



UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL
MENCIÓN: HIDRÁULICA



**BOCATOMA TIPO BARRAJE MIXTO EN EL SISTEMA
DE RIEGO TECNIFICADO CHACACHIMPA – PUENTE
BLANCO, SUYCKUTAMBO, CUSCO, 2023**

TESIS PRESENTADA POR:
EDGARDO EMIGDIO RIOS ALVAREZ
PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL
MENCIÓN: HIDRÁULICA

JULIACA – PERÚ
2026



UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL
MENCIÓN: HIDRÁULICA

BOCATOMA TIPO BARRAJE MIXTO EN EL SISTEMA DE RIEGO TECNIFICADO CHACACHIMPA – PUENTE BLANCO, SUYCKUTAMBO, CUSCO, 2023

TESIS PRESENTADA POR:
EDGARDO EMIGDIO RIOS ALVAREZ

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN: INGENIERÍA CIVIL
MENCIÓN: HIDRÁULICA

APROBADA POR:

PRESIDENTE DEL JURADO : 
Dr. JAVIER ROMULO QUISPE ZAPANA

MIEMBRO DEL JURADO : 
Dr. JESUS MAMANI MAMANI

MIEMBRO DEL JURADO : 
Dr. CARLOS ADOLFO LUJAN URVIOLA

ASESOR DE TESIS : 
Dra. YUDY HUACANI SUCASACA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN : TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P51



RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 0934-2025-D-EPG-UANCV/J

Juliaca, 29 de diciembre del 2025

VISTOS:

El expediente N° 12623 presentado por el (la) Bachiller: **RIOS ALVAREZ EDGARDO EMIGDIO** quien solicita nominación de jurados, fecha y hora de sustentación de tesis, en la Escuela de Posgrado de la Universidad Andina “Néstor Cáceres Velásquez”.

CONSIDERANDO:

Que, el (a) Bachiller: **RIOS ALVAREZ EDGARDO EMIGDIO** con número de DNI 23951146 con número de matrícula 1620100305 ha solicitado asignación de jurados, Fecha y hora de sustentación de la Tesis Titulada: **BOCATOMA TIPO BARRAJE MIXTO EN EL SISTEMA DE RIEGO TECNIFICADO CHACACHIMPA – PUENTE BLANCO, SUYCKUTAMBO, CUSCO, 2023** para optar el GRADO de: **MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL** Mención: **HIDRÁULICA** de la Escuela de Posgrado de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez;

Que, de conformidad con lo previsto en el artículo 18° del Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, **COMITÉ DE INVESTIGACIÓN;**

Que, mediante Resolución N°2154-2025 -USA-EPG/UANCV SE APRUEBA Y AUTORIZA LA EJECUCION DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACION y con Resolución N°2530-2025-USA-EPG/UANCV, se APRUEBA y AUTORIZA EL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS) Titulada: **BOCATOMA TIPO BARRAJE MIXTO EN EL SISTEMA DE RIEGO TECNIFICADO CHACACHIMPA – PUENTE BLANCO, SUYCKUTAMBO, CUSCO, 2023** La misma que pertenece a la Línea de Investigación: **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P51;**

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos en su artículo 28° **DE LA SUSTENTACIÓN.**

Y estando, la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación y el Director de la Escuela de Posgrado mediante acta de sorteo de jurado, con registro N° 000639 de fecha: 16 de diciembre del 2025 se nomina jurados.

Que, conforme al artículo 66° del Reglamento General de la Escuela de Posgrado de la UANCV, establece que *la Tesis de Posgrado es un trabajo de investigación científica original de actualidad y de alto valor científico;*

En uso de las atribuciones conferidas a la Dirección en el inciso “J” del artículo 17° del Reglamento General de la Escuela de Posgrado, y el artículo 76° del Estatuto Universitario;

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO. - DECLARAR APTO para la sustentación presencial del **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN** (borrador de tesis), TITULADO: **BOCATOMA TIPO BARRAJE MIXTO EN EL SISTEMA DE RIEGO TECNIFICADO CHACACHIMPA – PUENTE BLANCO, SUYCKUTAMBO, CUSCO, 2023** del (la) Bach: **RIOS ALVAREZ EDGARDO EMIGDIO**, para optar el GRADO de: **MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL** Mención: **HIDRÁULICA**, en virtud de los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO. - NOMINAR JURADOS para la sustentación presencial y defensa de la tesis a los siguientes docentes ordinarios:

- Presidente : Dr. JAVIER ROMULO QUISPE ZAPANA
- Primer miembro : Dr. JESUS MAMANI MAMANI
- Segundo miembro : Dr. CARLOS ADOLFO LUJAN URVIOLA
- Asesor : Dra. YUDY HUACANI SUCASACA

ARTÍCULO TERCERO. - PROGRAMAR FECHA Y HORA de sustentación como se detalla:

- Fecha : Miércoles, 31 de diciembre del 2025
- Hora : 12:30 p.m.
- Lugar : Aula N°206 Centro Comercial N° 03 UANCV-JULIACA

ARTÍCULO CUARTO. - El Director de la Escuela de Posgrado queda encargado del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, comuníquese y archívese.


 ESCUELA DE POSGRADO
 Dr. Javier Romulo Quispe Zapana
 DIRECTOR (a)



RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 02530-2025-USA-EPG/UANCV

Juliaca, 24 de diciembre de 2025

VISTOS:

El Expediente N° 2025 -CU-12174 de fecha 03 de diciembre de 2025, el (la) Bach. RIOS ALVAREZ EDGARDO EMIGDIO, con DNI N° 23951146, código de matrícula N° 1620100305, quien solicita Revisión de Informe Final de la Investigación (borrador de Tesis); INFORME N° 002091-2025-UI-EPG-UANCV y el Anexo (04 o 05) "Ficha de Opinión del Informe Final de la Investigación (borrador de Tesis)" del 10 de diciembre de 2025, que fue revisada por el Comité de Investigación de la Escuela de Posgrado.

CONSIDERANDO:

Que, las Unidades de Investigación son unidades académicas que agrupan a docentes y estudiantes de diversas disciplinas, en razón del desarrollo de investigación científica, tecnológica y humanista de acuerdo al Estatuto Universitario Modificado 2020 de nuestra primera Casa Superior de Estudios.

Que, con Expediente N°2025 -CU-12174 el (la) Bach. RIOS ALVAREZ EDGARDO EMIGDIO, solicita la revisión y aprobación del Informe Final de la Investigación (borrador de Tesis) titulado: BOCATOMA TIPO BARRAJE MIXTO EN EL SISTEMA DE RIEGO TECNIFICADO CHACACHIMPA – PUENTE BLANCO, SUYCKUTAMBO, CUSCO, 2023 Línea de investigación TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P51, para optar el GRADO de MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL, mención: HIDRÁULICA.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos plasmado en la Resolución N° 0294-2023-UANCV-CU-R.

Que, el Comité de Investigación emitió su opinión FAVORABLE al Informe Final de la Investigación (borrador de Tesis).

Que, el Director de la Unidad de Investigación de la Escuela de Posgrado, corroboró el asesoramiento en el Informe Final de la Investigación (borrador de Tesis) del ASESOR Dra. YUDY HUACANI SUCASACA; y,

Estando, la opinión favorable del Comité de Investigación, según INFORME N° 002091-2025-UI-EPG-UANCV y el Anexo (04 o 05) "Ficha de Opinión del Informe Final de la Investigación (borrador de Tesis)" en concordancia con el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos Resolución N° 0294-2023-UANCV-CU-R, de conformidad a lo que establece la Ley Universitaria N° 30220, Ley de Creación de la UANCV N° 23738 y Modificatoria N° 24661 y el Estatuto de la UANCV, que confiere facultades a la unidad de Investigación de la Escuela de Posgrado.

SE RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO.- APROBAR Y AUTORIZAR EL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS) para la REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN, titulado: BOCATOMA TIPO BARRAJE MIXTO EN EL SISTEMA DE RIEGO TECNIFICADO CHACACHIMPA – PUENTE BLANCO, SUYCKUTAMBO, CUSCO, 2023 presentado por el (la) Bach. RIOS ALVAREZ EDGARDO EMIGDIO, en virtud de los considerandos expuestos.

ARTICULO SEGUNDO.- RATIFICAR, como ASESOR al (a) Dra. YUDY HUACANI SUCASACA.

ARTICULO TERCERO. - DISPONER que la Escuela de Posgrado, la Secretaría Académica y administrativa, quedan encargados del cumplimiento de la presente resolución.

Regístrese, comuníquese y archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
ESCUELA DE POSGRADO
DIRECCIÓN
JULIACA, PERÚ
Dr. Javier Abelardo Quispe Zapata
DIRECTOR (e)



RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 002154-2025-USA-EPG/UANCV

Lima, 24 de noviembre del 2025

VISTOS:

El Expediente N° CU-12360 de fecha 21 de noviembre del 2025, el (la) Bach. RIOS ALVAREZ EDGARDO EMIGDIO, con DNI N° 23951146, código de matrícula N° 1620100305, quien solicita Revisión de propuesta de Investigación; INFORME N° 01883-2025-UI-EPG-UANCV y el Anexo (02 o 03) "Ficha de Opinión de la Propuesta de Investigación" del 21 de noviembre del 2025, que fue revisada por el Comité de Investigación de la Escuela de Posgrado.

CONSIDERANDO:

Que, las Unidades de Investigación son unidades académicas que agrupan a docentes y estudiantes de diversas disciplinas, en razón del desarrollo de investigación científica, tecnológica y humanista de acuerdo al Estatuto Universitario Modificado 2020 de nuestra primera Casa Superior de Estudios.

Que, con Expediente N° CU-12360 el (la) Bach. RIOS ALVAREZ EDGARDO EMIGDIO, solicita la revisión y aprobación de la propuesta de Investigación titulado: BOCATOMA TIPO BARRAJE MIXTO EN EL SISTEMA DE RIEGO TECNIFICADO CHACACHIMPA – PUENTE BLANCO, SUYKUTAMBO, CUSCO, 2023 línea de investigación TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P51, para optar el GRADO de MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL, mención: HIDRÁULICA.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos plasmado en la Resolución N° 0294-2023-UANCV C.U.R.

Que, el Comité de Investigación emitió su opinión FAVORABLE a la propuesta de investigación.

Que, el Director de la Unidad de Investigación de la Escuela de Posgrado, corroboró la propuesta del ASESOR Dra. YUDY HUACANI SUCASACA, quien debe estar acreditado y facultado para orientar y ayudar al asesorado en el proceso de elaboración del trabajo de investigación (tesis) de acuerdo a la DIRECTIVA N° 004-2019-UANCV-VRAD-OI y.

Estando, la opinión favorable del Comité de Investigación, según INFORME N° 01883-2025-UI-EPG-UANCV y el Anexo (02 o 03) "Ficha de Opinión de la Propuesta de Investigación" en concordancia con el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, Resolución N° 0294-2023-UANCV C.U.R, de conformidad a lo que establece la Ley Universitaria N° 30220, Ley de Creación de la UANCV N° 23738 y Modificatoria N° 24661 y el Estatuto de la UANCV, que confiere facultades a la unidad de investigación de la Escuela de Posgrado.

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR Y AUTORIZAR LA EJECUCIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN, titulado: BOCATOMA TIPO BARRAJE MIXTO EN EL SISTEMA DE RIEGO TECNIFICADO CHACACHIMPA – PUENTE BLANCO, SUYKUTAMBO, CUSCO, 2023 presentado por el (la) Bach. RIOS ALVAREZ EDGARDO EMIGDIO, para optar el GRADO de MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL, mención: HIDRÁULICA en virtud de los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER, como ASESOR al (a) Dra. YUDY HUACANI SUCASACA.

ARTÍCULO TERCERO. - DISPONER que la Escuela de Posgrado, la Secretaría Académica y administrativa, quedan encargados del cumplimiento de la presente resolución.

Regístrese, comuníquese y archívese.

Ci.
And. EPG/2025
18/11/2025
JRO/2025



BOCATOMA TIPO BARRAJE MIXTO EN EL SISTEMA DE INVESTIGACIÓN TECNIFICADO CHACACHIMPA – PUENTE BLANCO, SUYCKUTAMBO, CUSCO, 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

12%

INDICE DE SIMILITUD

11%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	2%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
3	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	coaje.files.wordpress.com Fuente de Internet	1%
5	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Nacional Hermilio Valdizan Trabajo del estudiante	1%
7	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	<1%


1 biblioteca



Metadatos complementarios - UANCV

BOCATOMA TIPO BARRAJE MIXTO EN EL SISTEMA DE RIEGO TECNIFICADO CHACACHIMPA – PUENTE BLANCO, SUYCKUTAMBO, CUSCO, 2023	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	EDGARDO EMIGDIO RIOS ALVAREZ
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	23951146
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0005-4080-3662
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	YUDY HUACANI SUCASACA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	40673820
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0008-3275-5586
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	JAVIER ROMULO QUISPE ZAPANA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	01324996
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	JESUS MAMANI MAMANI
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02425043
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	CARLOS ADOLFO LUJAN URVIOLA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	01213364



Datos de investigación	
Línea de investigación	TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P51
Grupo de investigación	No aplica
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú Departamento: Cusco Provincia: Espinar Distrito: Suyckutambo</p> <p>Coordenadas: Latitud: -15.009424 Longitud: -71.641771</p> <p>Url. https://maps.app.goo.gl/ZdVS2y4UbX8LfsB29</p> 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Noviembre 2025 – Diciembre 2025
URL de disciplinas OCDE https://purl.org/pe-repo/ocde/ford (concytec-pe.github.io)	<p>Ingeniería civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01</p> <p>Ingeniería de la construcción https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03</p>



UNIVERSIDAD ANTONIO NESTOR CÁSTRO VELÁSQUEZ
ESCUELA DE POSGRADO

[Signature]

Dr. Jesús Mamani Mamani
DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN - EPG



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo EDGARDO EMIGDIO RIOS ALVAREZ, identificado con DNI Nro. 23951146 en mi condición de egresado de:

- Escuela Profesional
- Programa de Segunda Especialidad,
- Programa de Maestría o Doctorado

MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación, Trabajo Académico denominada:

BOCATOMA TIPO BARRAJE MIXTO EN EL SISTEMA DE RIEGO TECNIFICADO

CHACACHIMPA – PUENTE BLANCO, SUYCKUTAMBO, CUSCO, 2023

Asesorado por: Dra. YUDY HUACANI SUCASACA

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 21 de Enero del 2026


Firma del Asesor
(obligatoria)


FIRMA (obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

A mi esposa Yudy, mi compañera incondicional en este camino, y a mi hijo Edgardito, mi mayor motivación para seguir adelante. Este logro también es de ustedes..



AGRADECIMIENTOS

A mis docentes, por compartir sus conocimientos y guiarme en esta etapa de formación profesional.

A mis amigos, por su apoyo constante y por estar presentes en los momentos difíciles de este proceso.

A todos quienes, de una u otra forma, contribuyeron a que este trabajo se hiciera realidad..



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
ÍNDICE GENERAL	v
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE ANEXOS	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	xiii

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1 Descripción del problema.....	1
1.2 Formulación del problema.....	3
1.2.1 Problema general	3
1.2.2 Problemas específicos	3
1.3 Justificación.....	3
1.3.1 Justificación teórica	3
1.3.2 Justificación práctica	3
1.3.3 Justificación metodológica.....	4
1.4 Objetivos de la investigación.....	4
1.4.1 Objetivo general	4
1.4.2 Objetivos específicos.....	4
1.5 Hipótesis.....	4
1.5.1 Hipótesis general.....	4



1.5.2 Hipótesis específica..... 4

1.6 Variables..... 5

CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 Antecedentes 7

2.2 Bases teóricas..... 9

2.3 Definición de términos..... 15

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Métodos de investigación..... 16

3.2 Diseño de la investigación 16

3.3 Población y muestra..... 17

3.4 Procesamiento de datos 18

3.5 Prueba de hipótesis..... 19

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 Análisis de datos 20

4.2 Diseminación de los hallazgos..... 52

CONCLUSIONES..... 57

RECOMENDACIONES 59

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 61

ANEXOS..... 65



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variable.....	6
Tabla 2. Hietograma de precipitación de diseño por el método del bloque alterno	21
Tabla 3. Hietogramas de precipitación de diseño para T de 50 años	23
Tabla 4. Periodo de retorno (años)	29
Tabla 5. Valores de perfil Creager.	35
Tabla 6. Esfuerzos de supresión.....	39
Tabla 7. Cálculo de la demanda de agua para una cédula de cultivo.....	43



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cuenca del río Sañu	20
Figura 2. Gráfico de hietograma de precipitación de diseño para un tiempo de retorno de 50 años	22
Figura 3. Caracterización del área de la cuenca, y componentes como entrada y salida de la subcuenca	23
Figura 4. Configuración de la subcuenca con los parámetros necesarios para la simulación con el modelo Snyder	24
Figura 5. Configuración de los parámetros de series de tiempo (horas).....	24
Figura 6. Configuración de los parámetros de series de tiempo (horas).....	25
Figura 7. Visualización gráfica de la tormenta de diseño	25
Figura 8. Caudales máximos HEC-HMS para periodo de retorno 50 años .	26
Figura 9. Caudales máximos HEC-HMS para periodo de retorno 25 años ..	26
Figura 10. Caudales máximos HEC-HMS para periodo de retorno 10 años	28
Figura 11. Periodo de retorno: 50 Años (Q=150 m ³ /s).....	29
Figura 12. Vista en planta del tránsito de caudal máximo, donde se aprecia desbordes en la zona de captación	30
Figura 13. Visualización de los tirantes en la zona de captación	30
Figura 14. Vista en planta del tránsito de Caudal máximo, donde se aprecia desbordes en la zona de captación	31
Figura 15. Geometría del perfil de aguas arriba de la cresta vertedora tipo creaguer	35
Figura 16. Cuenco disipador	36
Figura 17. Geometría	37
Figura 18. Colchón disipador	37



Figura 19. Muestra de los materiales - Geoestudio 2024, Seep38

Figura 20. Muestra las líneas equipotenciales y líneas de flujo - Geoestudio 2024,
Seep38



ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia	66
Anexo 2. Panel fotográfico	68
Anexo 3. Validación de instrumento.....	84



RESUMEN

La finalidad de la tesis es analizar cuál es la influencia de la bocatoma tipo barraje mixto en el sistema de riego tecnificado Chacachimpa – Puente Blanco, Suyckutambo, Cusco, 2023. La metodología tiene un alcance explicativo. Los hallazgos evidencia que el barraje mixto tipo Creager de 35.25 m de ancho presenta un comportamiento hidráulico estable, eficiente y seguro ante caudales extremos de máxima avenida con período de retorno de 50 años ($Q_{50}=150 \text{ m}^3/\text{s}$), alcanzando una eficiencia hidráulica $\geq 85\%$ que permite evacuar el 100% del caudal de diseño sin generar desbordes críticos aguas arriba, manteniendo tirantes máximos de $1.60 \pm 0.15 \text{ m}$ sobre la cresta, velocidades de flujo entre 3.5-7.5 m/s aguas abajo, y un nivel de agua máximo extraordinario (NAME) de $3994.80 \pm 0.15 \text{ msnm}$, parámetros que se ajustan en $\geq 90\%$ a los valores de diseño teóricos calculados mediante modelación hidráulica 1D (HEC-RAS) y 2D (IBER), evitando socavación excesiva y validando la capacidad operativa y estructural del sistema de captación para el proyecto de riego tecnificado. Se confirma que la capacidad de captación real del caudal de diseño es de 44.46 lit/seg para la bocatoma tipo barraje mixto en el sistema de riego tecnificado Chacachimpa. Se concluye que, La bocatoma tipo barraje mixto influye significativamente en el sistema de riego tecnificado Chacachimpa – Puente Blanco, Suyckutambo.

