



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y

APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA HIDRÁULICA

DISEÑO DE BOCATOMA LATERAL PARA LA COMUNIDAD

“VIRGEN DE GUADALUPE”

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PRESENTADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO HIDRÁULICO

AUTORES:

Deyci Viviana Pullotasig Taco

Juan David Taipe Jaya

TUTOR:

ING. Xiomara Alejandra Zambrano Navarrete Msc.

LATACUNGA, FEBRERO 2025

Latacunga, 21 de febrero del 2025

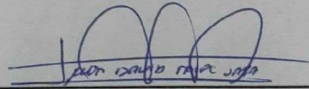
DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Pullotasig Taco Deyci Viviana y Taipe Jaya Juan David, declaramos ser autores del proyecto de titulación **“DISEÑO DE BOCATOMA LATERAL PARA LA COMUNIDAD VIRGEN DE GUADALUE”**, siendo la Ing. Xiomara Alejandra Zambrano Navarrete MSc tutora del presente trabajo de titulación; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo de titulación, son de mi exclusiva responsabilidad.



Pullotasig Taco Deyci Viviana
CC. 0503661894



Taipe Jaya Juan David
CC. 0504377581

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **DEYCI VIVANA PULLOTASIG TACO** identificado con cédula de ciudadanía No. **050366189-4** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Hidráulica, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “**DISEÑO DE BOCATOMA LATERAL PARA LA COMUNIDAD VIRGEN DE GUADALUPE.**”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Abril 2021 - Agosto 2021

Finalización de la carrera: Octubre 2024 – Marzo 2025

Aprobación en Consejo Directivo: 21 de febrero

Tutor: Ing. Xiomara Alejandra Zambrano Navarrete MSc

Tema: “**DISEÑO DE BOCATOMA LATERAL PARA LA COMUNIDAD VIRGEN DE GUADALUPE.**”

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - **OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

f) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.

G) La publicación del trabajo de grado.



- h) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- i) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- j) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - **LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 21 días del mes de febrero del 2025

Deyci Viviana Pullosig Taco
LA CEDENTE

Ing. Idalia Pacheco Tigselema Ph.D.
LA CESIONARIA



CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **JUAN DAVID TAIPE JAYA** identificado con cédula de ciudadanía No. **050437758-1** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Hidráulica, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “**DISEÑO DE BOCATOMA LATERAL PARA LA COMUNIDAD VIRGEN DE GUADALUPE.**”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Abril 2021 - Agosto 2021

Finalización de la carrera: Octubre 2024 – Marzo 2025

Aprobación en Consejo Directivo: 21 de febrero

Tutor: Ing. Xiomara Alejandra Zambrano Navarrete MSc

Tema: “**DISEÑO DE BOCATOMA LATERAL PARA LA COMUNIDAD VIRGEN DE GUADALUPE.**”

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - **OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

f) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.

g) La publicación del trabajo de grado.



- h) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- i) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- j) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - **LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 21 días del mes de febrero del 2025

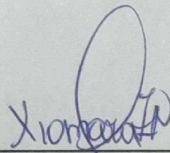
Juan David Taipe Jaya.
LA CEDENTE.

Ing. Idalia Pacheco Tigselema Ph.D.
LA CESIONARIA

Latacunga, 21 de febrero del 2025

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título: "DISEÑO DE BOCATOMA LATERAL PARA LA COMUNIDAD VIRGEN DE GUADALUPE", propuesto por los estudiantes Pullotasig Taco Deyci Viviana y Taípe Jaya Juan David de la Carrera de Ingeniería Hidráulica, considero que dicho proyecto de titulación cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos al tribunal de lectores.



Ing. Xiomara Alejandra Zambrano Navarrete, MSc.
C.C. 1313058453
TUTOR

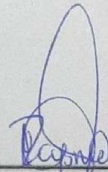
Latacunga, 21 de febrero del 2025

AVAL DE APROBACIÓN DE LECTORES

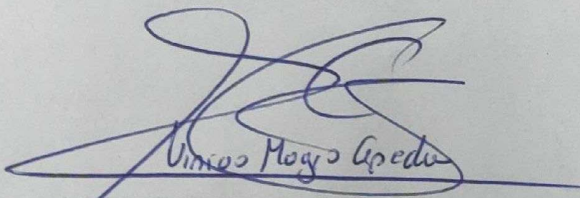
Cumpliendo con el Reglamento de Titulación de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en calidad de Lectores de Tribunal de Proyecto de Investigación con el Título "DISEÑO DE BOCATOMA LATERAL PARA LA COMUNIDAD VIRGEN DE GUADALUPE", propuesto por los estudiantes Pullotasig Taco Deyci Viviana y Taipe Jaya Juan David de la Carrera de Ingeniería Hidráulica, me permito indicar que los estudiantes han concluido todas las observaciones y realizado las correcciones señaladas por el Tribunal de Lectores, además de validar el funcionamiento de la propuesta (aplica para propuesta tecnológica), por lo cual presentamos el Aval de aprobación del Proyecto de Titulación correspondiente a la modalidad Proyecto de Investigación en virtud de lo cual los postulante puede presentarse a la Defensa de su Proyecto de Titulación.

