en el canal de riego Tárrega con gaviones de dos niveles en la progresiva **0+100 a 0+150** y en el canal de trasvase con gaviones en la progresiva **0+320 a 400** y de **8+160 a 8+280** debido a derrumbes con grandes piedras que pueden dañar al canal, también se propuso zanjas de coronación para evitar la erosión de los taludes en las progresivas **0+320 a 400** y de **8+040 a 8+280**.

Se propone un plan de mantenimiento anual en el canal de riego Tárrega y el sistema de aducción de trasvase. con participación de las comunidades beneficiarias en la limpieza de obras de toma, canales, desarenadores, pintado y lubricado de compuertas y cámaras de limpiezas de los desarenadores y sifones para su óptimo funcionamiento.

Realizando el presupuesto para reparación de daños y optimización del canal de riego Tárrega y del sistema de trasvase de la presa Calderas, se tomó en cuenta un proyecto de mantenimiento, refacción y protección de parte de una institución competente de **Bs. 809.856,10**, y un presupuesto anual de mantenimiento de parte de los beneficiarios en el cual no se considera el precio de la mano de obra, y solo los materiales e insumos a utilizar es de **Bs. 4.764,42**.

6.2. Recomendaciones

En la bocatoma del canal de riego Tárrega y del canal de trasvase se debe realizar tareas de mantenimiento rutinario de parte de los beneficiarios 4 veces al año para una óptima captación de agua todo el año, también el mantenimiento preventivo con el pintado anticorrosivo de la rejilla de entrada, y el pintado anticorrosivo, engrasado y lubricado de la compuerta de limpieza del despedrador 1 vez al año para su óptima operación.

En el desarenador de la progresiva 0+076 del canal de trasvase y en los desarenadores en las entradas de los sifones se debe realizar mantenimiento rutinario mediante la limpieza manual del sedimento, y luego con la abertura de la válvula de limpieza 2 veces al año, también el

mantenimiento preventivo con el pintado anticorrosivo y lubricado de las válvulas, rejillas de entrada al sifón, tapas de cámaras 1 vez al año para su óptimo funcionamiento.

En la bocatoma del canal de riego Tárraga al no existir rejilla de entrada se debe colocar de una rejilla de entrada con el diseño propuesto para evitar el ingreso de sedimentos grueso, así también un vertedero de excedencias en el canal para evitar el rebalse y evitar daños al canal.

Al no existir una obra de control de sedimentación se opta por la construcción de un desarenador en el canal Tárraga en la progresiva **0+200** para evitar la sedimentación en este canal propenso a sedimentarse según el diseño propuesto.

En el canal de riego Tárraga y canal de trasvase, se debe realizar el mantenimiento rutinario mediante la limpieza manual de sedimentos depositados, así como también el deshierbe de las zonas próximas al canal, 2 veces al año para evitar que estos entren al canal y obstruyan los sifones, en el canal de riego Tárraga mediante el mantenimiento preventivo con la refacción de los daños en el canal debido a los derrumbes y socavación 1 vez al año, en el canal de trasvase el pintado de las progresivas 1 vez al año para un mejor control.

Se debe realizar el mantenimiento de emergencia con obras de protección en el canal de riego Tárraga debido a derrumbes del talud adyacente y evitar daños al canal con gaviones de dos niveles en la progresiva **0+100 a 0+150** y en el canal de trasvase con gaviones de dos niveles en la progresiva **0+320 a 400** y de **8+160 a 8+280** debido a derrumbes con grandes piedras que pueden dañar al canal, también se propuso el mantenimiento preventivo con la construcción de zanjas de coronación para evitar la erosión de los taludes en las progresivas **0+320 a 400** y de **8+040 a 8+280**.

Reemplazar la tubería de limpieza de los desarenadores por una compuerta de limpieza, ya que se observó que la tubería no es eficaz en la limpieza del desarenador colmatado.

En los sifones del canal de trasvase se debe realizar el mantenimiento rutinario limpiando los sifones con la abertura de la válvula de limpieza 2 veces al año, antes y después de las lluvias también realizar el mantenimiento preventivo con el pintado y lubricado de la tapa de la cámara de limpieza, válvula de limpieza 1 vez al año para su óptima operación.