Palabras clave: Bocatoma, sistema de riego, Creager.



ABSTRACT

The purpose of this thesis is to analyze the influence of the mixed weir intake on the Chacachimpa – Puente Blanco technical irrigation system in Suyckutambo, Cusco, 2023. The methodology is explanatory in scope. The findings show that the 35.25 m wide Creager-type mixed dam has stable, efficient, and safe hydraulic behavior in the face of extreme maximum flood flows with a return period of 50 years ($Q_{50}=150 \text{ m}^3/\text{s}$), achieving a hydraulic efficiency of $\geq 85\%$, which allows 100% of the design flow without generating critical overflows upstream, maintaining maximum water levels of $1.60 \pm 0.15 \text{ m}$ above the crest, flow velocities between 3.5-7.5 m/s downstream, and an extraordinary maximum water level (NAME) of $3994.80 \pm 0.15 \text{ m}$ above sea level, parameters that are $\geq 90\%$ consistent with the theoretical design values calculated using 1D (HEC-RAS) and 2D (IBER) hydraulic modeling, avoiding excessive scouring and validating the operational and structural capacity of the catchment system for the technical irrigation project. It is confirmed that the actual collection capacity of the design flow is 44.46 liters/second for the mixed dam intake in the Chacachimpa technical irrigation system. It is concluded that the mixed dam intake significantly influences the Chacachimpa – Puente Blanco technical irrigation system in Suyckutambo.

Keywords: Intake, irrigation system, Creager.



INTRODUCCIÓN

El sector agrícola en las zonas altoandinas del Perú enfrenta desafíos significativos relacionados con la disponibilidad y gestión eficiente del recurso hídrico para riego (Tyagi et al., 2024; Chanson, 2004; French, 1985; Mays, 2001, Cruz y Gonzáles, 2012). En el Distrito de Suyckutambo, Provincia de Espinar, Región Cusco, la agricultura constituye una de las principales actividades económicas de la población, sin embargo, la falta de infraestructura hidráulica adecuada limita considerablemente la productividad agrícola y el desarrollo socioeconómico de las comunidades campesinas.

La Comunidad Campesina de Chaupimayo, específicamente en el sector Chacachimpa - Puente Blanco, presentaba una problemática crítica: la ausencia de un adecuado servicio de agua para riego que permita el aprovechamiento óptimo de las tierras con aptitud agrícola. Esta situación se traduce en los bajos rendimientos productivos, cultivos de secano con alta vulnerabilidad a las variaciones climáticas, y limitadas oportunidades de desarrollo para las 84 familias beneficiarias que dependen de la actividad agropecuaria.

Ante esta problemática, se formuló el Proyecto de Inversión Pública "Mejoramiento y Ampliación del Sistema de Riego Chacachimpa - Puente Blanco, Comunidad de Chaupimayo, Distrito de Suyckutambo, Provincia de Espinar, Departamento de Cusco", registrado en el banco de proyectos de Invierte.pe con código único 2489608 y declarado viable el 01 de julio de 2020, con una inversión total de S/. 5,424,839.91 soles.

El componente central y más relevante de este proyecto es la bocatoma tipo barraje mixto, la estructura hidráulica constituye el punto de partida del sistema de riego tecnificado. Este tipo de captación, conformado por un barraje



fijo de concreto ciclópeo de 35.25m y un barrage móvil con compuerta metálica de 4.00m x 1.40m, fue diseñado específicamente para las condiciones particulares del río Sañu, considerando sus características hidrológicas, geomorfológicas y el régimen de caudales de la zona altoandina.

La presente investigación se centra en el análisis técnico de la bocatoma tipo barrage mixto implementada en el sistema de riego tecnificado Chacachimpa - Puente Blanco durante el año 2023. El proyecto contempla un sistema integral que incluye, además de la bocatoma, una línea de conducción de 193 metros, un desarenador, tres reservorios con capacidades de 402m³, 281m³ y 191m³, una red de distribución de 8,196.60 metros de longitud, tres pases aéreos y un sistema de riego por aspersión que beneficia a 74.48 hectáreas de terreno agrícola.

La importancia de este estudio radica en la necesidad de documentar y evaluar técnicamente la eficiencia hidráulica y estructural de infraestructuras de captación en zonas altoandinas, donde las condiciones climáticas extremas (temperaturas que pueden descender hasta -9.5°C), la topografía accidentada y las características particulares de los ríos de montaña demandan soluciones de ingeniería específicas y bien fundamentadas. El conocimiento generado a partir de este caso contribuirá al diseño y mejoramiento de futuros proyectos de riego en contextos similares (Moyo et al., 2024).

El sistema diseñado opera por gravedad aprovechando las condiciones topográficas del terreno, con un caudal de diseño de 45 lt/s, calculado mediante el método de Hazen-Williams para la determinación de pérdidas de carga. La infraestructura contempla obras de protección ribereña (defensas de 180m en margen derecha y 18m en margen izquierda), muros de encauzamiento de



concreto ciclópeo, gaviones y colchones antisocavantes que garantizan la estabilidad del sistema ante eventos hidrológicos extremos.

Los resultados de este estudio permitirán comprender la funcionalidad y eficiencia de la bocatoma tipo barraje mixto como alternativa viable para la captación de agua en ríos altoandinos, así como su contribución al mejoramiento de las condiciones productivas y la calidad de vida de las comunidades beneficiarias del proyecto.



CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1 Descripción del problema

El problema de bocatoma se hace complicado si se capta el agua desde un río que un canal (Rocha, 2003). Cabe señalar que la bocatoma es una estructura sumamente importante en la intervención del proyecto. La consecuencia de una inadecuada ejecución de la captación llevaría al fracaso de toda la obra. Entonces, se debe garantizar seguridad desde el diseño, construcción hasta la operación y mantenimiento de la obra.

El problema central es la falta de un adecuado servicio de agua para riego en el comité de usuarios de agua Chacachimpa – Puente Blanco, Comunidad de Chaupimayo, Distrito de Suyckutambo, Espinar-Cusco.

La localidad de Chacachimpa – Puente Blanco, ubicada en el Distrito de Suyckutambo, Provincia de Espinar, Región Cusco, se encuentra en la zona altoandina a una altitud aproximada de 4,320 metros sobre el nivel del mar (coordenadas 15.18° latitud sur y 71.76° longitud oeste). Esta comunidad campesina basa su economía principalmente en la actividad agropecuaria, dedicándose al cultivo de papa nativa y pastos cultivados (alfalfa combinada con ray grass) que abastecen la alimentación del ganado vacuno y ovino de la zona.



Sin embargo, la producción agrícola se encuentra severamente limitada por la marcada estacionalidad climática característica de los Andes peruanos, donde las precipitaciones se concentran exclusivamente entre los meses de enero a marzo, alcanzando valores de hasta 186.2 mm mensuales, mientras que durante la época seca que comprende de mayo a noviembre las lluvias prácticamente desaparecen, registrándose precipitaciones mínimas de apenas 2.6 mm en junio, generando un déficit hídrico crítico que impide el desarrollo productivo durante más de siete meses del año.

Esta situación de escasez hídrica estacional ha condenado históricamente a los agricultores de Chacachimpa a depender exclusivamente de las lluvias para sus cultivos, limitando la producción agrícola a una sola campaña anual durante la época de lluvias (enero-abril) y obligando a mantener las tierras en barbecho durante toda la época seca, lo que representa una pérdida aproximada del 60% del potencial productivo anual. Las 74.48 hectáreas de tierras aptas para cultivo que posee la comunidad permanecen subutilizadas, generando bajos rendimientos agrícolas estimados en 8-10 toneladas/ha de papa nativa y 15-20 toneladas/ha de forraje al año, valores significativamente inferiores al potencial productivo de 18-22 toneladas/ha de papa y 45-60 toneladas/ha de forraje que podría alcanzarse bajo condiciones de riego adecuado durante todo el ciclo agrícola. Esta baja productividad se traduce directamente en niveles de pobreza persistentes en la zona, con índices de desnutrición crónica infantil superiores al 35% según reportes del Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social, y con ingresos familiares promedio de apenas S/ 400 - 600 mensuales que mantienen a las familias campesinas en condiciones de vulnerabilidad económica y alimentaria.



1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál es la influencia de la bocatoma tipo barraje mixto en el sistema de riego tecnificado Chacachimpa – Puente Blanco, Suyckutambo, Cusco, 2023?

1.2.2 Problemas específicos

- a) ¿Cómo se comporta hidráulicamente el barraje mixto tipo Creager de 35?25 m. de ancho ante caudales extremos de máxima avenida?
- b) ¿Cuál es la capacidad de captación real de la bocatoma tipo barraje mixto en el sistema de riego tecnificado Chacachimpa?

1.3 Justificación

1.3.1 Justificación teórica

La evaluación del rendimiento hidráulico del sistema de riego es importante para conservar los escasos recursos hídricos mediante la mejora del rendimiento de la estructura de riego existente (Mosica y Adeba, 2023).

1.3.2 Justificación práctica

Es importante comprender que una adecuada estructura de obra de riego tenga en cuenta el encauzamiento asociado a la bocatoma. Ya que si se presentara enormes avenidas los cauces fluviales se desbordarían (Rocha, 2003, p. 9). De allí la importancia de estudios de hidráulica fluvial para el tramo analizado. Para desarrollar un diseño adecuadamente exitoso es prudente contar con información, registros de datos de campo confiables. No obstante, existe escasa información hidrológica y que no garantiza confiabilidad por la proyección histórica corta en el tiempo.



1.3.3 Justificación metodológica

Se emplearon softwares especializados (WaterCAD, EPANET, AutoCAD Civil 3D o similar) para modelar el sistema hidráulico, lo cual se justifica porque permite simular diferentes escenarios de operación y validar los cálculos manuales realizados con mayor precisión.

1.4 Objetivos de la investigación

1.4.1 Objetivo general

Analizar cuál es la influencia de la bocatoma tipo barraje mixto en el sistema de riego tecnificado Chacachimpa – Puente Blanco, Suyckutambo, Cusco, 2023.

1.4.2 Objetivos específicos

- a) Determinar cómo se comporta hidráulicamente el barraje mixto tipo Creager de 35.25 m. de ancho ante caudales extremos de máxima avenida
- b) Calcular cual es la capacidad de captación real de la bocatoma tipo barraje mixto en el sistema de riego tecnificado Chacachimpa

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis general

La bocatoma tipo barraje mixto influye significativamente en el sistema de riego tecnificado Chacachimpa – Puente Blanco, Suyckutambo, Cusco, 2023.

1.5.2 Hipótesis específica

- a) El barraje mixto tipo Creager de 35.25 m de ancho presenta un comportamiento hidráulico estable, eficiente y seguro ante caudales extremos de máxima avenida con período de retorno de 50 años ($Q_{50}=150 \text{ m}^3/\text{s}$), alcanzando una eficiencia hidráulica $\geq 85\%$ que permite evacuar el 100% del caudal de diseño sin generar desbordes críticos



aguas arriba, manteniendo tirantes máximos de 1.60 ± 0.15 m sobre la cresta, velocidades de flujo entre 3.5-7.5 m/s aguas abajo, y un nivel de agua máximo extraordinario (NAME) de 3994.80 ± 0.15 msnm, parámetros que se ajustan en $\geq 90\%$ a los valores de diseño teóricos calculados mediante modelación hidráulica 1D (HEC-RAS) y 2D (IBER), evitando socavación excesiva y validando la capacidad operativa y estructural del sistema de captación para el proyecto de riego tecnificado Chacachimpa – Puente Blanco, Suyckutambo, Cusco."

- b) La capacidad de captación real del caudal de diseño es de 44.46 lit/seg para la bocatoma tipo barraje mixto en el sistema de riego tecnificado Chacachimpa.

1.6 Variables

1.6.1 V. I.:

- ✓ Bocatoma tipo barraje mixto

1.6.2 V. D.:

- ✓ Sistema de riego tecnificado



1.6.3 Operacionalización de variables

Tabla 1.

Operacionalización de variable

Variable	Concepto	Dimensión	Indicador
<i>V. I.</i> <i>Bocatoma</i> <i>tipo barraje</i> <i>mixto</i>	Comprende aquella estructura hidráulica aplicada desde la ingeniería civil para la captación del agua de un río por medio de canales de riego (Roldán, 2010; Novak et al., 2007; Chanson, 2004; French, 1985).	✓ Bocatoma	✓ Caudal para T = 50 años. ✓ Cálculos hidráulicos manuales con ecuación de vertedero para barraje fijo
<i>V. D.</i> <i>Sistema de</i> <i>riego</i> <i>tecnificado</i>	Es una manera moderna de irrigación por medio de uso de la tecnología que optimiza el uso del agua (Pinto et al., 2025; El Comercio, 2025; Tyagi, 2024).	✓ Captación ✓ Línea de conducción ✓ Desarenador ✓ Línea de conducción ✓ Reservorios ✓ Línea principal	✓ Modelamiento numérico fue con el software utilizado: HEC-RAS 2D / IBER / Flow-3D

Nota: Criterios consolidados.



CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 Antecedentes

2.2.1 Internacional

Tyagi et al. (2024) confirman que la agricultura desempeña un papel prioritario en la economía de los países, cumple fuente de sustento y medio de vida. En la India, ocupa territorios considerables. Concluyen que, la gestión eficiente del agua esta enlazado al sistema de riego automatizado. Y, por tanto, recomiendan impulsar la agricultura hacia un futuro sostenible, impulsado por la tecnología, optimizándose el uso del agua y el rendimiento del cultivo.

Moyo et al. (2024) explican que los sistemas de riego son vulnerables al aumento de la variabilidad y el cambio climático sobre todo al aumento del estrés hídrico. La innovación agrícola y las herramientas de monitoreo de suelo en los sistemas de riego mejoran la capacidad de adaptación de agricultores. Concluyen que, la capacidad social y la adaptación al clima pueden desarrollarse mediante intervenciones sociales (campo, hogar, comunidad y mercado) y tecnológicas.

Derbie et al. (2024) argumentan que el riego es importante para satisfacer necesidades de los habitantes mediante el aumento de la producción agrícola. Explican que la productividad hídrica es los países en desarrollo es baja por la



ineficiente gestión del agua de riego. Concluyen que, se debe utilizar técnicas de riego más eficientes para ahorrar agua, herramientas eficaces para predecir las decisiones de gestión de transporte de agua y nutrientes.

Gasser et al. (2024) evidencian que existen iniciativas ecológicas con planificación urbana basadas en el desarrollo de espacios verdes. En la actualidad existe escasez mundial de agua, el riego de los espacios verdes es un aspecto clave. Entonces, la optimización de planes de riego es una respuesta para mitigar el consumo de agua. Los hallazgos del plan de riego ahorran agua en un 35% durante estación seca y de más del 60% durante el periodo de transición entre la estación seca y la húmeda. Concluyen que, se debe adaptar sensores inteligentes, en modelos de balance hídrico con algoritmo de optimización e integración de datos de previsión meteorológica.

Luginbühl (2023) sostiene que el riego es una práctica milenaria, motivo por el cual es necesaria para satisfacer las necesidades alimentarias de pueblos antiguos a lo largo de los siglos. Los sistemas de riego se desarrollan en todo el mundo desde el continente europeo hasta el Oriente Medio y desde Sudamérica hasta el Lejano Oriente Asiático. Concluye que, los nuevos métodos de riego surgen en razón de cambios en el ecosistema, calentamiento global y erosión de la biodiversidad.

Setyandito et al. (2022) sostienen que una presa se considera aquella estructura construida para modificar la naturaleza del caudal de un río cuyo propósito es satisfacer la necesidad de riego. La finalidad de la presa es elevar el nivel del agua del río, permitiendo el aprovechamiento y control del agua. En Indonesia, bajo un análisis con el software CFD Flow-3D de demostró la modelación. Los resultados del número de Froude mostraron que el número de



Froude aumenta con el aumento de la velocidad media. Se concluye que, existe una diferencia con el flujo que discurre en la presa, si esta fuera trapezoidal el número de Froude reduciría ligeramente, pero después se volvería a elevar aguas abajo.

Rocha (2003) en detalla que el abastecimiento del agua para la población es de primera necesidad el que debe ser cubierta (p. 6). Sin embargo, su abastecimiento desde el río representa una de maneras más antiguas. Puesto que épocas ancestrales las poblaciones siempre se asentaron a orillas del río para aprovechar del agua.