Particular que pongo en su conocimiento para los fines legales pertinentes.

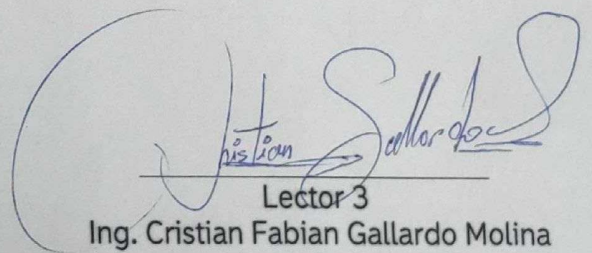
Atentamente,



Lector 1 (Presidente)
Ing. Rudys Rafael Cusme Intriago MSc.
CC: 1313770891



Lector 2
Ing. Yenson Vinicio Mogro Cepeda
MSc.
CC:1313058453



Lector 3
Ing. Cristian Fabian Gallardo Molina
MSc.
CC:0502847692



CERTIFICACIÓN DE INFORME DE SIMILITUD

En mi calidad de Tutora del Proyecto de Investigación con el tema: "Diseño de bocatoma lateral para la comunidad Virgen de Guadalupe", de Pullozasig Taco Deyci Viviana y Taipei Jaya Juan David, de la carrera de Ingeniería Hidráulica, remito la captura de pantalla del reporte del sistema de reconocimiento de texto Turnitin, con un porcentaje de coincidencias del 4 %; y, expreso una vez más, mi conformidad en cuanto a la dirección del trabajo de titulación.

4% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para co...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

Exclusiones

- N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

4%		Fuentes de Internet
0%		Publicaciones
2%		Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes.

Latacunga, 21 de febrero de 2025

Ing. Xiomara Alejandra Zambrano Navarrete, MSc.
C.C.: 1313058453
TUTORA

AGRADECIMIENTO

Con un agradecimiento profundo, quiero destinar estas palabras a quienes han sido mi apoyo en este recorrido.

A mis padres, por su amor incondicional, su dedicación y sacrificio, y por enseñarme con su ejemplo el valor de la perseverancia y el esfuerzo. Gracias por confiar en mí incluso en los momentos en que yo dudé.

A mis hermanos, por su compañía, su respaldo y por recordarme siempre la relevancia de la familia. Gracias por ser mi refugio y mi inspiración para continuar.

A toda mi familia, quienes con su ánimo y cariño han estado a mi lado en cada fase de este proceso. Su amor y apoyo han sido esenciales para lograr esta meta.

A mis amigos, aquellos que me han acompañado en momentos de dificultad y alegría, gracias por su confianza, sus consejos y por recordarme que los sueños pueden hacerse realidad con esfuerzo y dedicación. Igualmente, a mi novio, por ser el apoyo en los momentos más duros de esta bella etapa.

A cada individuo que, de una forma u otra, ha contribuido a este logro, mi más sincero agradecimiento. Esta tesis también les pertenece a ustedes.

Deyci Pullotasig

AGRADECIMIENTO

Quiero iniciar con el principal agradecimiento a Dios, quien ha sido la luz en mi camino y el faro que me ha guiado en cada paso de esta travesía, y le estoy eternamente agradecido por las bendiciones recibidas.

A mi familia, gracias desde lo más profundo de mi corazón. Ustedes son mi mayor inspiración y cada logro que consigo es gracias a ustedes.

A mis compañeros de clase que hemos enfrentado retos y celebrados logros durante todo este proceso, estoy profundamente agradecido por cada uno de ustedes, por su compromiso, dedicación y amistad.

Finalmente, a los docentes de la Universidad Técnica de Cotopaxi, que con una excelencia académica me han ayudado a aprender y crecer.

A todos ustedes, ¡gracias! Este logro es un reflejo de su apoyo

Juan Taipe

DEDICATORIA

Principalmente de lo dedico a Dios por ser fuente de vida, sabiduría y fortaleza. Gracias por guiarme en cada paso de este camino, por darme fuerzas en los momentos difíciles y por llenar mi vida de bendiciones. Sin Tu luz, este logro no habría sido posible.

A mis padres: Martha Taco y Antonio Pullotasig, por su amor incondicional, por cada sacrificio, por su apoyo constante y por enseñarme con su ejemplo el valor del esfuerzo y la perseverancia. Gracias por creer en mí, por impulsarme a alcanzar mis sueños y por ser mi mayor inspiración. Este logro es tanto mío como suyo. Con todo mi cariño y gratitud.