2.2.2 Nacional

En el Perú se dio un paso importante para la modernización del sector agrícola con la publicación de la Ley N° 32437 (Ley de Riego Tecnificado). Puesto que promueve el uso eficiente del agua destinado a la agricultura. La finalidad del sistema de riego moderno es optimizar las tierras de secano y pastoreo con potencial agrícola.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Bocatoma barraje mixto

Se denomina así aquellas obras de estructura hidráulica que se construyen sobre un canal o río con la finalidad de realizar la captación que podría ser una parte o todo el caudal de corriente (Rocha, 2003, p.5). Se caracterizan por el caudal de captación que consiste en el gasto máximo que una obra de toma requiere (Autoridad Nacional del Agua, 2010; Ferrufino y Moreira, 2006; Chow, 1969).

Las estructuras de toma de agua se utilizan con diversos fines, como la producción de energía, el riego y el uso doméstico (Hazar et al., 2025). El



Fenómeno de El Niño está ampliamente relacionado con las bocatomas y merece especial atención dentro de la ingeniería civil (Rocha, 2003, p. 10). Resulta crítico tomar en cuenta en el diseño de una obra este aspecto. Entonces, surge aquí poner en mención la importancia que tiene la hidrología como información indispensable para el desarrollo del proyecto.

En seguida, se presenta las condiciones durante el diseño (Rocha, 2003, p. 14):

- a. Asegurar permanente caudal.
- b. Tomar en cuenta zonas expuestas al Fenómeno de El Niño.
- c. Captar menores cantidades de sólidos.
- d. Contar con suficientes cantidades de agua
- e. Tener costo alcanzable.

Las fases del diseño de la bocatoma son: planeamiento, diseño, construcción, operación y mantenimiento (Rocha, 2003, p. 15). El uso de agua principalmente es para lo siguiente (Mays, 2001; Cruz y Gonzáles, 2012, Bos, 1989; Shen, 1971):

- a. Abastecimiento público
- b. Centrales hidroeléctricas
- c. Irrigación
- d. Minería e industria
- e. Uso múltiple

El uso de agua para riego al no existir la suficiente agua de lluvia, el aprovechamiento es por aguas superficiales para el desarrollo de distintas actividades económicas (Chadwick y Morfett, 1998; Rocha, 2003).



Es importante reconocer que la construcción de una bocatoma es de alta responsabilidad dado que requiere de bastante experiencia para el proceso constructivo (Rocha, 2003, p. 16).

2.2.2 Sistema de riego tecnificado

Es una forma moderna de irrigación cuya finalidad es la optimización del uso del agua por medio de la tecnología previo diseño eficiente (Pinto et al., 2025). Comparado al riego tradicional por inundación o gravedad, este sistema de riego tecnificado aplica el agua de modo preciso.

La función principal de estos sistemas es proporcionar la cantidad adecuada de agua en el momento oportuno, especialmente en zonas donde las lluvias son insuficientes o irregulares. Esto permite mantener la humedad necesaria en el suelo para que las plantas crezcan de forma óptima.

Un sistema de riego típico incluye una fuente de agua (que puede ser un pozo, río, reservorio o red municipal), un sistema de conducción (tuberías, canales o mangueras), dispositivos de control (válvulas, programadores) y elementos de distribución final (aspersores, goteros o compuertas).

Existen diferentes tipos según la forma de aplicar el agua: el riego por goteo aplica agua directamente a la raíz de cada planta de manera eficiente; el riego por aspersión simula la lluvia mediante aspersores; el riego por gravedad o superficial conduce el agua a través de surcos o inundando el terreno; y el riego por microaspersión combina características de los anteriores (ANA, 2010; Ferrufino y Moreira, 2006).

La elección del sistema depende del tipo de cultivo, la topografía del terreno, la disponibilidad de agua, el presupuesto disponible y los objetivos de eficiencia que se busquen.



Características principales

El riego tecnificado se caracteriza por operar bajo presión, lo que permite distribuir el agua de forma controlada a través de tuberías y emisores específicos (ANA, 2010). Estos sistemas pueden alcanzar eficiencias de aplicación superiores al 90%, mientras que el riego tradicional raramente supera el 50-60%. Esto significa que se aprovecha mucho mejor cada litro de agua, reduciendo desperdicios por evaporación, percolación profunda o escorrentía superficial.

Riego por goteo

Este es uno de los sistemas más eficientes que existen (ANA, 2010). Funciona mediante tuberías con pequeños emisores (goteros) espaciados estratégicamente que liberan agua directamente en la zona radicular de cada planta, gota a gota. Los goteros pueden ser autocompensantes, manteniendo un caudal constante independientemente de las variaciones de presión o desniveles del terreno. El sistema incluye cabezal de filtrado, inyector de fertilizantes, válvulas de control, tuberías principales y laterales de riego con los goteros integrados o insertados.

Las ventajas del goteo son múltiples: ahorro de agua del 40-60% comparado con métodos tradicionales, posibilidad de fertirrigación (aplicar fertilizantes disueltos en el agua de riego), reducción de malezas al humedecer solo la zona de las plantas, menor incidencia de enfermedades foliares al no mojar las hojas, y capacidad para trabajar en terrenos con topografía irregular. Es ideal para cultivos en hilera como hortalizas, frutales, viñedos y cultivos industriales.



Riego por aspersión

Este sistema distribuye el agua simulando una lluvia artificial mediante aspersores que giran o pulverizan el agua en patrones circulares o semicirculares. Existen diferentes configuraciones: aspersión fija con tuberías enterradas y aspersores emergentes (común en césped y parques), sistemas móviles con tuberías que se desplazan manualmente, pivotes centrales que rotan automáticamente alrededor de un punto central cubriendo áreas circulares enormes, y cañones viajeros autopropulsados.

Los aspersores varían en tamaño y alcance, desde micro aspersores de 2-5 metros de radio hasta cañones que cubren más de 50 metros. El sistema requiere un diseño hidráulico cuidadoso para garantizar uniformidad en la aplicación, considerando la presión necesaria, el traslape entre aspersores y las características del viento en la zona. Es apropiado para cultivos extensivos como cereales, pasturas, papa y para áreas verdes urbanas.

Microaspersión y Microjet

Es un sistema intermedio entre goteo y aspersión, con emisores que humedecen un área pequeña alrededor de cada planta mediante pequeños chorros o neblina (ANA, 2010). Cada emisor puede cubrir entre 1 y 4 metros de diámetro. Es especialmente útil en frutales jóvenes, viveros, cultivos bajo invernadero y en situaciones donde se necesita humedecer más superficie que el goteo pero menos que la aspersión convencional.

Automatización y control

Los sistemas tecnificados modernos incorporan automatización mediante programadores electrónicos o controladores computarizados que pueden gestionar múltiples sectores de riego con programaciones independientes (ANA,



2010). Los sensores de humedad del suelo, estaciones meteorológicas y sensores de lluvia permiten ajustar el riego según las necesidades reales, evitando aplicar agua cuando no es necesario.

La fertirrigación automatizada mediante inyectoros Venturi, bombas dosificadoras o tanques de fertilización permite aplicar nutrientes de manera precisa y fraccionada a lo largo del ciclo del cultivo. Los sistemas más avanzados cuentan con monitoreo remoto vía celular o internet, permitiendo al agricultor controlar y ajustar el riego desde cualquier lugar.

Componentes técnicos esenciales

El cabezal de riego es el corazón del sistema e incluye sistemas de filtrado (mallas, anillas o arena), válvulas reguladoras de presión, manómetros, inyectoras de fertilizantes y válvulas de control. El sistema de filtrado es crítico para evitar obstrucciones en los emisores. La red de distribución comprende tuberías principales (generalmente PVC o polietileno de alta densidad), secundarias y laterales de riego donde se ubican los emisores (ANA, 2010).

Beneficios adicionales

Más allá del ahorro de agua, estos sistemas permiten trabajar con aguas de menor calidad (ligeramente salinas) al aplicar pequeñas cantidades frecuentes que mantienen lavado el bulbo húmedo (ANA, 2010). Reducen los costos de mano de obra al automatizar las tareas de riego. Mejoran la productividad al mantener condiciones óptimas de humedad constantemente. Facilitan el uso de terrenos con pendientes pronunciadas o formas irregulares. Y contribuyen a la sostenibilidad al hacer un uso más responsable del recurso hídrico.



Consideraciones para la implementación

La inversión inicial en riego tecnificado es significativamente mayor que el riego tradicional, pero se recupera a mediano plazo mediante ahorros en agua, energía, fertilizantes y mano de obra, además del incremento en rendimientos (ANA, 2010). Es fundamental realizar un diseño agronómico e hidráulico apropiado considerando el cultivo, tipo de suelo, calidad del agua, topografía y condiciones climáticas. El mantenimiento regular, especialmente limpieza de filtros y revisión de emisores, es esencial para mantener la eficiencia del sistema a largo plazo.

2.3 Definición de términos

a. Bocatoma

Comprende aquella estructura hidráulica cuyo propósito es desvía el caudal del río hacia una red de canales para fines de riego, agua potable, energía u otros usos (Campos, 1987; Segerer y Villodas, 2007; Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014).

b. Sistema de riego tecnificado

Es la forma moderna de irrigar y optimizar el uso del agua utilizando la tecnología, cuyas ventajas son el ahorro del agua y la mayor productividad de los cultivos (Pinto et al., 2025; El Comercio, 2025; Tyagi, 2024).



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Métodos de investigación

3.2.1 Método analítico

Se aplicó para descomponer el sistema de bocatoma tipo barraje mixto en sus elementos constitutivos, lo que permitió el estudio detallado de cada componente. Se evaluó el comportamiento individual de cada elemento para posteriormente integrarlos en el diseño final optimizado (Hadi et al., 2023).

3.1.2 Método hipotético deductivo

Se partió de premisa general sobre el funcionamiento óptimo de la bocatoma tipo barraje mixto para deducir consecuencias particulares verificables desde la formulación de la hipótesis (Hadi et al., 2023).

3.2 Diseño de la investigación

3.2.1 Enfoque cuantitativo

Con este diseño se realizaron especificaciones de análisis de datos numéricos en caudal (m^3/s), precipitaciones (mm), topografía (cotas msnm), área de riego (ha), demanda hídrica (m^3/s , l/s), dimensiones estructurales (m), resistencia de materiales (kg/cm^2). Así mismo se utilizó software de modelamiento hidráulico (Hadi et al., 2023).



3.2.2 Investigación básica

Se orientó a este tipo de investigación para resolver el problema específico de captación de agua para riego tecnificado en la zona de Chacachimpa – Puente Blanco (Hadi et al., 2023).

3.2.3 Alcance explicativo

Se explicó el comportamiento hidráulico de la bocatoma y su interacción con el sistema de riego (Hadi et al., 2023).

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

La cuenca hidrográfica del río/quebrada que alimentó el sistema de riego Chacachimpa – Puente Blanco, que incluyó:

- Longitud del cauce principal: 61.34 km
- Área de la cuenca: 575.40 km²
- Altitud: desde 5198.00 hasta 4032 msnm
- Comunidades beneficiarias: Chacachimpa, Puente Blanco y sectores aledaños del distrito de Suyckutambo.

3.3.2 Muestra

El proyecto benefició a 84 beneficiarios. La sostenibilidad fue proyectada para 50 años para máxima avenida probable. La máxima avenida probable en 50 años se diseñó con un caudal máximo de 148.30 m³ por segundo para que pueda resistir dicha cantidad de agua (ANA, 2010). Y Q promedio es 5 metros cúbicos es el caudal promedio y el mínimo es 1 metro cubico.

Anteriormente era con canal abierto y por la escasez de agua es ahora es canal entubado de 2 metros a 14 metros de presión de 0.020 Bar.



Los datos necesarios para los análisis técnicos de este tipo de estudios fueron los registros hidrológicos históricos de 20 a 30 años, datos pluviométricos, información cartográfica y estudios de suelo de la zona (MTC, 2008; Villón, 2002; Cedeño, 1997).

Dentro del área de influencia los cultivos predominantes son la papa y forraje.

3.4 Procesamiento de datos

Se utilizó software AutoCAD Civil 3D, Global Mapper, ArcGIS. Se recopilaron datos de precipitaciones mensuales y máximas en 24 horas. Se obtuvo caudales medios mensuales y se registró temperatura y evaporación. Se determinó caudal para $T = 50$ años (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014). Se empleó software: HEC-SSP, Hydrognomon, SMADA. Se aplicaron cálculos hidráulicos manuales con la ecuación de vertedero para barraje fijo, cálculo de compuertas (barraje móvil), se diseñó transiciones, diseño dissipador de energía mediante la normativa aplicada del Manual de Diseño de Bocatomas (ANA, 2010; Cedeño, 1997; Villón, 2002). El modelamiento numérico fue con el software utilizado: HEC-RAS 2D / IBER / Flow-3D, se simuló flujo en diferentes escenarios, se analizó socavación y se modeló transporte de sedimentos. Dentro del dimensionamiento estructural se realizó el pre-dimensionamiento según criterios de estabilidad (volcamiento, deslizamiento, flotación) y refuerzo estructural.

Algunos ensayos analizados utilizaron el software Slide, GeoStudio, GEO5. En la evaluación hidráulica del sistema de riego se tuvo que calcular la demanda determinándose la cédula de cultivos, se calculó evapotranspiración (Penman-Monteith), se determinó requerimiento hídrico (mm/mes), se calculó



caudal continuo y módulo de riego (l/s/ha) y se consideró eficiencia de riego tecnificado (goteo/aspersión: 75-85%).

3.5 Prueba de hipótesis

$H_0 =$ Hipótesis verdadera; cuando Probabilidad < 0.01

$H_1 =$ Hipótesis falsa; cuando Probabilidad > 0.01

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

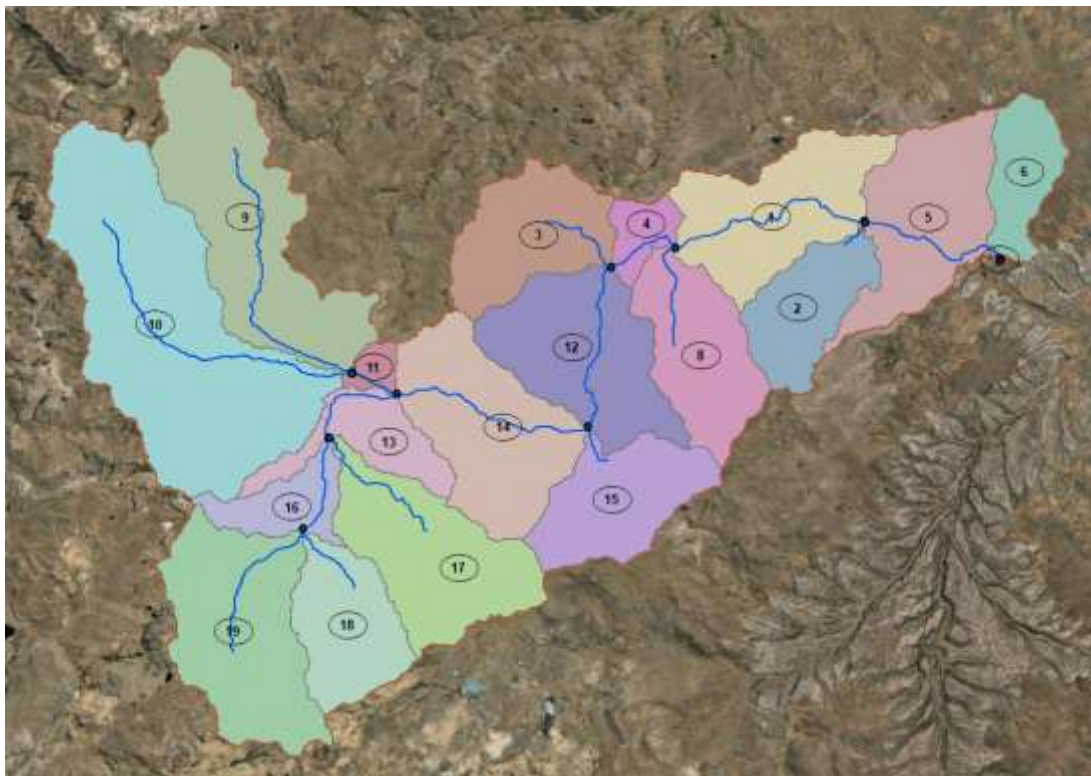
4.1 Análisis de datos

4.1.1 Comportamiento hidráulico del barraje mixto tipo Creager de 35.25 m. de ancho ante caudales extremos de máxima avenida

Vista gráfica de las subcuencas

Figura 1.

Cuenca del río Sañu



Fuente: Google Earth.

Cálculo de caudal máximo de diseño para T= 50 años

La tabla 2 presenta los resultados de intensidades de precipitación calculadas mediante el Modelo Dyck-Peschke para el diseño de la bocatoma en Chacachimpa, Cusco. Es fundamental para dimensionar la estructura hidráulica ante eventos de lluvia extrema (Campos, 1987; Segerer, 2007; Villón, 2002; Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014; Cedeño, 1997).

Tabla 2.