Deyci Pullotasig

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi querida madre Carmen quien ha sido mi guía en momentos de duda y mi fuente inagotable de amor, esfuerzo y apoyo incondicional, también por hacerme creer que lo imposible es solo una cuestión de perseverancia. A mi querido padre Luis, un hombre cuya sabiduría y amor incondicional ha dejado una huella imborrable en mi corazón. Aunque ya no esté físicamente a mi lado, siempre le tendré en mi corazón.

A mis herman@s Javier, Carla, Luis y Joselyn, con quienes comparto risas, aventuras y desafíos. Juntos hemos construido un lazo irrompible que supera cualquier obstáculo. Ustedes son mis motivadores y mis mejores amigos.

Juan Taipe

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS

TEMA: DISEÑO DE BOCATOMA LATERAL PARA LA COMUNIDAD “VIRGEN DE GUADALUPE”

Autores:

Pullotasig Taco Deyci Viviana

Taipe Jaya Juan David

El presente estudio de investigación tiene como propósito el desarrollo de una bocatoma lateral para la comunidad "Virgen de Guadalupe", con el objetivo de mejorar el acceso al agua para actividades agrícolas a partir del río Illuchi. Para ello, se llevó a cabo un análisis hidrológico y morfométrico de la microcuenca del río Illuchi, obteniéndose un caudal promedio de $0.91 \frac{m^3}{s}$. El estudio morfométrico mostró que la cuenca presenta una forma ni alargada ni ensanchada, lo que indica que la microcuenca posee una morfología intermedia.

De esta manera se determinó el caudal de diseño agrícola de $0.091 \frac{m^3}{s}$ que se determinó en base a normativas. Obteniendo de esta manera el diseño hidráulico que abarcó la cámara de recolección con dimensiones de 1.20 x 2.10 m, la rejilla de captación de 1.10 x 1.05 m, el canal de aducción con una longitud de 1.30 m y el aliviadero tipo Creager que tiene una altura de 0.80 m, esta altura se determinó tomando en cuenta la eficiencia de la bocatoma para caudales máximos. Además, se diseñó un tanque de almacenamiento para el final del sistema y una canal rectangular de base 0.60 m y altura 0.50 m, con una longitud total de 750 m. Este proyecto tendrá un costo de \$12020.17 dólares, los cuales serán una inversión beneficiosa para la comunidad.

Palabra claves: Bocatoma lateral, hidrológico, morfometría, aliviadero, Creager, distribución

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

TOPIC: DESIGN OF A SIDE INTAKE FOR THE COMMUNITY "VIRGEN DE GUADALUPE"

Authors:

Pullotasig Taco Deyci Viviana

Taipe Jaya Juan David

The development of a lateral intake for the “Virgen de Guadalupe” community has the objective of improving access to water for agricultural activities. For this purpose, a hydrological and morphometric analysis of the Illuchi River micro-watershed was carried out, obtaining an average flow of $0.91 \frac{m^3}{s}$. The morphometric study showed that the basin is neither elongated nor widened, which indicates that the micro basin has an intermediate morphology.

In this way, the agricultural design flow of $0.091 \frac{m^3}{s}$ was determined based on regulations. Thus, the hydraulic design was obtained, which included the collection chamber with dimensions of 1.20 x 2.10 m, the intake grid of 1.10 x 1.05 m, the adduction canal with a length of 1.30 m, and the Creager-type spillway that has a height of 0.80 m. This height was determined taking into account the efficiency of the intake for maximum flows. In addition, a storage tank was designed for the end of the system, and a rectangular canal with a base of 0.60 m and a height of 0.50 m, with a total length of 750 m. This project will cost 12,020.17 dollars, which will directly benefit 75 inhabitants of the community.

Keywords: Lateral intake, hydrological, morphometry, spillway, Creager, distribution

Tabla de contenido

1.	INFORMACIÓN GENERAL	1
2.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.1.	PROBLEMA	3
2.1.1.	Situación Problemática	3
2.1.2.	Formulación del problema.....	3
2.2.	OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN.....	4
2.2.1.	Objeto de Investigación	4
2.2.2.	Campo de Acción	4
2.3.	BENEFICIARIOS	4
2.3.1.	Directo	4
2.3.2.	Indirecto.....	4
2.4.	JUSTIFICACIÓN	4
2.5.	OBJETIVOS	5
2.5.1.	General.....	5
2.5.2.	Específicos.....	5
2.6.	SISTEMAS DE TAREAS	5
3.	FUNDAMENTACION TEÓRICO	7
3.1.	OBRAS HIDRAULICAS.....	7
3.1.1.	Obras de bocatoma	7
3.1.2.	Obras de regulación	7
3.1.3.	Obras de conducción	7
3.1.4.	Obras de distribución.....	8
3.1.5.	Obras de recolección	8
3.1.6.	Obras de protección y mejoras de cauces	8
3.1.7.	Obras de transformación de energía hidráulica	8
3.1.8.	Obras misceláneas	8

3.1.9.	Obras de almacenamiento.....	9
3.1.10.	Presas o embalse.....	9
3.2.	BOCATOMA	9
3.2.1.	TIPOS DE BOCATOMAS.....	9
3.2.2.	Toma directa	9
3.2.3.	Toma Mixta o Convencional	10
3.2.4.	Toma Móvil.....	10
3.2.5.	Toma Tirolesa o Caucasiona	10
3.2.6.	Bocatoma lateral	10
3.2.7.	Bocatoma de fondo.....	11
3.2.8.	Bocatoma frontal	11
3.2.9.	Bocatomas con presa derivadora	12
3.2.10.	Bocatoma de barraje fijo.....	12
3.2.11.	Bocatoma de barraje móvil.....	12
3.2.12.	Bocatoma lateral con bombeo	12
3.3.	PARTES DE UNA BOCATOMA O CAPTACION LATERAL	13
3.3.1.	Cámara de recolección y excesos.	13
3.3.2.	Ventana de bocatoma.....	13
3.3.3.	Rejilla	13
3.3.4.	Canal de aducción.....	13
3.3.5.	Muros.....	14
3.3.6.	Barraje o Azud.....	14
3.3.7.	Zampeado y colchón disipador.....	14
3.3.8.	Azud tipo Creager.....	14
3.4.	CANAL	15
3.4.1.	Elementos geométricos de la sección transversal del canal.	15
3.4.2.	Tipos de canales.....	15

3.4.3.	Los canales naturales	16
3.4.4.	Los canales artificiales.....	16
3.4.5.	Canales por su forma prismática	16
3.4.6.	Canal de sección triangular	16
3.4.7.	Canal de sección trapezoidal	17
3.4.8.	Canal de sección rectangular	17
3.4.9.	Canales de sección parabólica	18
3.4.10.	Sección circular y sección de herradura.	18
3.4.11.	NIVELES EN EL CANAL DE ADUCCIÓN	18
4.	MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS	18
4.1.	ANTECEDENTES	18
4.2.	DIAGRAMA DE FLUJO.....	20
4.3.	HIDROLOGIA	20
4.3.1.	ESTUDIO HIDROLÓGICO	20
4.3.2.	MORFOMETRÍA DE LA CUENCA DEL RIO ILLUCHI.....	22
4.3.3.	Caracterización Geológico	25
4.4.	Área de estudio	26
4.5.	DISEÑO HIDRAULICO.....	27
4.5.1.	CÁMARA DE RECOLECCIÓN	27
4.5.1.1.	Altura lámina de agua (H)	27
4.5.1.2.	Longitud de la presa	28
4.5.1.3.	Velocidad del río	29
4.5.1.4.	Transporte del solido cámara de recolección	29
4.5.1.5.	Alcance filo superior	29
4.5.1.6.	Alcance filo inferior.....	30
4.5.1.7.	Base cámara de recolección.....	30
4.5.1.8.	MURO DE CONTENCIÓN	30

4.5.2.	REJILLA	31
4.5.2.1.	Área de la rejilla	31
4.5.2.2.	Longitud real de la rejilla.....	31
4.5.2.3.	Área neta de la rejilla.....	32
4.5.2.4.	Número de espacios.....	32
4.5.2.5.	Número de barrotes	32
4.5.2.6.	Área neta final	33
4.5.3.	CANAL DE ADUCCIÓN.....	33
4.5.3.1.	Caja de aducción.....	33
4.5.3.2.	Alcance filo superior	33
4.5.3.3.	Alcance filo inferior.....	33
4.5.3.4.	Ancho canal de aducción.....	34
4.5.3.5.	NIVELES CANAL DE ADUCCIÓN	34
4.5.3.6.	Profundidad crítica	34
4.5.3.7.	Longitud del canal	34
4.5.3.8.	Profundidad de aguas arriba	35
4.5.3.9.	Profundidad total del canal de aducción de aguas arriba.....	35
4.5.3.10.	Profundidad total del canal de aducción de aguas abajo	35
4.5.3.11.	Velocidad.....	36
4.5.4.	ALIVIADERO O VERTEDERO TIPO CREAGER	36
4.5.4.1.	Aliviadero	36
4.5.4.2.	Área sobre cresta / vertedero	36
4.5.4.3.	Velocidad sobre cresta / vertedero	37
4.5.4.4.	Profundidad crítica	37
4.5.4.5.	Caudal unitario	37
4.5.4.6.	Tirante critico (Y_c)	37
4.5.4.7.	Velocidad crítica.....	38