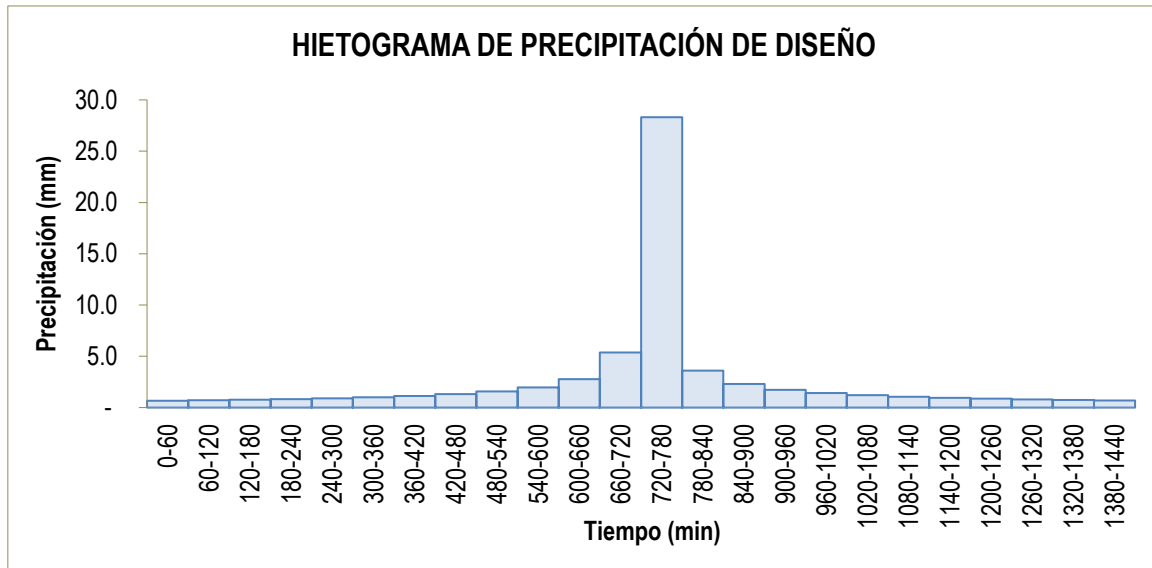
Hietograma de precipitación de diseño por el método del bloque alterno

Duración	Intensidad	Método del bloque alterno		Tiempo	Precipitación
		Profundidad acumulada	Profundidad incremental		
min	mm/hr	Mm	mm	Min	mm
60	30.899	30.899	30.899	0-60	0.724
120	18.373	36.745	5.846	60-120	0.774
180	13.555	40.666	3.920	120-180	0.833
240	10.925	43.698	3.032	180-240	0.903
300	9.241	46.205	2.507	240-300	0.989
360	8.060	48.360	2.155	300-360	1.097
420	7.180	50.260	1.900	360-420	1.237
480	6.496	51.966	1.706	420-480	1.428
540	5.947	53.519	1.553	480-540	1.706
600	5.495	54.947	1.428	540-600	2.155
660	5.116	56.272	1.325	600-660	3.032
720	4.792	57.510	1.237	660-720	5.846
780	4.513	58.672	1.162	720-780	30.899
840	4.269	59.769	1.097	780-840	3.920
900	4.054	60.809	1.040	840-900	2.507
960	3.862	61.798	0.989	900-960	1.900
1020	3.691	62.742	0.944	960-1020	1.553
1080	3.536	63.645	0.903	1020-1080	1.325
1140	3.395	64.511	0.866	1080-1140	1.162
1200	3.267	65.344	0.833	1140-1200	1.040
1260	3.150	66.146	0.802	1200-1260	0.944
1320	3.042	66.919	0.774	1260-1320	0.866
1380	2.942	67.667	0.748	1320-1380	0.802
1440	2.850	68.391	0.724	1380-1440	0.748

Nota: Elaboración propia.

Figura 2.

Gráfico de hietograma de precipitación de diseño para un tiempo de retorno de 50 años



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.*Hietogramas de precipitación de diseño para T de 50 años*

Hietogramas - Modelo Dyck -Peschke			
Duración	Tr = 10 años	Tr = 25 años	Tr = 50 años
60	0.542	0.608	0.663
120	0.579	0.650	0.709
180	0.623	0.699	0.763
240	0.676	0.758	0.828
300	0.740	0.831	0.906
360	0.821	0.921	1.005
420	0.926	1.039	1.134
480	1.069	1.200	1.309
540	1.277	1.433	1.564
600	1.613	1.810	1.975
660	2.269	2.547	2.779
720	4.375	4.910	5.358
780	23.125	25.952	28.317
840	2.934	3.292	3.593
900	1.876	2.106	2.298
960	1.422	1.596	1.741
1020	1.162	1.304	1.423
1080	0.992	1.113	1.214
1140	0.870	0.976	1.065
1200	0.778	0.873	0.953
1260	0.706	0.793	0.865
1320	0.648	0.727	0.794
1380	0.600	0.674	0.735
1440	0.560	0.628	0.685

Nota: Elaboración propia.

Modelamiento periodo de retorno 50 años

A continuación, se presenta el procedimiento del cálculo de caudales de diseño para bocatomas método hidrograma unitario Snyder.

Se anexa capturas de pantalla correspondientes a los aspectos clave de la modelación hidrológica realizada mediante el uso del programa HEC-HMS en conjunto con el Modelo de Hidrograma Unitario de Snyder.

Figura 3.

Caracterización del área de la cuenca, y componentes como entrada y salida de la subcuenca



Fuente: Google Earth.

Figura 4.

Configuración de la subcuenca con los parámetros necesarios para la simulación con el modelo Snyder

Standard	Ft Worth	Tulsa
Subbasin	Lag Time (HR)	Peaking Coefficient
SC-2	1.60	0.7
SC-1	1.70	0.7
SC-9	1.12	0.65882
SC-8	1.13000	0.50251
SC-7	1.13000	0.50251
SC-10	1.13000	0.50251
SC-11	1.13000	0.50251
SC-12	1.13000	0.50251
SC-13	1.06869	0.63487
SC-6	1.13000	0.50251
SC-14	1.13000	0.50251
SC-3	1.13000	0.50251
SC-5	1.13000	0.50251
SC-15	1.13000	0.50251
SC-16	1.37	0.7
SC-4	1.13000	0.50251
SC-17	1.96	0.7

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.

Configuración de los parámetros de series de tiempo (horas).

Components Compute Results

Time-Series Gage

Gage Name: Precipitacion_01

Description: Snyder

Data Source: Manual Entry

Units: Incremental Millimeters

Time Interval: 1 Hour

Latitude Degrees:

Latitude Minutes:

Latitude Seconds:

Longitude Degrees:

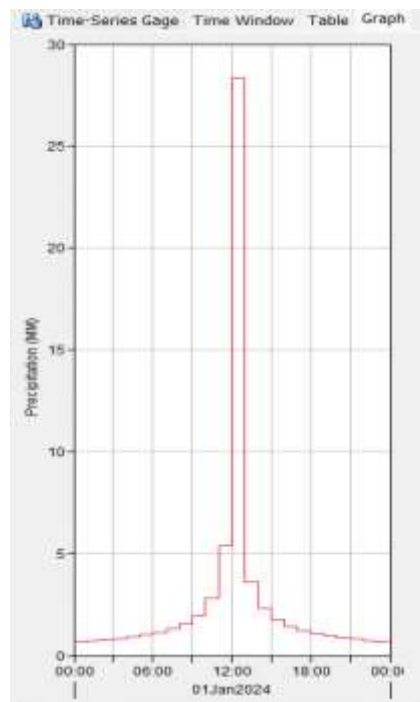
Longitude Minutes:

Longitude Seconds:

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6.

Configuración de los parámetros de series de tiempo (horas)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 7.

Visualización gráfica de la tormenta de diseño

Time-Series Results for Sink "Sink-1"

Project: CAUDALES_CUENCA_ESPINAR Simulation Run: Run 1
Sink: Sink-1

Start of Run: 01ene.2024, 00:00 Basin Model: ESTACIÓN_BASE
End of Run: 02ene.2024, 00:00 Meteorologic Model: Met 1
Compute Time: 18jul.2024, 04:44:23 Control Specifications: Control 1

Date	Time	Inflow fro... (M3/S)	Inflow fro... (M3/S)	Total Infl... (M3/S)
01ene.2024	00:00	0.0	0.0	0.0
01ene.2024	01:00	0.0	0.0	0.0
01ene.2024	02:00	0.0	0.0	0.0
01ene.2024	03:00	0.0	0.0	0.0
01ene.2024	04:00	0.0	0.0	0.0
01ene.2024	05:00	0.0	0.0	0.0
01ene.2024	06:00	0.0	0.0	0.0
01ene.2024	07:00	0.0	0.0	0.0
01ene.2024	08:00	0.0	0.0	0.0
01ene.2024	09:00	0.0	0.0	0.0
01ene.2024	10:00	0.0	0.0	0.0
01ene.2024	11:00	0.0	0.0	0.0
01ene.2024	12:00	0.0	0.0	0.0
01ene.2024	13:00	4.4	5.1	9.5
01ene.2024	14:00	23.5	16.3	39.8
01ene.2024	15:00	51.6	21.9	73.5
01ene.2024	16:00	75.5	17.7	93.1
01ene.2024	17:00	96.6	12.0	108.6
01ene.2024	18:00	117.1	8.9	126.0
01ene.2024	19:00	134.1	7.1	141.2
01ene.2024	20:00	142.4	5.9	148.3
01ene.2024	21:00	138.7	5.3	144.0
01ene.2024	22:00	125.3	4.8	130.0
01ene.2024	23:00	107.7	4.4	112.1
02ene.2024	00:00	91.0	4.1	95.0

Fuente: Elaboración propia.

Figura 8.

Caudales máximos HEC-HMS para periodo de retorno 50 años

Global Summary Results for Run "Run 1"

Project: CAUDALES_CUENCA_ESPINAR Simulation Run: Run 1

Start of Run: 01ene.2024, 00:00 Basin Model: ESTACIÓN_BASE
End of Run: 02ene.2024, 00:00 Meteorologic Model: Met 1
Compute Time: 18jul.2024, 04:50:24 Control Specifications: Control 1

Show Elements: All Elements Volume Units: MM 1000 M3 Sorting: Hydrologic

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
SC-2	91.2410	48.7	01ene.2024, 14:00	9.69
SC-1	56.1750	30.2	01ene.2024, 15:00	9.64
R-6	147.4160	69.6	01ene.2024, 16:00	9.31
SC-9	45.4590	32.0	01ene.2024, 14:00	9.88
SC-8	24.5530	13.2	01ene.2024, 14:00	9.66
R-8	70.0120	37.3	01ene.2024, 15:00	9.45
SC-7	35.9860	19.3	01ene.2024, 14:00	9.66
SC-10	14.4680	7.8	01ene.2024, 14:00	9.66
R-7	120.4660	52.7	01ene.2024, 16:00	9.17
SC-11	16.6470	8.9	01ene.2024, 14:00	9.66
SC-12	3.5786	1.9	01ene.2024, 14:00	9.66
R-5	288.1076	118.4	01ene.2024, 17:00	8.88
SC-13	41.9110	29.8	01ene.2024, 14:00	9.89
SC-6	27.3410	14.7	01ene.2024, 14:00	9.66
R-4	357.3596	125.8	01ene.2024, 18:00	8.63
SC-14	38.9480	20.9	01ene.2024, 14:00	9.66
SC-3	27.8040	14.9	01ene.2024, 14:00	9.66
R-3	424.1116	135.5	01ene.2024, 18:00	8.32
SC-5	29.1250	15.6	01ene.2024, 14:00	9.66
SC-15	7.1788	3.9	01ene.2024, 14:00	9.66
R-2	460.4154	138.2	01ene.2024, 19:00	7.88
SC-16	32.7140	20.2	01ene.2024, 14:00	9.79
SC-4	19.7740	10.6	01ene.2024, 14:00	9.66
R-1	512.9034	142.4	01ene.2024, 20:00	7.46
SC-17	42.1040	21.9	01ene.2024, 15:00	9.52
Sink-1	555.0074	148.3	01ene.2024, 20:00	7.61

Fuente: Estimación propia.

Figura 9.



Caudales máximos HEC-HMS para periodo de retorno 25 años

Global Summary Results for Run "Run 1"

Project: CAUDALES_CUENCA_ESPINAR Simulation Run: Run 1

Start of Run: 01ene.2024, 00:00 Basin Model: ESTACIÓN_BASE
 End of Run: 02ene.2024, 00:00 Meteorologic Model: Met 1
 Compute Time: 18jul.2024, 04:52:05 Control Specifications: Control 1

Show Elements: All Elements Volu... MM 100 Sorting: Hydrologic

Hydrologic Element	Drainage ... (KM2)	Peak Disc... (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
SC-2	91.2410	36.3	01ene.2024, 15:00	7.53
SC-1	56.1750	22.6	01ene.2024, 15:00	7.49
R-6	147.4160	52.4	01ene.2024, 16:00	7.22
SC-9	45.4590	23.5	01ene.2024, 14:00	7.69
SC-8	24.5530	9.7	01ene.2024, 14:00	7.51
R-8	70.0120	27.7	01ene.2024, 15:00	7.34
SC-7	35.9860	14.3	01ene.2024, 14:00	7.51
SC-10	14.4680	5.7	01ene.2024, 14:00	7.51
R-7	120.4660	39.5	01ene.2024, 16:00	7.10
SC-11	16.6470	6.6	01ene.2024, 14:00	7.51
SC-12	3.5786	1.4	01ene.2024, 14:00	7.51
R-5	288.1076	89.4	01ene.2024, 17:00	6.86
SC-13	41.9110	21.9	01ene.2024, 14:00	7.70
SC-6	27.3410	10.8	01ene.2024, 14:00	7.51
R-4	357.3596	95.8	01ene.2024, 18:00	6.65
SC-14	38.9480	15.4	01ene.2024, 14:00	7.51
SC-3	27.8040	11.0	01ene.2024, 14:00	7.51
R-3	424.1116	102.6	01ene.2024, 18:00	6.40
SC-5	29.1250	11.5	01ene.2024, 14:00	7.51
SC-15	7.1788	2.8	01ene.2024, 14:00	7.51
R-2	460.4154	105.2	01ene.2024, 19:00	6.05
SC-16	32.7140	14.9	01ene.2024, 14:00	7.62
SC-4	19.7740	7.8	01ene.2024, 14:00	7.51
R-1	512.9034	108.9	01ene.2024, 20:00	5.71
SC-17	42.1040	16.3	01ene.2024, 15:00	7.39
Sink-1	555.0074	113.8	01ene.2024, 20:00	5.84

Fuente: Estimación propia.

Figura 10.

Caudales máximos HEC-HMS para periodo de retorno 10 años

Project: CAUDALES_CUENCA_ESPINAR Simulation Run: Run 1

Start of R... 01ene.2024, 00:00 Basin Model: ESTACIÓN_BA:
End of R... 02ene.2024, 00:00 Meteorologic Model: Met 1
Compute Ti... DATA CHANGED, RECOMPUTE Control Specifications: Control 1

Show Elements: All Elements Volu... MM 10 Sorting: Hydrologic

Hydrologic Element	Drainage ... (KM2)	Peak Disc... (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
SC-2	91.2410	23.8	01ene.2024, 15:00	5.24
SC-1	56.1750	14.8	01ene.2024, 15:00	5.21
R-6	147.4160	34.5	01ene.2024, 16:00	5.00
SC-9	45.4590	14.9	01ene.2024, 14:00	5.36
SC-8	24.5530	6.2	01ene.2024, 14:00	5.22
R-8	70.0120	17.7	01ene.2024, 15:00	5.09
SC-7	35.9860	9.0	01ene.2024, 14:00	5.22
SC-10	14.4680	3.6	01ene.2024, 14:00	5.22
R-7	120.4660	25.9	01ene.2024, 16:00	4.91
SC-11	16.6470	4.2	01ene.2024, 14:00	5.22
SC-12	3.5786	0.9	01ene.2024, 14:00	5.22
R-5	288.1076	59.1	01ene.2024, 17:00	4.72
SC-13	41.9110	13.9	01ene.2024, 14:00	5.37
SC-6	27.3410	6.9	01ene.2024, 14:00	5.22
R-4	357.3596	64.4	01ene.2024, 18:00	4.57
SC-14	38.9480	9.8	01ene.2024, 14:00	5.22
SC-3	27.8040	7.0	01ene.2024, 14:00	5.22
R-3	424.1116	69.6	01ene.2024, 19:00	4.38
SC-5	29.1250	7.3	01ene.2024, 14:00	5.22
SC-15	7.1788	1.8	01ene.2024, 14:00	5.22
R-2	460.4154	71.1	01ene.2024, 20:00	4.11
SC-16	32.7140	9.4	01ene.2024, 14:00	5.30
SC-4	19.7740	5.0	01ene.2024, 14:00	5.22
R-1	512.9034	73.8	01ene.2024, 20:00	3.87
SC-17	42.1040	10.5	01ene.2024, 15:00	5.13
Sink-1	555.0074	77.5	01ene.2024, 20:00	3.96

Fuente: Estimación propia.

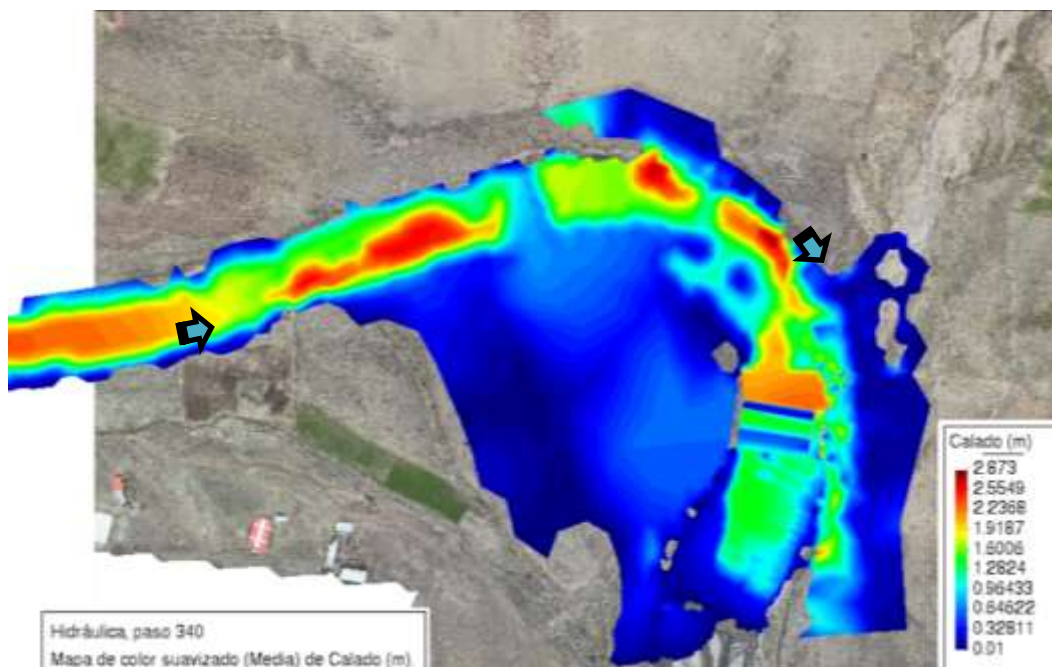
En la tabla 4 se muestra el resumen de los caudales de diseño según los periodos de retorno, para nuestro caso se empleó el T=50 años el cual se recomienda para dimensionamiento de la bocatoma.