4.5.4.8.	Perfil Creager.....	38
4.5.4.9.	Coordenada para el perfil de aliviadero.....	38
4.5.4.10.	Calado contraído.....	39
4.5.4.11.	Altura máximo resalto hidráulico.....	39
4.5.4.12.	Longitud de poza para el resalto (L.S)	39
4.5.5.	CANAL RECTANGULAR.....	40
4.5.5.1.	Tirante hidráulico (Y).....	40
4.5.5.2.	Tirante hidráulico crítico (Yc).....	41
4.5.5.3.	Caudal unitario	41
4.5.5.4.	Tirante Critico	42
4.5.5.5.	Área hidráulica (A).....	42
4.5.5.6.	Perímetro mojado (P)	42
4.5.5.7.	Radio hidráulico (Rh).....	43
4.5.5.8.	Altura total (Ht)	43
4.5.5.9.	Velocidad (V)	43
4.5.5.10.	Número de froude.....	44
4.5.5.11.	Tipos de flujo.....	44
4.5.5.12.	Energía específica.....	45
4.5.5.13.	Contracción del canal	45
4.5.6.	CALCULO TANQUE RESERVORIO.....	46
4.5.6.1.	Tiempo de llenado	46
4.5.6.2.	Tiempo de vaciado.....	46
4.5.6.3.	Principio de Torricelli (Velocidad).....	46
4.5.6.4.	Caudal de un orificio	46
4.5.6.5.	Número de Reynolds	47
4.5.6.6.	Tiempo de vaciado.....	47
4.6.	VIABILIDAD ECONÓMICA	48

5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	48
5.1.	Cámara de recolección.....	48
5.2.	Rejilla	49
5.3.	Canal de aducción.....	51
5.4.	Aliviadero o Vertedero tipo Creager	53
5.5.	Canal de derivación	54
5.6.	Tanque reservorio	56
5.7.	Viabilidad Económica	57
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	59
6.1.	CONCLUSIONES.....	59
6.2.	RECOMENDACIONES	59
7.	REFERENCIAS	60

ÍNDICE DE TRABLAS

Tabla 1. 1 Campos de la Ciencia y Tecnología UNESCO [1]	1
Tabla 2. 1 Campo de acción [1].....	4
Tabla 2. 2 Sistema de Tareas del Plan de Titulación.....	5
Tabla 4. 1 Caudales máximos [44].....	20
Tabla 4. 2 Caudales medios[44]	21
Tabla 4. 3 Caudales mínimos[44].....	21
Tabla 4. 4 Parámetros Morfométricos Generales	22
Tabla 4. 5 Parámetros Morfométricos Asociados a la Forma de la Cuenca.....	23
Tabla 4. 6 Valores interpretativos del factor forma.....	23
Tabla 4. 7 Formas de la cuenca según el índice de compacidad	24
Tabla 4. 8 Coordenadas del proyecto	27
Tabla 4. 9 Valores de n dados por Horton para ser usados en las fórmulas de Kutter y Manning	28
Tabla 4. 10 Coeficiente n de Manning [37].....	40
Tabla 4. 11 Tipos de flujo.....	44
Tabla 5. 1 Resultados cámara de recolección.....	48
Tabla 5. 2 Resultados de la rejilla.....	49
Tabla 5. 3 Propiedades.....	50
Tabla 5. 4 Resultados del canal de aducción	51
Tabla 5. 5 Resultados del Aliviadero o Vertedero tipo Creager.....	53
Tabla 5. 6 Resultados del canal de derivación.....	54
Tabla 5. 7 Resultados del tanque reservorio.....	56
Tabla 5. 8 Rubros Económicos.....	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1 Bocatoma Lateral [26].....	11
Figura 3.2 Bocatoma de fondo [26].....	11
Figura 3.3 Bocatoma lateral con bombeo, en planta y corte[30].....	12
Figura 3.4 Azud tipo Creager [36]	15
Figura 3.5 Canales naturales [39].....	16
Figura 3.6 Canal sección triangular [39]	17
Figura 3.7 Canal de sección trapezoidal[39]	17
Figura 3.8 Canal de sección rectangular[39]	17
Figura 3.9 Sección circular[39]	18
Figura 4. 1 Diagrama de flujo.....	20
Figura 4. 2 Cuenca hidrográfica del río Illuchi	22
Figura 4. 3 Mapa de suelos de la FAO	25
Figura 4. 4 Ubicación específica del proyecto	26
Figura 5. 1 Cámara de recolección.....	49
Figura 5. 2 Rejilla	51
Figura 5. 3 Niveles del canal de aducción	53
Figura 5. 4 Canal de derivación.....	56
Figura 5. 5 Tanque reservorio.....	57