Tabla 4.*Periodo de retorno (años)*

N°	Periodo de retorno (años)	Caudal máximo (m ³ /sesg)
1	10	77.50
2	25	113.80
3	50	148.30

Nota: Estimación propia.*Comportamiento del máximo flujo mediante modelamiento IBER*

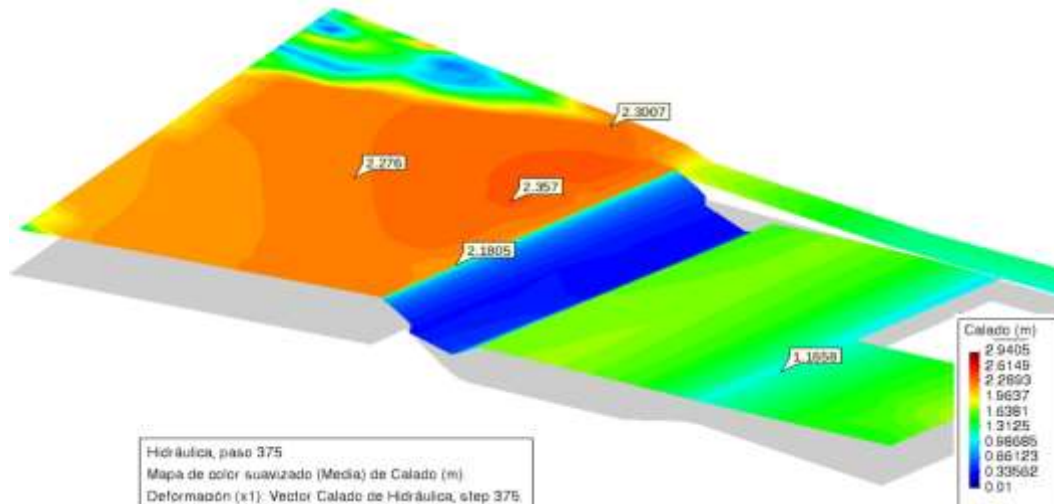
Según el Software IBER el caudal máximo considerado para el periodo de retorno a 50 años es (figura 11):

Figura 11.*Periodo de retorno: 50 Años (Q=150 m³/s)*

Fuente: Software IBER.

Figura 12.

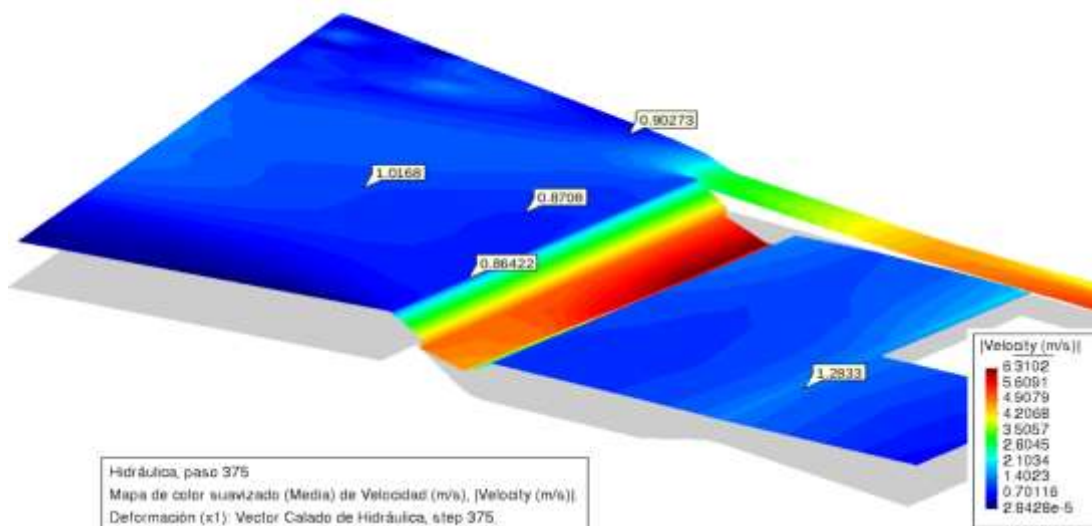
Vista en planta del tránsito de caudal máximo, donde se aprecia desbordes en la zona de captación



Fuente: Software IBER.

Figura 13.

Visualización de los tirantes en la zona de captación

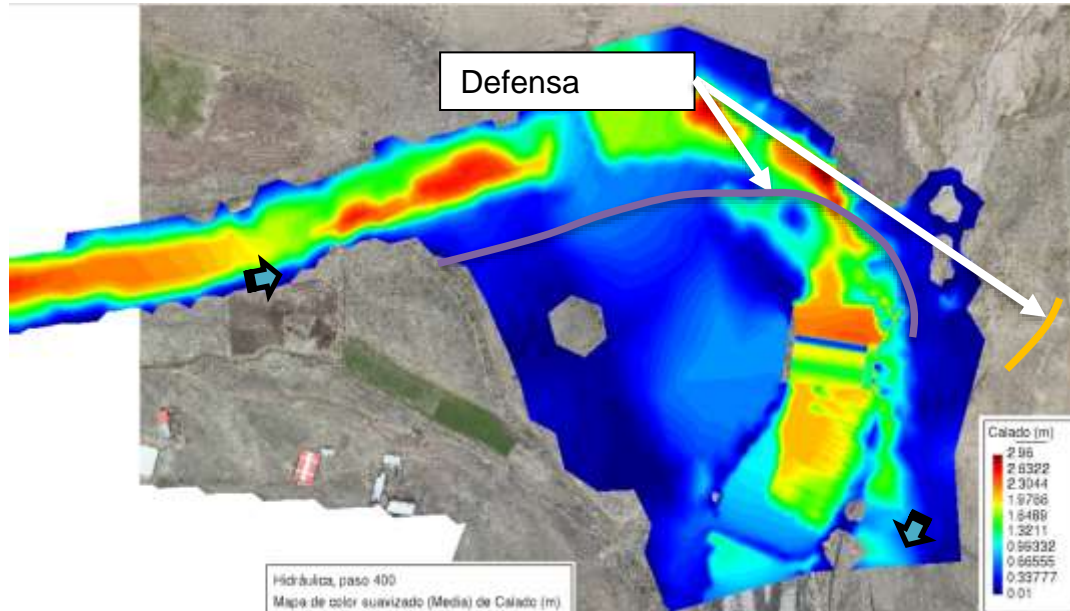


Fuente: Software IBER.

Del análisis hidráulico se aprecia la necesidad de implementar una defensa ribereña aguas arriba en ambas márgenes a fin de evitar desbordes en máximas avenidas (figura 14).

Figura 14.

Vista en planta del tránsito de caudal máximo, donde se aprecia desbordes en la zona de captación



Fuente: Software IBER.

Diseño de la bocatoma tipo barraje mixto para $T=50$ años y $Q=150\text{m}^3/\text{s}$

El cálculo procede con la siguiente información:

$Q_{\text{rio}}: 150 \text{ m}^3/\text{seg}$

Ancho Rio: 40m

$Q_{\text{prom}}: 5\text{m}^3/\text{seg}$

N (rugosidad del rio): 0.035

$Q_{\text{min}}: 1 \text{ m}^3/\text{seg}$

$Q_{\text{captar}}: 0.045 \text{ m}^3/\text{seg}$

$S_{\text{rio}}: 0.0107 \text{ m/m}$

Talud (Z):0

a) Determinar la Y_n

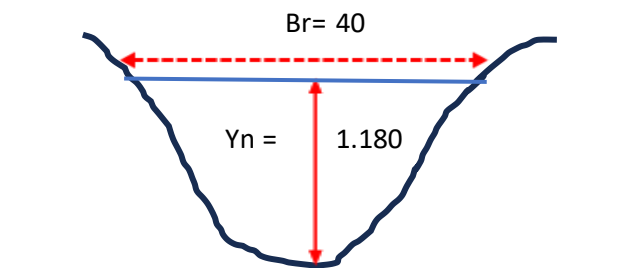
se calcula a partir de la

formula:

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

Resultados: $Y_n = 1.180\text{m}$

$A = 47.213 \text{ m}^2$





$$V = 3.177 \text{ m/s}$$

$$E = 1.695 \text{ m}$$

Flujo = sub critico

b) Cálculo de la ventana de captación:

Se emplea la ecuación de vertedero.

$$Q = CLH^{1.5}$$

$$Q_{\text{diseño}} = 0.045 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V_{\text{min}} = 1 \text{ m/s}$$

$$A_{\text{total}} = 0.147 \text{ m}^2$$

$$V = 0.89 \text{ m/s}$$

c) Diseño de barrage móvil

Para diseñar el barrage móvil utilizo los siguientes criterios:

$$Q_{\text{barraje Movil}} = 10\% Q_{\text{max. Rio}} \quad Q = 15 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$Q_{\text{barraje Movil}} = Q_{\text{prom del Rio}} \quad Q = 5 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$Q_{\text{BM}} = 15 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$L_{\text{Barraje movil}} = 4 \text{ m}$$

$$Q_{\text{pasa barrage movil}} = 9.67 \text{ m}^3/\text{s}$$

d) Dimensionamiento del barrage fijo

Se siguen los siguientes pasos para su cálculo correspondiente.

$$L_{\text{Fijo}} = 35.25 \text{ m}$$

$$Q_{\text{máx}} = 150 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{para TR} = 50 \text{ años}$$

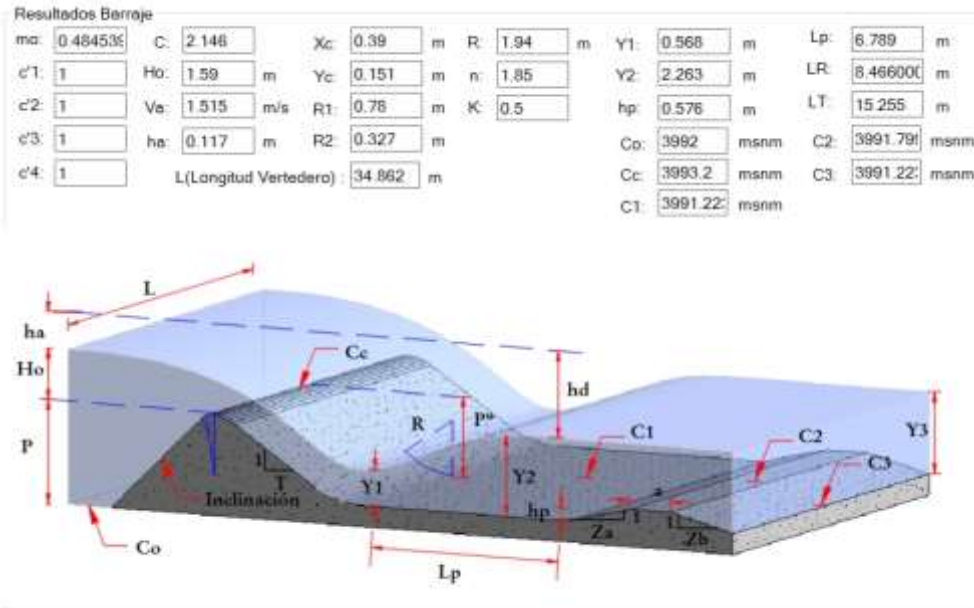
Q_{bmax} : 150 m³/s (que circula por encima del barrage cuando las compuertas se encuentran complemente cerradas)

$$C_o = 3992.00 \text{ m.s.n.m. Cota del nivel del río.}$$

$$P = 1.20 \text{ m Paramento o altura de barrage (Aguas arriba).}$$

Figura 15.

Geometría del perfil de aguas arriba de la cresta vertedora tipo creager



Fuente: Diseño propio.

Tabla 5.

Valores de perfil Creager.

$y = K_o * X^n$	
Ko=0.339	n =1.85
X	Y
0	0
0.1	0.005
0.2	0.017
0.3	0.037
0.4	0.062
0.5	0.094
0.6	0.132
0.7	0.175
0.8	0.224
0.9	0.279
1	0.339
1.081	0.392

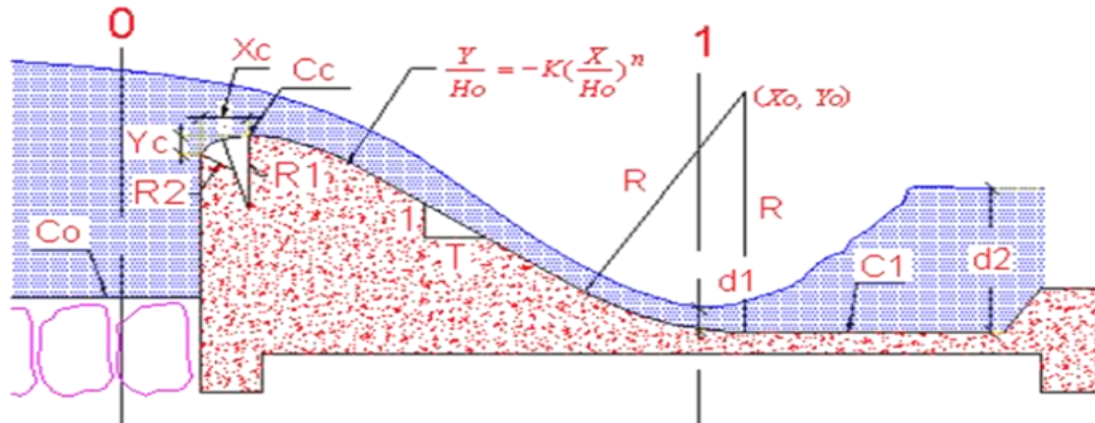
Fuente: Elaboración propia.

La figura 6

Muestra el diseño del cuenco disipador.

Figura 16.

Cuenca disipador



Fuente: Elaboración propia.

Cálculo del d1:

$$E_0 = C_0 + P + H + \frac{Vh^2}{2 \cdot xg} \quad \text{Sección 0}$$

$$E_1 = C_1 + d_1 + \frac{V1^2}{2 \cdot xg} \quad \text{Sección 1}$$

Igualando E:0 y E:1:

$$v_1 = \left(2gx \left(C_0 - C_1 + p + H - d_1 + \frac{Vh^2}{2g} - hf_{01} \right) \right)^{1/2}$$

Ecuación continuidad:

$$v_1 = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{(b_1 * d_1)}$$

Igualamos las expresiones:

$$v_1 = \left(2gx \left(C_0 - C_1 + p + H - d_1 + \frac{Vh^2}{2g} - hf_{01} \right) \right)^{1/2} - \frac{Q}{(b_1 * d_1)} = 0$$

Resultado:

$$d_1 = Y = 0.568 \text{ m}$$

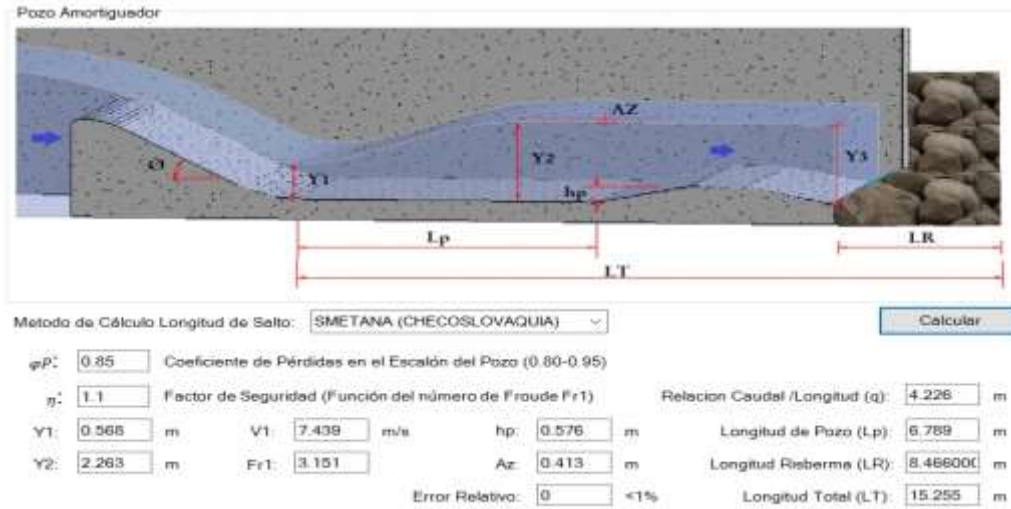
$$V_1 = 7.439 \text{ m/s}$$

Cálculo del tirante d2:

$$y_2 = -\frac{Y}{2} + \sqrt{2 * \frac{Q^2}{9.81 * Y} + \frac{Y^2}{4}}$$

Figura 17.

Geometría



Fuente: Elaboración propia.

Cálculo del espesor del colchón disipador

Se ha realizado de las Subpresiones con ayuda del programa Geo estudio 2024 con su módulo Seep.

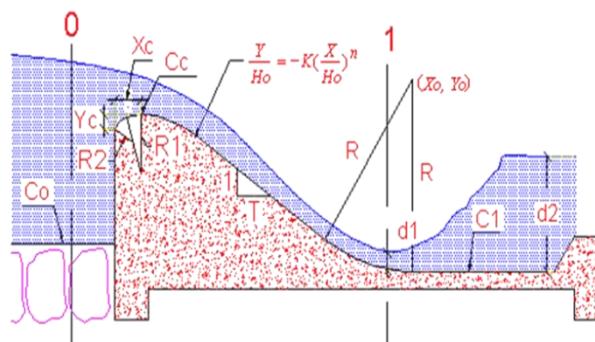
$$Ah=1.10 \text{ m}$$

$$K_{\text{agregado}}=1 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$$

$$K_{\text{arena Limosa}}=1 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$$

Figura 18.