ÍNDICE DE ECUACIONES

Factor de forma de Horton, K_f (4. 1).....	23
Coefficiente de compacidad (4. 2).....	24
Coefficiente de circularidad (4. 3).....	25
Altura Lámina de agua (4. 4).....	27
Longitud de la presa (4. 5).....	28
Velocidad del río (4. 6).....	29
Alcance filo superior cámara de recolección (4. 7).....	30
Alcance filo inferior cámara de recolección_ (4. 8).....	30
Base cámara de recolección (4. 9).....	30
Muro de contención (4. 10).....	31
Área de la rejilla (4. 11).....	31
Longitud de la rejilla (4. 12).....	31
Área neta de la rejilla_ (4. 13).....	32
Número de espacios (4. 14).....	32
Número de barrotes (4. 15).....	32
Área neta final_ (4. 16).....	33
Alcance filo superior canal de aducción_ (4. 17).....	33
Alcance filo inferior canal de aducción_ (4. 18).....	33
Ancho canal de aducción (4. 19).....	34
Profundidad crítica (4. 20).....	34
Longitud del canal (4. 21).....	34
Profundidad aguas arriba (4. 22).....	35
Profundidad total del canal de adicción de aguas arriba (4. 23).....	35
Profundidad total del canal de adicción de aguas abajo (4. 24).....	35
Velocidad (4. 25).....	36
Aliviadero (4. 26).....	36
Área sobre cresta / vertedero (4. 27).....	36
Velocidad sobre cresta / vertedero_ (4. 28).....	37
Caudal unitario (4. 29).....	37
Tirante Crítico (4. 30).....	37
Velocidad crítica (4. 31).....	38
Perfil Creager (4. 32).....	38

Coordenadas para el perfil Creager (4. 33).....	38
Calado contraído (4. 34)	39
Altura máxima resalto hidráulico (4. 35).....	39
Longitud de posa para el resalto (4. 36)	39
Tirante hidráulico (4. 37).....	40
Caudal unitario (4. 38).....	41
Tirante crítico (4. 39).....	42
Área hidráulica (4. 40).....	42
Peímetro mojado (4. 41)	42
Radio hidráulico (4. 42).....	43
Altura total (Ht) (4. 43).....	43
Velocidad (V) (4. 44).....	43
Número de Froude (4. 45)	44
Energía Específica (4. 46)	45
Contracción del canal (4. 47).....	45
Contracción del canal despeje (4. 48).....	45
Tiempo de llenado del tanque (4. 49)	46
Principio de Torricelli (Velocidad) (4. 50).....	46
Caudal de un orificio (4. 51).....	47
Número de Reynolds (4. 52).....	47
Tiempo de vaciado del tanque (4. 53)	47

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO I Instalación de Hitos para la Topografía	65
ANEXO II Topografía bocatoma	65
ANEXO III Topografía canal de derivación	65
ANEXO IV Medición de la longitud del río	65
ANEXO V Plano topográfico parte 1	67
ANEXO VI Plano topográfico parte 2	68
ANEXO VII Plano topográfico parte 3	69
ANEXO VIII Plano topográfico parte 4.....	70
ANEXO IX Plano de la bocatoma.....	71
ANEXO X Modelación en 3D.....	72

1. INFORMACIÓN GENERAL

Tema del proyecto: Diseño de bocatoma lateral para la comunidad “Virgen de Guadalupe”

Modalidad de Titulación:

Propuestas Tecnológicas

Proyectos de Investigación

Carrera: Hidráulica

Trabajo de Titulación Vinculado al Proyecto: Gestión y uso del agua: Soluciones para Comunidades de la Zona 3.

Equipo de Trabajo del Trabajo de Titulación: Pullotasig Taco Deyci Viviana, Taipe Jaya Juan David, Tutor de Titulación Ing.- Zambrano Xiomara Alejandra

Área de Conocimiento:

Tabla 1. 1 Campos de la Ciencia y Tecnología UNESCO [1]

33 Ciencias Tecnológicas	3305 Tecnología de la Construcción	3305.15 Ingeniería Hidráulica
		3305.38 Abastecimiento de Agua
		3305.32 Ingeniería de Estructuras

Línea de investigación: Meteorología, Hidrología, Mecánica de fluidos, Sistema y obras Hidráulicas.

Sublínea de investigación de la Carrera: Gestión y manejo sostenible y/o sustentable del recurso hídrico.

2. INTRODUCCIÓN

En Ecuador el riego se encuentra estrechamente vinculado al desarrollo territorial. La presencia de sistemas de riego en una determinada parte refleja la mejora de los procesos de producción agrícola, así como de las condiciones económicas, especialmente en zonas de agricultura.[2] En el mercado actual de riego, existen diversos sistemas disponibles para los agricultores, [3] por lo cual los sistemas de riego para las comunidades rurales ecuatorianas deben ser eficientes sobre todo porque son el sustento económico para cada una de las familias. El porvenir de la producción agrícola y alimentaria estará determinado únicamente por la disponibilidad de agua,

ya que su escasez, obtención, acceso a ella, calidad y su utilización eficiente.[4] De la misma manera el gobierno Nacional Ecuatoriano impulsa el Plan Nacional de Riego que se encuentra vigente hasta 2027. Este plan busca aumentar la cobertura y eficiencia de los sistemas de riego, para así fortalecer las instituciones de riego y promover la distribución de caudales justos.[5] En el mundo, existen dos principales desafíos que son la seguridad alimentaria y la disminución de la pobreza. En cualquier caso, se trabaja para abordar estos problemas, lo que ha llevado a reconocer la relevancia de gestionar los recursos hídricos en la agricultura. Esto abarca la administración del agua utilizada en la producción de cultivos, la cría de animales y la pesca, entre otras actividades. [6]

El Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca en su Plan Nacional de Riego y Drenaje del periodo 2012-2027 menciona que, Ecuador cuenta con abundancia de recursos hídricos la cual se encuentra disponible para satisfacer las demandas de agua para el riego en la agricultura. Por lo que se conoce que tiene un área total de 3,1 millones de hectáreas, de las cuales solo 942,000 representan un tercio y se están utilizando para riego y ganadería.[7] En la provincia de Cotopaxi se ha observado una escasez de precipitaciones y una considerable falta de agua en el sistema de riego en áreas rurales, lo cual se atribuye a varios factores, como el incremento en la cantidad de usuarios del sistema de riego, los cuales no se encuentran diseñados adecuadamente; daños en los canales y que los cultivos han excedido los límites agrícolas. [8] De la misma manera comunidades rurales y urbanas se vinculan a recursos naturales para obtener beneficio poblacional y desarrollo familiar, adaptándose al entorno y generando estrategias de desarrollo económico, los sistemas de riego son necesarios para la sustentación económica en los sectores rurales así mismo son el abastecimiento de alimentos para la zona urbana.[9]

El diseño de una bocatoma lateral en la comunidad Virgen de Guadalupe surge como una respuesta a la necesidad de garantizar un acceso eficiente y sostenible al agua, un recurso vital para las actividades agrícolas y el consumo humano. En esta región, la dependencia de los recursos hídricos naturales es alta, y la captación eficiente de agua resulta indispensable para mejorar la calidad de vida de los habitantes, por lo cual al optimizar los sistemas de riego y mitigar problemas asociados con la escasez o el uso inadecuado del recurso hídrico, ayudara al manejo eficiente de los recursos. [10] Una bocatoma lateral permitirá la derivación de agua desde el río hacia canales o reservorios, es decir que facilita su uso en actividades agrícolas, de abastecimiento doméstico y posiblemente en sistemas de saneamiento o generación de energía. En otras palabras este proceso considerará la ubicación estratégica de la bocatoma, la cual tiene

diferentes elementos como desarenadores, rejillas de protección y canales de derivación, y la construcción de muros laterales para guiar el flujo de agua.[11] Es decir estas estructuras son fundamentales para garantizar el acceso sostenible al agua en regiones donde los recursos son escasos o donde el cambio climático ha alterado los patrones hídricos.[12] Se tiene que tomar en cuenta que las bocatomas laterales son ideales para captar agua sin necesidad de represar completamente el río. [13] Por lo cual el desarrollo de nuevos esquemas de diseño y la mejora de los existentes, así como de soluciones de diseño individuales para los elementos del sistema hidráulico de captación de agua, tienen previsto garantizar la selección de caudales de diseño con el menor arrastre posible de sedimentos del lecho del río hacia los canales de suministro ayuda a un proyecto eficiente. [14]

2.1. PROBLEMA

2.1.1. Situación Problemática

En la comunidad “Virgen de Guadalupe”, la agricultura es el pilar fundamental de la economía local. Sin embargo, el riego ineficiente y la falta de una infraestructura adecuada para la captación de agua han limitado la productividad agrícola ya que existe un alto porcentaje de agua usado por el sector agrícola. [15] Por lo cual se propone el diseño de una bocatoma lateral que permita un manejo óptimo del recurso hídrico, pero se enfrenta a varios desafíos.

Primero, la variabilidad estacional del caudal del río podría resultar en una disponibilidad de agua inconsistente, afectando la planificación del riego, por lo cual se debe obtener el caudal óptimo para el proyecto el cual dependerá de las la cantidad de terreno que se regara. Además, el diseño debe prevenir la sedimentación y obstrucción del sistema, lo cual requiere un estudio detallado de la hidrología local y patrones de sedimentación.

Este diseño de bocatoma lateral representa una oportunidad para mejorar la eficiencia del riego agrícola en la comunidad “Virgen de Guadalupe”, pero requiere una planificación cuidadosa y colaborativa para superar estos desafíos.