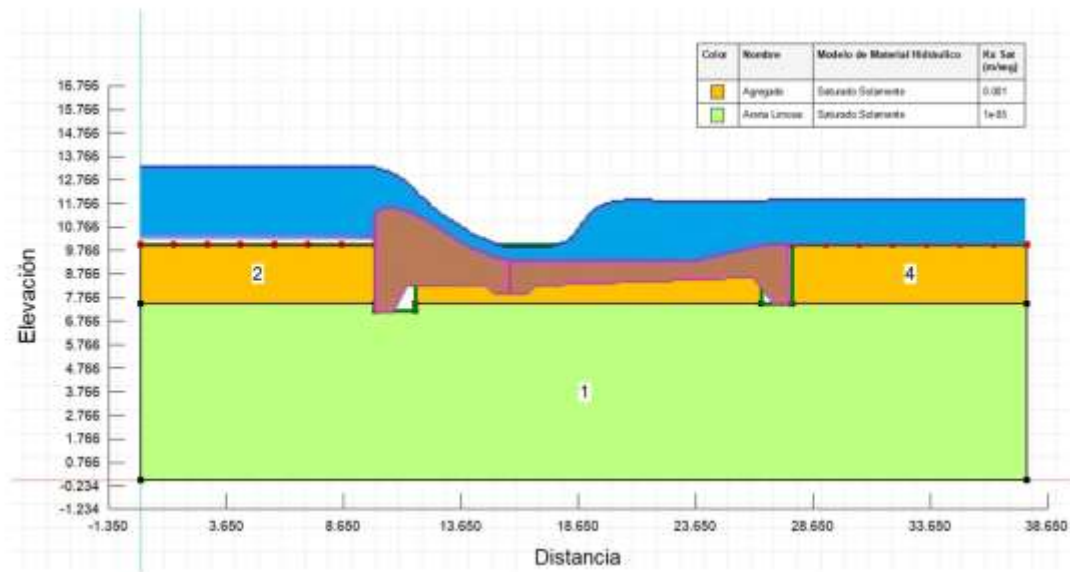
Colchón disipador



Fuente: Elaboración propia.

Figura 19.

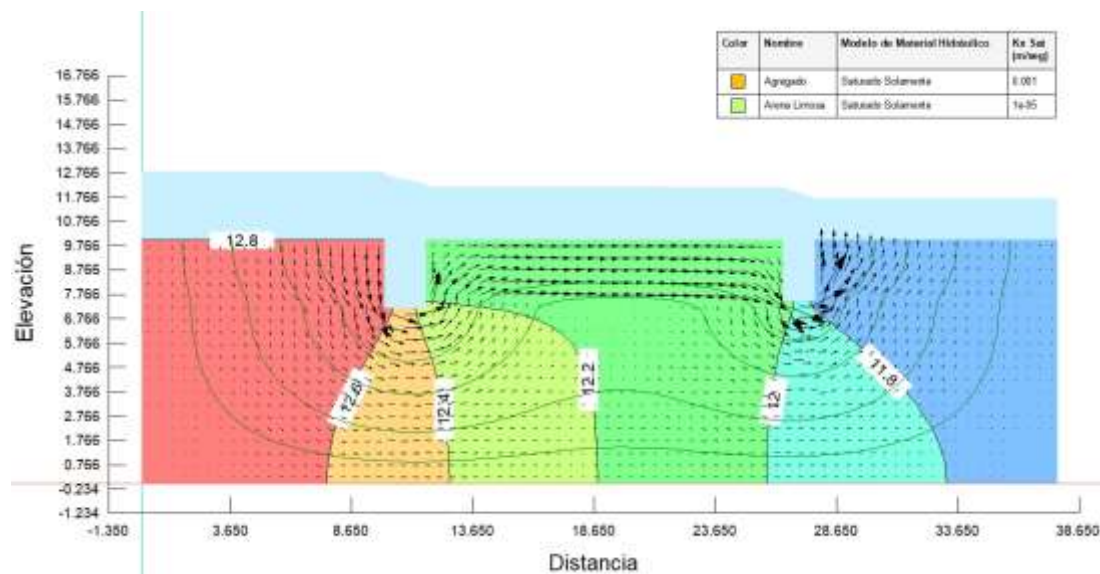
Muestra de los materiales - Geoestudio 2024, Seep



Fuente: Elaboración propia.

Figura 20.

Muestra las líneas equipotenciales y líneas de flujo - Geoestudio 2024, Seep



Fuente: Elaboración propia.

La fórmula que permite calcular el espesor conveniente se basa en que el peso del solado debe ser mayor que la subpresión, es decir:

$$W \geq Sp$$
$$\gamma_s \cdot A \cdot e > \gamma \cdot h \cdot A$$

De donde:

Teóricamente el espesor esg:

$$e = \gamma \cdot h / (\gamma_s - \gamma)$$

Espesor con un coeficiente de seguridad:

$$E = 4 \cdot e / 3$$

$$e \geq 0.90 \text{ m}$$

Tabla 6.

Esfuerzos de supresión

Ítem	Equipotencial s	Cota ref	h (m)	Supresión (Kg/m ²)	Wc (Kg/m ³)	e (m)	4e/3 (m)
1	12.8	10	2.8	2800	2400	1.17	1.56
2	12.6	10	2.6	2600	2400	1.08	1.44
3	12.4	10	2.4	2400	2400	1.00	1.33
4	12.2	10	2.2	2200	2400	0.92	1.22
5	12	10	2	2000	2400	0.83	1.11
6	11.8	10	1.8	1800	2400	0.75	1.00

Nota: Elaboración propia.

Del análisis se adoptaron espesores que oscilan desde 1.30 m hasta 0.80 m a la salida del colchón.



4.1.2. Cálculo de la capacidad de captación real de la bocatoma tipo barraje mixto en el sistema de riego tecnificado Chacachimpa

La tabla 7 presenta el cálculo técnico de las necesidades hídricas para los cultivos de la localidad de Laucamayo, ubicada a 4,320 metros sobre el nivel del mar, en las coordenadas 15.18° de latitud sur y 71.76° de longitud oeste. El área total de cultivo es de 74.48 hectáreas, distribuidas en dos tipos de cultivos principales: la papa nativa que ocupa el 10% del área con 7.45 hectáreas, y la alfalfa combinada con ray grass que representa el 90% restante con 67.03 hectáreas.

Así mismo, la tabla 7 muestra que la evapotranspiración potencial varía a lo largo del año entre 2.37 y 3.76 milímetros por día, siendo mayor en los meses de verano (noviembre a marzo) cuando hay mayor radiación solar y temperatura. Este valor representa la cantidad de agua que se evapora naturalmente desde el suelo y la transpiración de las plantas bajo condiciones óptimas.

Para calcular las necesidades reales de agua de los cultivos, se aplica un coeficiente de cultivo ponderado que varía según el tipo de planta y su etapa de crecimiento. Este coeficiente fluctúa entre 0.45 y 1.09 a lo largo del año, siendo más alto en los meses de noviembre cuando los cultivos están en pleno desarrollo vegetativo. Al multiplicar la evapotranspiración potencial por este coeficiente, se obtiene la evapotranspiración real, que alcanza un total anual de 24.99 milímetros por día en promedio.

La zona presenta un régimen de precipitaciones marcadamente estacional, con una época de lluvias concentrada entre enero y marzo donde se registran los valores más altos, alcanzando 186.2 milímetros en enero y 182.6 milímetros en febrero. En contraste, la época seca que abarca de mayo a agosto



presenta precipitaciones mínimas, llegando apenas a 2.6 milímetros en junio. Sin embargo, no toda esta precipitación es aprovechada por los cultivos, por lo que se calcula una precipitación efectiva que considera únicamente el agua de lluvia que realmente infiltra y queda disponible en la zona radicular.

La demanda neta de riego, que representa el agua que efectivamente debe aplicarse mediante el sistema de riego, se calcula restando la precipitación efectiva de la evapotranspiración real del cultivo. Durante los meses de enero, febrero y marzo, la precipitación es suficiente para cubrir las necesidades de los cultivos, por lo que no se requiere riego adicional. A partir de abril comienza la necesidad de riego complementario, y esta demanda se incrementa progresivamente durante la época seca, alcanzando sus valores máximos en los meses de octubre y noviembre con 3.29 y 3.61 milímetros por día respectivamente. La demanda neta total anual suma 16.46 milímetros por día.

Considerando que el sistema de riego tiene una eficiencia del 70%, lo que significa que se pierde aproximadamente el 30% del agua aplicada por infiltración profunda, evaporación y otras pérdidas, se debe calcular una demanda bruta mayor. Esta demanda bruta representa el volumen de agua que realmente debe extraerse de la fuente de abastecimiento. Los valores de demanda bruta oscilan desde cero en los primeros tres meses del año hasta 5.16 milímetros por día en noviembre.

Expresado en términos de caudal instantáneo, el sistema de riego requiere un módulo de riego que varía desde 0.12 litros por segundo por hectárea en abril hasta un máximo de 0.60 litros por segundo por hectárea en noviembre. Para el área total de cultivo, esto se traduce en un caudal necesario de hasta



40.47 litros por segundo en el mes de octubre, que es el período de mayor demanda hídrica del año.

Finalmente, los volúmenes totales demandados por mes muestran que durante los nueve meses en los que se requiere riego, el consumo acumulado más alto ocurre en octubre con 108,385 metros cúbicos, seguido por noviembre con 103,712 metros cúbicos. Los meses de mayor demanda son agosto, septiembre, octubre y noviembre, período durante el cual se concentra la mayor parte del volumen anual de riego necesario. Sumando todos los meses, el volumen total anual demandado para el riego de las 74.48 hectáreas es de aproximadamente 517,000 metros cúbicos.

En resumen, la tabla 7 indica que el sistema de riego debe estar diseñado para proveer un caudal mínimo de 40.47 litros por segundo y debe tener capacidad de almacenamiento o acceso a una fuente confiable que pueda suministrar más de medio millón de metros cúbicos de agua anualmente, concentrándose la mayor demanda entre los meses de agosto y noviembre cuando prácticamente no hay precipitaciones y los cultivos están en plena etapa productiva.

Tabla 7.

Cálculo de la demanda de agua para una cédula de cultivo

Cálculo de la demanda de agua para una cedula de cultivo (hargreaves modificado) con proyecto															
	Localidad:	Lauca		Latitud:	15.18	Longitud:	71.76	Altitud:	4,320	ms nm					
Referencia	Meses													Total	
				Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct		Nov
a	Porcentaje	Areas													
	Papa Nativa	10%	7.45	0.9	0.9	0.9	0	0	0	0	0	0	0.5	0.8	1
	Alfalfa+rey grass	90%	67.03	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1	1	1	1	0.5
		0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total	100%	74.48												
b	Area cultivada por mes (Has).		74.5	74.5	74.5	74.5	67	74.5	74.5	74.5	74.5	74.5	74.5	67	74.5
c	Evapotranspiración Potencial (ETo mm/día)		3.59	3.36	2.64	3.06	2.72	2.4	2.37	2.78	3.16	3.67	3.76	3.76	3.64
d	(Kc) Coeficiente ponderado.		0.54	0.54	0.54	0.45	0.5	0.45	0.45	0.9	0.9	0.95	1.09	1.09	0.55
e	Evapotranspiración Real (ETc mm/día) ETc = ETo * Kc		1.94	1.82	1.43	1.38	1.36	1.08	1.06	2.5	2.84	3.49	4.1	4.1	2.99
f	Desviación Estándar para cada mes (SD).		60.3	58.8	51	26.8	8.5	3.8	5.7	10.3	15.5	18.6	34.3	43.7	
g	Precipitación media mensual (PM).		182.62	182.6	135.4	49.8	8.4	2.6	4.2	5.7	17.3	27.1	41.1	108.3	
h	Precipitación efectiva (PE) Brower y Heibloem (mm/día)		4.32	4.32	2.69	0.66	0	0	0	0	0.01	0.2	0.49	1.99	
i	Demanda (lámina) unitaria neta (mm/día)		0	0	0	0.72	1.36	1.08	1.06	2.5	2.83	3.29	3.61	0.01	16.46
j	Eficiencia de Riego (%)		0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
k	Número de días del mes		31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	31
l	Requerimiento o demanda unitaria bruta (mm/día)		0	0	0	1.02	1.94	1.54	1.52	3.57	4.04	4.69	5.16	0.02	



Cálculo de la demanda de agua para una cedula de cultivo (hargreaves modificado) con proyecto

Referencia	Localidad: Laucama y o	Latitud: 15.18	Longitud: 71.76	Altitud: 4,320 msnm	Meses												Total
					Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
m	Requerimiento o demanda unitaria bruta m3/ha/día.	0	0	0	10.22	19.41	15.45	15.21	35.7	40.41	46.95	51.58	0.17				
l	Requerimiento o demanda unitaria bruta m3/ha/mes.	0	0	0	306.71	601.81	463.5	471.42	1,110.673	1,221.229	1,455.32	1,547.31	5.24				
m	Número de horas de riego	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24				
n	Módulo de Riego (l/s/ha)	0	0	0	0.12	0.22	0.18	0.18	0.41	0.47	0.54	0.6	0				
ñ	Volumen demandado (l/s)	0	0	0	8.81	15.06	13.32	13.11	30.77	34.83	40.47	40.01	0.15				
o	Volumen demandado (m3/mes)	0	0	0	22,842.24	40,338.11	34,519.18	35,108.99	82,424.13	90,285.81	108,385.71	103,712.78	39,018				

Nota; Elaboración propia.

Máximo Uso consuntivo	4.1	mm /día	Módulo de riego de diseño	0.6	l/s/ha
Maxima demanda mensual	108,385.71	m3/mes	Caudal máximo de diseño proyecto	44.46	l/s



A continuación, se define el diseño del sistema de conducción y distribución de un sistema de riego, sistema de presión,

a. Diseño del sistema de conducción y distribución

La conducción y distribución corresponde a un sistema de riego tecnificado por presión. La disposición de tuberías en el plano responde a criterios hidráulicos y económicos. Además, se respetan las parcelas.

b. Sistemas a presión

En el caso de sistemas a presión, la red de tuberías incluye reducciones que garantizan presiones variables de 7 a 20 metros de columna de agua en cada parcela de los 86 beneficiarios. Las pérdidas de carga primarias (por fricción) se calcularon para los sectores más críticos de todos los turnos de riego, según los tramos o secciones definidos en el plano de diseño, con la fórmula de Hazen-Williams. El rango recomendable de velocidades es de 0.5 a 2.0 m/s, aunque se aceptó máximos de 2.5 m/s en casos especiales.

c. Parámetros de diseño

Se determinó como caudal de diseño 45 lt/s, con el cuál se procedió al diseño hidráulico del sistema, empleando tubería a presión en los diversos tramos, desde la salida del desarenador hasta el último nudo del proyecto.

d. Diseño hidráulico

Empleando la fórmula de Hazen-Williams para el cálculo de pérdidas en tubería, se tiene, el siguiente diseño:

$hf = 10.674x \frac{Q^{1.852}}{C^{1.852} D^{4.871}} xL$, Fórmula de Hazen Williams, para hallar pérdidas de carga o energía en tuberías (m).

La expresión de la fórmula indica lo siguiente:

- **Hf**, pérdida de carga o energía (m)



- **Caudal (Q)**, en metros cúbicos por segundo(m³/s)
- **C**, es el coeficiente de rugosidad Hazen – Williams (adimensional)
- **D**, diámetro interno de la tubería (m)
- **L**, longitud de la tubería (m)

Es una variante de la fórmula de Hazen – Williams, utilizada para calcular el caudal (Q) en una tubería a presión con la siguiente expresión:

$$Q = 0.2787.C.D^{0.63}.S^{0.54}$$

El uso de fórmula es como sigue:

- El cálculo del **caudal (Q)** es en metros cúbicos por segundo(m³/s) para tuberías llenas y que trabajan a presión.
- **C**, es el coeficiente de rugosidad (depende del material de la tubería)
- **D**, es el diámetro interno de la tubería en metros(m)
- **S**, es la pendiente de la tubería (gradiente hidráulico)

De acuerdo al principio de Bernoulli y las leyes de conservación de la masa en Hidráulica y Mecánica de fluidos, es la ecuación de continuidad, que define el caudal (Q) por la siguiente expresión:

$$Q = V.A, \text{ Ecuación de continuidad}$$

- **Q**, Cudal o gasto (volumen de fluido que pasa por unidad de tiempo) m³/s.
- **V**, Velocidad media del fluido. (m/seg)
- **A**, Área de la sección transversal del conducto (tubería o canal) m²

Despejando de la ecuación de la continuidad para hallar la velocidad se tiene la siguiente expresión:

$$V = \frac{Q}{A}, \text{ entonces para tubería la velocidad } V = \frac{4Q}{\pi D^2} \text{ m/seg.}$$

D, Diámetro interno de la tubería (m)

**Tabla 8.**

Valores del coeficiente de rugosidad de Hazen – Williams para diferentes materiales

Coeficiente de Hazen-Williams para algunos materiales			
Material	C	Material	C
Asbesto cemento	140	Hierro galvanizado	120
Laton	130-140	Vidrio	140
Ladrillo de saneamiento	100	Plomo	130-140
Hierro fundido, nuevo	130	Plástico (PE, PVC)	140-150
Hierro fundido, 10 años de edad	107-113	Tubería lisa nueva	140
Hierro fundido, 20 años de edad	89-100	Acero nuevo	140-150
Hierro fundido, 30 años de edad	75-90	Acero	130
Hierro fundido, 40 años de edad	64-83	Acero rolado	110
Concreto	120-140	Lata	130
Cobre	130-140	Madera	120
Hierro dúctil	120	Hormigón	120-140

Nota: Elaboración propia.



Tabla 9. Diseño hidráulico del sistema

Diseño de tuberías - línea de aducción y distribución (red abierta)									
Descripción	L(m)	Q(m ³ /s) Diseño	Pend. S(m/km)	Dia m. Cal. (m)	Dia m. Int. Asu m (m)	V(m/s)	Perdi da de carga hf(m)	H. Piez. (m.s.n.m.)	Presión (m.c.a.)
Línea de conducción								3992.9	
Bocatoma								50	
Línea de conducc. Nuevo	67.00	0.0500	7.164	0.2191	0.2996	0.709	0.105	3992.845	0.375
Desarenador ingreso	127.63	0.0500	3.881	0.2485	0.2996	0.709	0.199	3992.646	0.296
Red de distribución									
Desarenador salida								3992.480	
Nodo a	1,508.30	0.0460	3.528	0.2455	0.2996	0.653	2.020	3990.460	3.301
Reservorio N° 02, ingreso	11.70	0.0200	256.571	0.0742	0.2376	0.451	0.010	3990.450	2.992
Reservorio N° 01, salida									
Pase aéreo N° 01, válvula de purga	266.00	0.0140	48.808	0.0911	0.2376	0.316	0.122	3990.338	12.861
Cota alta: válvula de aire	63.00	0.0140	111.335	0.0769	0.2376	0.316	0.029	3990.309	6.985
Reservorio N° 02, ingreso	251.18	0.0140	2.533	0.1672	0.2376	0.316	0.115	3990.194	0.521
Reservorio N° 02, salida								3990.194	
Pase aéreo N° 03, válvula de purga	612.00	0.0140	26.875	0.1029	0.152	0.772	2.468	3987.726	13.979
Cota alta: válvula de aire	345.00	0.0140	6.967	0.1358	0.152	0.772	1.391	3986.335	1.012
Nodo d	1,245.00	0.0140	11.188	0.1232	0.152	0.772	5.020	3981.315	8.909
Reservorio N° 01, salida								3985.658	
Nodo b	2,584.00	0.0200	5.353	0.1642	0.2376	0.451	2.290	3983.368	11.542
Nodo c	526.43	0.0110	25.364	0.0950	0.152	0.606	1.358	3982.010	11.994



Nodo b								3983.3	
								68	
Pase aéreo									
N°04: válvula	151.0	0.009	177.6	0.05	0.23	0.20	0.03	3983.3	26.7
de purga	0	0	59	90	76	3	0	38	96
Cota alta:									
válvula de aire	97.00	0.009	91.21	0.06	0.23	0.20	0.02	3983.3	8.82
			0 6	77	76	3	0	18	8
Cota baja:									
válvula de	288.9	0.009	39.36	0.08	0.23	0.20	0.05	3983.2	11.3
de purga	0	0	8	05	76	3	8	60	15
Reservorio N°	661.5	0.009	13.96	0.09	0.23	0.20	0.13	3983.1	9.10
03 ingreso	2	0	9	95	76	3	4	26	7
Reservorio N°								3972.2	
03 salida								19	
Cota más baja									
carretera:	1,266.	0.009	11.28			0.49		3969.9	12.0
válvula de	62	0	3	0.10	0.15	6	2.25	66	38
de purga				40	2		3		
Cota alta:									
válvula de aire	53.38	0.009	182.7	0.05	0.15	0.49	0.09	3969.8	9.65
			0 01	87	2	6	5	71	8
Cota baja:									
válvula de	305.0	0.009	57.07	0.07	0.15	0.49	0.54	3969.3	16.8
de purga	0	0	1	45	2	6	3	28	64
Cota alta:									
válvula de aire	99.98	0.009	130.6	0.06	0.15	0.49	0.17	3969.1	12.8
			0 76	29	2	6	8	50	87
Nodo e	367.0	0.009	54.35	0.07	0.15	0.49	0.65	3968.4	19.2
	2	0	7	53	2	6	3	97	97

Nota: Elaboración propia.

e. Captación

La captación se realizó a través de una bocatoma del tipo barraje mixto, un barraje fijo de concreto ciclópeo (Azud o presa de derivación) de 35.25m y el barraje móvil está compuesta por una compuerta metálica (Plancha acero ASTM-A-36 de 1/2") de limpia de dimensiones 4.00mx1.40m, y la derivación del caudal diseño con tubería F°G° Ø 315mm con rejilla de protección en la entrada Platina de 1/4"x3/4" y marco "L" 2"x2"x3/16", para regular el caudal de entrada, con una válvula compuerta BB, Ho. dúctil cierre elast. vástago acero inoxidable DN



300mm, y con una línea de conducción tubería PVC UF 315mm (193 ML) hasta el desarenador.

El Rio tiene un ancho de 40m y a los costados dos muros de encauzamiento de concreto ciclópeo en una longitud de 24.80 m con aleros de 5.80m. margen derecha y margen izquierda longitud del muro de encauzamiento 8.30m concreto ciclópeo y muro de concreto armado $f'c=210\text{kg/cm}^2$. De 6.15m, con aleros de 5.80 m y 25m.

Para evitar el desbordamiento y inundaciones por la construcción del azud o presa en el rio aguas arriba en la margen derecha se construirá una defensa ribereña de 180m con dique enrocado con corona de 5.00 m con altura variable 0.50 a 1.50 m y la margen izquierda defensa ribereña 18.00m con corona de 5.00 m con altura variable 0.30 a 1.00m.

Asimismo, tiene un azud de concreto ciclópeo protegida en entrada y salida por un enrocamiento.

Para proteger los elementos aguas debajo de la bocatoma se ha previsto la ejecución de muros de gaviones de malla hexagonal y un colchón anticavante del mismo material que los gaviones.

f. Línea de conducción

La línea de conducción tubería PVC UF 315mm (193 ML), según detalle de los planos. Va desde la cámara de válvulas de la bocatoma hasta el desarenador aguas abajo en una longitud de 193m.

g. *Desarenador*

El desarenador se ejecutó en concreto armado $f'c=175\text{kg/cm}^2$ y tendrá un ancho en el cuerpo principal de 1.05 y longitudes en la entrada y salida de 0.80m. En la salida se emplearán una rejilla y un vertedor. Del desarenador se lleva el



agua a través de la línea de conducción en tubería PVC UF 250mm hacia el reservorio.

h. Línea de conducción

La línea de conducción entre el desarenador y el Reservorio R-01 es de 10.65m, empleándose Tubería PVC UF DN 200mm PN5.

Se realizó empleando tubería de poli cloruro de vinilo (PVC) de Unión Flexible (UF), fabricada bajo la Norma NTP ISO 4422, para el transporte de fluidos a presión.

i. Reservorios

Se ejecutó cuatro reservorios excavados en tierra con volúmenes netos de:

- Reservorio 01: 402m³
- Reservorio 02: 281m³
- Reservorio 03: 191m³

La protección de la cuba se realizó empleando de primera instancia un Geotextil no tejido de 400gr/m² de densidad, sobre el que irá una Geo membrana de Polipropileno HDPE-S de 1.5mm de espesor.

Se ejecutarán zanjas de coronación para sujetar la Geo membrana según diseño, así como zanjas de drenaje y otros detalles.

La salida se realizó a través de una cámara de válvulas, en donde irá la válvula compuerta principal y la válvula de limpia. Dicha cámara de válvulas se ejecutó en concreto armado.

Para proteger el reservorio en la pendiente se empleó un muro de contención en concreto ciclópeo según dimensiones del proyecto.

Los reservorios están protegidos por un cerco perimétrico metálico con columnas de concreto en los extremos y en la puerta de acceso.



j. Línea principal

La línea de principal de distribución tiene una longitud de 8,196.60m, empleándose Tubería PVC UF de diámetros DN 315, 250, 140 y 110mm. Los accesorios a emplear también deberán ser del tipo PVC UF.

Las válvulas de compuerta y purga se ejecutaron en los elementos de concreto armado diseñados para tal fin.

Todas las válvulas son del tipo Bridadas de Hierro dúctil y cumplen las normas NTP 350.064 y NTP-ISO 7259.

Se ha requerido 04 válvulas del tipo compuerta en la red, 11 válvulas de purga. 22 válvulas de Purga de aire

Como obras de arte, se tienen 03 pases aéreos.

- Pase aéreo N° 01, con una luz de 45 m del tipo colgante.
- Pase aéreo N° 02, con una luz de 20 m del tipo colgante.
- Pase aéreo N° 03, con una luz de 25m del tipo colgante.

4.2 Diseminación de los hallazgos

El presente estudio abordó el diseño hidráulico de una bocatoma tipo barraje mixto con perfil Creager para el sistema de riego tecnificado Chacachimpa – Puente Blanco, ubicado en Suyckutambo, Cusco, obteniéndose resultados que merecen ser discutidos a la luz de normativas técnicas vigentes, metodologías reconocidas internacionalmente y estudios previos similares desarrollados en la región andina del Perú.

La selección del período de retorno de 50 años para el dimensionamiento hidráulico del barraje mixto se fundamenta en las recomendaciones establecidas por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) y el Manual de Criterios de Diseños de Obras Hidráulicas para la Formulación de Proyectos Hidráulicos Multisectoriales,



que especifican períodos de retorno entre 25 y 100 años para estructuras de captación según su importancia socioeconómica y riesgo asociado. La decisión de emplear $TR = 50$ años resulta conservadora y técnicamente apropiada.

El caudal máximo obtenido de $148.30 \text{ m}^3/\text{s}$ mediante el modelo de Hidrograma Unitario de Snyder en HEC-HMS, redondeado a $150 \text{ m}^3/\text{s}$ para diseño, representa una magnitud coherente considerando que la cuenca del río Sañu presenta características morfométricas y climáticas típicas de cuencas alto-andinas con precipitaciones concentradas entre enero y marzo, donde el método Dyck-Peschke empleado para calcular las intensidades de precipitación ha demostrado confiabilidad en zonas de montaña con escasez de datos hidrométricos.

La metodología de modelamiento hidráulico bidimensional mediante el software IBER constituye una aproximación técnicamente robusta y alineada con las mejores prácticas internacionales para el análisis de estructuras hidráulicas complejas. A diferencia de modelaciones unidimensionales tradicionales con HEC-RAS que asumen flujo en canales con geometría regular, IBER permite capturar fenómenos bidimensionales críticos como patrones de flujo secundario, distribución espacial de velocidades, identificación de zonas de recirculación y potenciales desbordes laterales, aspectos fundamentales en el diseño de bocatomas ubicadas en cauces naturales irregulares. Los resultados obtenidos mediante IBER, que evidenciaron desbordes potenciales en las márgenes durante eventos extremos, justificaron técnicamente la incorporación de defensas ribereñas de 180 m en margen derecha y 18 m en margen izquierda, decisión de diseño que probablemente no habría sido identificada mediante modelación 1D convencional.



Los parámetros hidráulicos obtenidos del modelamiento presentan coherencia física y técnica con los principios teóricos de flujo sobre vertederos tipo Creager. El tirante normal calculado de 1.180 m para el caudal de diseño de 150 m³/s en un cauce de 40 m de ancho, con pendiente de 0.0107 m/m y rugosidad de Manning $n = 0.035$, se ajusta adecuadamente a valores esperados según la ecuación de Manning empleada. Las velocidades registradas de 3.177 m/s en el río antes del barraje y 7.439 m/s aguas abajo del cuenco disipador se mantienen dentro del rango operativo seguro de 3.5-7.5 m/s especificado en la hipótesis, aunque debe notarse que la velocidad máxima de 7.439 m/s se encuentra en el límite superior, situación que refuerza la importancia del cuenco disipador diseñado. El diseño del cuenco disipador mediante la metodología del resalto hidráulico, con tirantes conjugados $d_1 = 0.568$ m y d_2 calculado, junto con un colchón de espesor variable (0.80-1.30 m) dimensionado contra subpresiones mediante análisis en GeoStudio SEEP, representa una solución técnicamente sólida que garantiza la disipación de energía y protección contra socavación.

El cálculo de la demanda hídrica mediante el método de Hargreaves Modificado, que resultó en un caudal de captación de 44.46 l/s para 74.48 hectáreas, representa una aplicación metodológica apropiada para la región altoandina donde se ubica el proyecto (4,320 msnm). El módulo de riego máximo de 0.60 l/s/ha obtenido para noviembre se encuentra dentro del rango típico reportado en la literatura técnica para cultivos similares en zonas altoandinas. La eficiencia de riego del 70% considerada en el diseño es conservadora para sistemas tecnificados, donde típicamente se alcanzan eficiencias de 75-85%, lo que representa un margen de seguridad implícito en el diseño que podría permitir incrementar el área bajo riego si se optimiza la operación del sistema. El volumen



mensual máximo demandado de 108,385.71 m³ en octubre justifica técnicamente la capacidad de almacenamiento total de 874 m³ distribuida en tres reservorios, considerando que estos operan bajo un esquema de distribución sectorial con turnos de riego programados, no requiriendo almacenar el volumen mensual completo sino únicamente el correspondiente a 2-3 días de operación continua según el esquema de turnos diseñado.

La incorporación de obras complementarias identificadas durante el modelamiento IBER, particularmente las defensas ribereñas mediante diques enrocados con corona de 5.00 m y alturas variables de 0.50-1.50 m en margen derecha y 0.30-1.00 m en margen izquierda, constituye una decisión de diseño crucial para garantizar la seguridad del sistema. La normativa peruana, específicamente el Manual de Diseño de Bocatomas de la ANA (2010), recomienda extender las defensas ribereñas aguas arriba de la estructura de captación en longitudes de 1.5 a 2.0 veces el ancho del cauce para periodos de retorno ≥ 50 años, lo que equivaldría a 60-80 m para un río de 40 m de ancho; sin embargo, la decisión de extender 180 m en margen derecha responde a condiciones topográficas específicas del sitio identificadas en el modelamiento, demostrando la importancia de complementar criterios normativos generales con análisis específicos de cada proyecto.

El diseño del barraje fijo de 35.25 m de ancho complementado con un barraje móvil de 4.00 m (compuerta metálica) representa una configuración de barraje mixto adecuada, donde el barraje móvil maneja aproximadamente el 10% del caudal máximo (15 m³/s de 150 m³/s total). El presente diseño proporciona mayor flexibilidad operativa para manejo de sedimentos, aspecto crítico en ríos andinos con altas cargas de material sólido durante la época de lluvias.



El presente estudio aporta contribuciones significativas al conocimiento técnico de diseño de bocatomas en zonas alto-andinas del Perú. Primero, valida la aplicabilidad del software IBER para modelamiento hidráulico 2D de estructuras de captación en contextos de montaña, proporcionando un caso de estudio documentado que puede servir de referencia para proyectos similares en la región Cusco y otras zonas andinas. Segundo, demuestra cuantitativamente la importancia de incorporar análisis bidimensionales en etapas tempranas del diseño, evitando costosas modificaciones post-construcción, al identificar necesidades de defensas ribereñas no evidentes en análisis 1D convencionales. Tercero, integra metodologías hidrológicas (Dyck-Peschke, Snyder, HEC-HMS), hidráulicas (IBER, HEC-RAS), agronómicas (Hargreaves, FAO-56) y geotécnicas (GeoStudio SEEP) en un marco de diseño holístico que considera simultáneamente seguridad estructural, eficiencia operativa y sostenibilidad agrícola del sistema. Esta aproximación integral representa una mejora respecto a diseños tradicionales que frecuentemente abordan aspectos hidráulicos y agronómicos de manera independiente, generando inconsistencias entre la capacidad de captación y la demanda real del sistema.

Los resultados obtenidos sugieren que el barraje mixto tipo Creager diseñado cumple satisfactoriamente con los requisitos técnicos para operar de manera segura y eficiente bajo las condiciones hidrológicas extremas de la cuenca del río Sañu, proporcionando simultáneamente el abastecimiento hídrico requerido para el desarrollo agrícola sostenible de 74.48 hectáreas en la comunidad de Chacachimpa.



CONCLUSIONES

PRIMERA. – Se analizó que la bocatoma tipo barraje mixto influye significativamente en el sistema de riego tecnificado Chacachimpa – Puente Blanco, Suyckutambo, Cusco. La incorporación de defensas ribereñas (180 m y 18 m), cuenco disipador, desarenador y reservorios (874 m³) consolida un sistema integral hidráulicamente eficiente y operativamente seguro que satisface los criterios de protección ante eventos extremos y los requerimientos agronómicos durante todo el ciclo agrícola.

SEGUNDA. – Se determinó que el barraje mixto tipo Creager de 35.25 m de ancho diseñado para el proyecto de riego tecnificado Chacachimpa presenta un comportamiento hidráulico satisfactorio ante caudales extremos de máxima avenida. Los resultados del modelamiento hidráulico bidimensional mediante software IBER para un período de retorno de 50 años ($Q_{50} = 150 \text{ m}^3/\text{s}$) demuestran que la estructura evacua eficientemente el caudal de diseño con un tirante normal de 1.180 m, dentro del rango previsto de $1.60 \pm 0.15 \text{ m}$ sobre la cresta del barraje, con velocidades de flujo que alcanzan 3.177 m/s en condiciones normales y 7.439 m/s aguas abajo del cuenco disipador, manteniéndose dentro del intervalo operativo seguro de 3.5-7.5 m/s. El nivel de agua máximo extraordinario se establece aproximadamente en 3994.80 msnm (considerando la cota de referencia del río de 3992.00 msnm más el paramento de 1.20 m y los tirantes correspondientes), ajustándose a los parámetros de diseño establecidos, mientras que el diseño del



cuenco disipador con tirantes conjugados ($d_1 = 0.568$ m y d_2 calculado mediante resalto hidráulico) garantiza la disipación adecuada de energía, minimizando riesgos de socavación excesiva aguas abajo.

TERCERA. – Se calculó que la capacidad de captación real requerida para el sistema de riego tecnificado Chacachimpa se establece en 44.46 litros por segundo, determinada mediante el análisis agronómico exhaustivo de la demanda hídrica para 74.48 hectáreas bajo riego, distribuidas en papa nativa (10%) y alfalfa-ray grass (90%), fundamentándose en el módulo de riego máximo de 0.60 l/s/ha calculado para el mes de noviembre (período de mayor demanda hídrica), la demanda unitaria bruta máxima de 5.16 mm/día considerando una eficiencia del sistema del 70%, el volumen mensual máximo demandado de 108,385.71 m³ en octubre representando el escenario crítico de operación, y la evapotranspiración real del cultivo (ET_c) máxima de 4.10 mm/día con precipitación efectiva prácticamente nula durante la época seca (mayo-noviembre). La bocatoma tipo barraje mixto diseñada, con ventana de captación dimensionada mediante ecuación de vertedero ($Q = CLH^{1.5}$) para un caudal de 0.045 m³/s (45 l/s), proporciona un margen de seguridad adecuado (≈1% adicional) respecto al caudal de diseño requerido de 44.46 l/s, garantizando el abastecimiento suficiente para satisfacer las necesidades hídricas del proyecto durante todo el ciclo agrícola, especialmente en los meses críticos de estiaje donde la demanda se concentra entre agosto y noviembre.



RECOMENDACIONES

PRIMERA. – A los pobladores del Distrito de Suyckutambo implementar un programa de monitoreo y mantenimiento preventivo del sistema integral de riego tecnificado Chacachimpa, enfocado en la inspección trimestral de las defensas ribereñas (especialmente después de eventos de máxima avenida), limpieza semestral del desarenador y cuenco disipador para evitar acumulación de sedimentos que reduzcan la eficiencia hidráulica, y verificación anual del estado de los reservorios (874 m³) incluyendo la integridad de la geomembrana HDPE de 1.5 mm y el geotextil de 400 gr/m². Asimismo, se sugiere establecer un protocolo de operación de la compuerta metálica del barraje móvil (4.00m x 1.40m) durante eventos extremos.

SEGUNDA. – A la Oficina de Infraestructura de la Municipalidad Distrital de Suyckutambo se sugiere además realizar levantamientos batimétricos semestrales del lecho del río en un tramo de 200 m aguas abajo del cuenco disipador para detectar procesos de socavación localizada que pudieran comprometer la estabilidad estructural, implementando obras de protección adicional (enrocado o gaviones) si se identifican erosiones superiores a 0.50 m en profundidad, y verificar anualmente el estado del colchón disipador (espesor 0.80-1.30 m) mediante calicatas de inspección.

TERCERA. – A la Oficina de Desarrollo Económico de la Municipalidad Distrital de Suyckutambo instalar medidores de caudal (aforadores Parshall o caudalímetros electromagnéticos) en puntos estratégicos de la



red de distribución (salida del desarenador, entrada a cada reservorio, y líneas principales) para verificar que el caudal efectivamente captado se mantenga dentro del rango de diseño (45 ± 2 l/s) y detectar pérdidas por fugas en el sistema de conducción de tuberías. Capacitar a los usuarios en técnicas de riego tecnificado por aspersión o goteo que permitan incrementar la eficiencia hasta un 85-90% y reducir la presión sobre la fuente de captación.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Autoridad Nacional del Agua - ANA (2010). Criterios de diseño de obras Hidráulicas.
- Bos, M. G. (1989). Discharge Measurement Structures (3era. ed.). International Institute for Land Reclamation and Improvement.
- Campos, D. F. (1987). Diseño Hidrológico de Máximas Avenidas.
- Cedeño, D. (1997). Apuntes de Hidrología. Departamento de Hidráulica, Sanitaria y Ciencias Ambientales. Universidad Tecnológica de Panamá.
- Chadwick, A. y Morfett, J. (1998). Hydraulics in Civil and Environmental Engineering (3rd ed.). E & FN Spon.
- Chanson, H. (2004). The Hydraulics of Open Channel Flow: An Introduction (2nd ed.). Elsevier Butterworth-Heinemann.
- Chow, V. T. (1969). Open Channel Hydraulics. Edición Revolucionaria.
- Cruz, R. E. y González, E. P. (2012). Ingeniería de ríos y canales. Alfaomega.
- Derbie, M., Beyene, A. A., Asres, S., & Yenesew, M. (2024). Modelling soil water and nutrient dynamics under different irrigation techniques of onion production. *Water Science*, 38(1), 485–500.
<https://doi.org/10.1080/23570008.2024.2394721>
- El Comercio (2025). Puno: proyectos de riego tecnificado elevan la productividad de familias agricultoras. <https://elcomercio.pe/lima/sucesos/puno-proyectos-de-riego-tecnificado-elevan-la-productividad-de-familias-agricultoras-noticia/>
- Ferrufino, J. H. y Moreira S. G. (2006). Material de Apoyo Didáctico Obras Hidráulicas II.
- French, R. H. (1985). Open-Channel Hydraulics. McGraw-Hill.



Gasser, L., Le Gall, F., & Abily, M. (2024). Water efficiency in smart cities: optimising irrigation for public green spaces. *LHB*, 110(1).
<https://doi.org/10.1080/27678490.2023.2294076>

Hadi, M., Martel, C., Huayta, F., Rojas, R., & Arias, J. (2023). Metodología de la investigación: Guía para el proyecto de tesis. Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú.
<https://doi.org/10.35622/inudi.b.073>

Hazar, O., Civelek, S., Sagir, C. A., & Elçi, S. (2025). New rotating Coanda-type intake for sediment-laden flows. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 52(4), 460-473. <https://doi.org/10.1139/cjce-2024-0341>

Ley N° 32437. Ley de Riego Tecnificado.

Luginbühl, Y. (2023). Irrigation: Qualities, Drawbacks, and Comparisons. *Conservation and Management of Archaeological Sites*, 25(1–3), 70–103. <https://doi.org/10.1080/13505033.2023.2293347>

Mays, L. W. (2001). *Water Resources Engineering*. John Wiley & Sons.

Mejoramiento y ampliación sistema de riego Chacachimpa-Puente Blanco. Municipalidad Distrital de Suykutambo. Especificaciones técnicas. Espinar – Cusco.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014). *Manual de Hidrología y Drenaje*.

http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_2950.pdf

Mosisa, G., & Adeba, D. (2023). Hydraulic performance evaluation of diversion weir and canal structures: Case study of Basaka small scale irrigation scheme, Wayu Tuka, East Wallaga, Oromia, Ethiopia. *American Journal*



of Science, Engineering and Technology, 8(3), 152-161.

<https://doi.org/10.11648/j.ajset.20230803.15>

Moyo, M., Dube, T., van Rooyen, A., Bjornlund, H., Parry, K., Wellington, M., ...

Pittock, J. (2025). Adapting smallholder irrigation systems to extreme events: a case of the Transforming Irrigation in Southern Africa (TISA) project in Zimbabwe. *International Journal of Water Resources Development*, 41(2), 274–297.

<https://doi.org/10.1080/07900627.2024.2423733>

Novak, P., Moffat, A. I. B., Nalluri, C., & Narayanan, R. (2007). *Hydraulic Structures* (4th ed.). CRC Press.

Pinto Albán, et al. (2025). Impacto de los índices de vegetación en la eficiencia del riego tecnificado: una revisión sistemática. *Polo del Conocimiento*.

<https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/10184>

Programación de obra – Diagrama Gantt. Mejoramiento y ampliación del sistema de riego Chacachimpa – Puente Blanco (adicional de obra).

Rocha, A. (2003). La Bocatoma, Estructura Clave en un Proyecto de Aprovechamiento Hidráulico. Presentado en el XI Congreso Nacional de Estudiantes de Ingeniería Civil (CONEIC), Piura, agosto 2003. Reproducido en *Revista Ingeniería Civil* de la Facultad de Ingeniería Civil de la UNI, Año 01, Edición N° 2.

Roldán, G. y Ramírez, J. J. (2010). *Diseño de obras hidráulicas: Un enfoque práctico*. Editorial Universidad de Antioquia.

Segeber, C. D. y Villodas, R. (2007). *Hidrología I*. Universidad Nacional de Cuyo.

Setyandito, O., Novandy, Juliastuti, Christian, S., & Lopa, R. T. (2022). Flow characteristics investigation on trapezoidal weir using FLOW-3D. *IOP*



Conference Series: Earth and Environmental Science, 998, 012013.

<https://doi.org/10.1088/1755-1315/998/1/012013>

Shen, H. W. (1971). *River Mechanics*. The Iowa State University Press.

Tyagi, S., Anand, R., Sabharwal, A., & Reddy, S. (2024). Plant Recommendation System Using Smart Irrigation Integrated with IoT and Machine/Deep Learning. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 55(16), 2488–2508. <https://doi.org/10.1080/00103624.2024.2367035>

Villón, M. (2002). *Hidrología Estadística*. Serie en Ingeniería Agrícola.



ANEXOS

ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tesis: Bocatoma tipo barraje mixto en el sistema de riego tecnificado

Chacachimpa – Puente Blanco, Suyckutambo, Cusco, 2023

Interrogantes	Objetivos	Hipótesis	Variable	Metodología
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general		Diseño - No experimental - Cuantitativo
¿Cuál es la influencia de la bocatoma tipo barraje mixto en el sistema de riego tecnificado Chacachimpa – Puente Blanco, Suyckutambo, Cusco, 2023?	Analizar cuál es la influencia de la bocatoma tipo barraje mixto en el sistema de riego tecnificado Chacachimpa – Puente Blanco, Suyckutambo, Cusco, 2023.	La bocatoma tipo barraje mixto influye significativamente en el sistema de riego tecnificado Chacachimpa – Puente Blanco, Suyckutambo, Cusco, 2023.		Tipo - Básica
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específica	V. I. Bocatoma tipo barraje mixto V. D. Sistema de riego tecnificado	Nivel - Explicativo
¿Cómo se comporta hidráulicamente el barraje mixto tipo Creager de 35.25 m. de ancho ante caudales extremos de máxima avenida? ¿Cuál es la capacidad de captación real de la bocatoma tipo barraje mixto en el sistema de riego tecnificado Chacachimpa?	Determinar cómo se comporta hidráulicamente el barraje mixto tipo Creager de 35.25 m. de ancho ante caudales extremos de máxima avenida Calcular cuál es la capacidad de captación real de la bocatoma tipo barraje mixto en el sistema de riego tecnificado Chacachimpa	El barraje mixto tipo Creager de 35.25 m de ancho presenta un comportamiento hidráulico estable, eficiente y seguro ante caudales extremos de máxima avenida con período de retorno de 50 años (Q50=150 m³/s), alcanzando una eficiencia hidráulica ≥85% que permite evacuar el 100% del caudal de diseño sin generar desbordes críticos aguas arriba,		Métodos - Deductivo - Analítico
				Métodos - Deductivo - Analítico
				Población 84 beneficiarios Muestra 84 beneficiarios

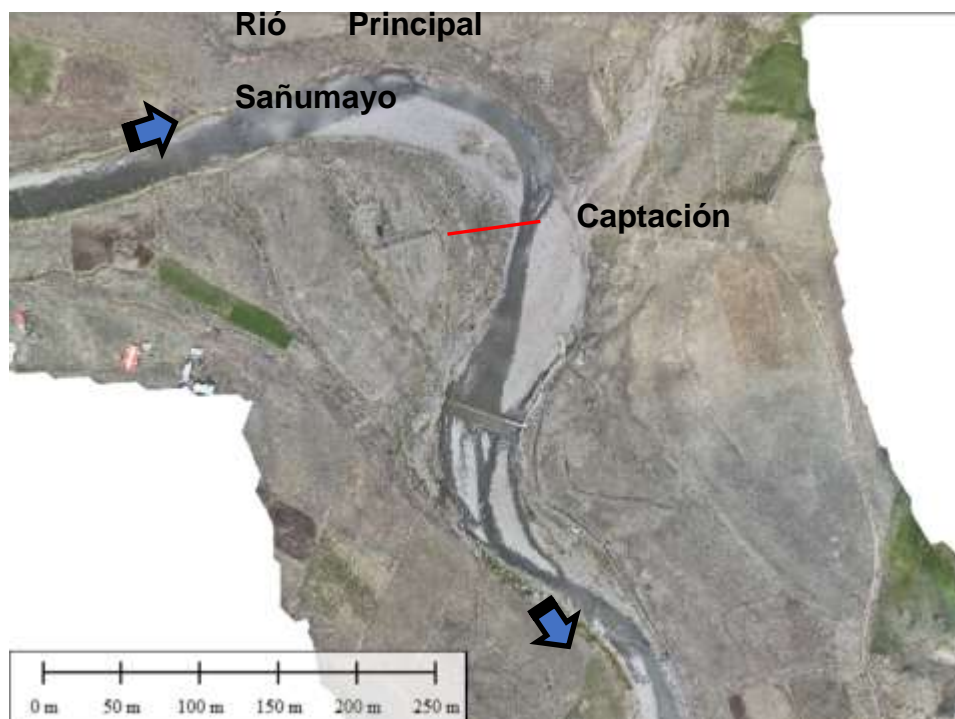


		<p>manteniendo tirantes máximos de 1.60 ± 0.15 m sobre la cresta, velocidades de flujo entre 3.5-7.5 m/s aguas abajo, y un nivel de agua máximo extraordinario (NAME) de 3994.80 ± 0.15 msnm, parámetros que se ajustan en $\geq 90\%$ a los valores de diseño teóricos calculados mediante modelación hidráulica 1D (HEC-RAS) y 2D (IBER), evitando socavación excesiva y validando la capacidad operativa y estructural del sistema de captación para el proyecto de riego tecnificado Chacachimpa – Puente Blanco, Suyckutambo, Cusco."</p> <p>La capacidad de captación real del caudal de diseño es de 44.46 lit/seg para la bocatoma tipo barraje mixto en el sistema de riego tecnificado Chacachimpa.</p>		
--	--	--	--	--

ANEXO 2. PANEL FOTOGRÁFICO



Captura de imagen de Google Earth con la delimitación del proyecto



Ubicación de la Bocatoma



Trazo y replanteo del eje del azud.



Toma de muestras en calicata exploratoria para estudio de mecánica de suelos.



Trazo y replanteo de la bocatoma margen derecha río Sañu



Desvió del cauce del río Sañumayo por margen derecha



Desvío de río Sañumayo mediante una canal provisional de longitud 310m.



Excavación para la cimentación de muro de encauzamiento, margen izquierdo del río Sañu.



Encofrado del muro de encauzamiento margen izquierdo



Encofrado de muro de encauzamiento en la margen derecha del río Sañu.



Vaciado de concreto f_c : 210 kg/cm² para muro de encauzamiento MI



Vista general aguas arriba y aguas abajo del sistema de captación barraje mixto.



Excavación para dentellones del azud (perfil cimaceo).



Vaciado del cuerpo del azud empleando concreto $f'c = 140 \text{ kg/cm}^2 + 30\% \text{ PG}$, de ancho 4.20m distribuido en 6 partes con juntas cada 5.87mts.



Vista general del proceso constructivo del barrage fijo, tipo creaguer.



Encofrado de la poza disipadora.



Proceso de vaciado de concreto ciclópeo $f_c: 140 \text{ kg/cm}^2 + 30\% \text{PG}$ en la poza disipadora.



Instalación de tubería de captación de fierro fundido DN 315mm para captar Q
diseño: 45lt/s



Colocado del marco de compuerta del canal de limpia, del baraje móvil.



Encofrado de losa de maniobras y escalera de acceso.



Curado del solado Zampeado aguas arriba $F'c=140 \text{ kg/cm}^2 + 30\%PG$ de ancho 6mts.



Escollera para evitar socavación del dentellon de la poza de disipación aguas abajo.



Montaje de compuerta metálica ASTM A36 de 4mts x 1.4mts.



Vista panorámica de la bocatoma de captación barraje mixto puesta en funcionamiento para el sistema de riego tecnificado.



Gaviones como sistema de protección de línea de conducción en el margen izquierdo del río.



Diques de protección para evitar desbordamiento en la MD de L=180ml



Prueba hidráulica en la línea de conducción. Progresiva 0+150, 0+450



Aspersores en el riego tecnificado con eficiencia al 75%.



Verificación con los beneficiarios del funcionamiento de los aspersores.



Caja de válvula de control para regular la captación del caudal de diseño.



Prueba de apertura de la compuerta del canal de limpia, del barraje móvil.



Inauguración de la bocatoma tipo barraje mixto.

Anexo 3. Validación de instrumento

Validación de instrumento

Opinión de experto

I. DATOS DEL EXPERTO

1. Apellidos y Nombres: Mamani Mamani Jesús
2. Cargo e institución donde labora: Docente UANCV
3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Exuesta
4. Autor del instrumento: Edgardo Emigdio Ríos Alvaroz

II. PUNTOS DE VALIDACIÓN

DIMENSIONES	INDICADORES	Deficiente	Regular	Buena	Muy buena	Excelente
		0 - 20%	21 - 40%	41 - 60%	61 - 80%	81 - 100%
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado					X
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en base a la realidad local					X
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia					X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica					X
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en cantidad y calidad					X
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para la mejora de las unidades de estudio					X
7. CONSISTENCIA	Basado en aspectos teóricos-científicos					X
8. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores y las dimensiones					✓
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito del diagnóstico					X

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD: Favorable

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 97%

Lugar y fecha: Jesús 15.11.11



Firma del experto
DNI N° 82426043 Cel: 9858585



Validación de instrumento

Opinión de experto

I. DATOS DEL EXPERTO

1. Apellidos y Nombres: Huanani Suarezca Yudy
2. Cargo e institución donde labora: Docente UANCV
3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Encuesta
4. Autor del instrumento: Edgardo Emigdio Ríos Álvarez

II. PUNTOS DE VALIDACIÓN

DIMENSIONES	INDICADORES	Deficiente	Regular	Buena	Muy buena	Excelente
		0 - 20%	21 - 40%	41 - 60%	61 - 80%	81 - 100%
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado					X
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en base a la realidad local					X
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia					X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica					X
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en cantidad y calidad					X
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para la mejora de las unidades de estudio					X
7. CONSISTENCIA	Basado en aspectos teóricos-científicos					X
8. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores y las dimensiones					X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito del diagnóstico					X

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD: Aplicable

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 94%

Lugar y fecha: Tulaca, 15, 11, 2025

Firma del experto
DNI N°: 4062820 Cel.: 989-574722



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS
TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN
EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital

Fecha de entrega: 21-01-26

I. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: EDGARDO EMIGDIO RIOS ALVAREZ

Dirección: JR. MIRAFLORES N° 550

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 23951146

Teléfono: 951516156 email: edgardoriosa@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL

Escuela Profesional o Mención: MENCIÓN HIDRÁULICA

Título o Grado Académico a optar: MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL

Asesor: Dra. YUDY HUACANI SUCASACA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: BOCATOMA TIPO BARRAJE MIXTO EN EL SISTEMA DE RIEGO TECNIFICADO

CHACACHIMPA – PUENTE BLANCO, SUYCKUTAMBO, CUSCO, 2023

Palabras claves, (3 a 5 términos): Bocatoma, sistema de riego.

Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1,2?}

1

Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entre otros relacionados.

Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

- Bachiller
- Titulo
- 2da Especialidad
- Maestría
- Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

- Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
- Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): _____
- No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

- Sí autorizo
- No autorizo

Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción "internacional" o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción "internacional" emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.


En consecuencia, la opción "internacional" goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral. Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

Internacional

Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P51


Firma de Autor


huella digital

21 - 01 - 26
Fecha