2.1.2. Formulación del problema

El acceso al agua para riego es limitado en los sectores rurales de Cotopaxi, debido a la variación de caudales del río y de la alta demanda en las temporadas de sequía.

2.2. OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN

2.2.1. Objeto de Investigación

Diseño de una bocatoma lateral para agua de aspersión.

2.2.2. Campo de Acción

Tabla 2. 1 Campo de acción [1]

3305 Tecnología de la Construcción	
3305.06	Ingeniería Civil
3305.15	Ingeniería Hidráulica

2.3. BENEFICIARIOS

2.3.1. Directo

Comunidad “Virgen de Guadalupe”

2.3.2. Indirecto

Comunidad científica en general.

2.4. JUSTIFICACIÓN

El “Diseño de bocatoma lateral para la comunidad ‘Virgen de Guadalupe’” es esencial para abordar la escasez del agua como un aspecto crítico para el desarrollo sostenible de las comunidades, especialmente en regiones donde la hídrica afecta la producción agrícola y, por ende, la seguridad alimentaria y el bienestar general de la población.

No solo ayudara a la mejora de este recurso, sino que también proporciona una valiosa oportunidad de aprendizaje que trasciende las aulas, impactando positivamente en la sociedad. Al integrar este tema en la educación, se infunde la creación de una cultura de responsabilidad ambiental, se desarrollan habilidades prácticas y se promueve el desarrollo de soluciones sostenibles, contribuyendo así al bienestar de las comunidades y al futuro del planeta.

La bocatoma lateral permitirá una distribución equitativa del agua, esencial para el cultivo

durante las temporadas secas y de escasez. Este diseño es de gran importancia y ayudara a conservar el agua, reduciendo la dependencia de fuentes no sostenibles y disminuyendo el impacto ambiental y mejorar significativamente la calidad de vida en la comunidad, asegurando la seguridad alimentaria y proporcionando un medio para el desarrollo económico sostenible.

Además, el proyecto tiene el potencial de servir como un caso de estudio para otras comunidades con desafíos similares, proporcionando un diseño replicable que puede adaptarse a diferentes contextos geográficos y socioeconómicos.

2.5. OBJETIVOS

2.5.1. General

- Diseñar un sistema de bocatoma lateral para la comunidad “Virgen de Guadalupe”.

2.5.2. Específicos

- Determinar la disponibilidad hídrica de la microcuenca de aporte mediante la delimitación de su área, la estimación del caudal con base en parámetros hidrológicos y la caracterización morfológica de la microcuenca.
- Identificar la ubicación óptima para la bocatoma lateral mediante el análisis de mapas generados en SIG, considerando la tipología del suelo, la pendiente y el uso del suelo.
- Diseñar la infraestructura de bocatoma lateral y su sistema de distribución mediante el desarrollo del diseño técnico definitivo, garantizando su eficiencia hidráulica y viabilidad económica.

2.6. SISTEMAS DE TAREAS

Tabla 2. 2 Sistema de Tareas del Plan de Titulación

Objetivos específicos	Actividad (Tareas)	Resultados esperados	Técnicas, Medios e Instrumentos
Determinar la disponibilidad hídrica de la microcuenca de aporte mediante la delimitación de su	Delimitación y análisis de la microcuenca.	-Mapas topográficos y geológicos de la zona.	-Utilizar herramientas de SIG (Sistema de Información Geográfica) para realizar un análisis

<p>área, la estimación del caudal con base en parámetros hidrológicos y la caracterización morfológica de la microcuenca.</p>			<p>minucioso.</p> <p>-Base de datos del INAMHI</p>
<p>Identificar la ubicación óptima para la bocatoma lateral mediante el análisis de mapas generados en SIG, considerando la tipología del suelo, la pendiente y el uso del suelo.</p>	<p>Uso del suelo en el área de estudio. Consiguiente obtener datos sobre la tipología del suelo, como características de textura.</p>	<p>Generar mapas que muestren las áreas identificadas como óptimas para la bocatoma lateral.</p>	<p>Utilizar herramientas de SIG (Sistema de Información Geográfica)</p>
<p>Diseñar la infraestructura de bocatoma lateral y su sistema de distribución mediante el desarrollo del diseño técnico definitivo, garantizando su eficiencia hidráulica y viabilidad</p>	<p>Elaboración de un diseño que incluya todos los parámetros para un sistema eficiente y ejecutar un análisis financiero para determinar la eficiencia, rentabilidad y la sostenibilidad del sistema en el</p>	<p>Cálculos y planos también obtener un informe detallado que presente los resultados del análisis de costos y beneficios, destacando la viabilidad económica del proyecto</p>	<p>Para la representación gráfica disponer software como AutoCAD y para los cálculos Excel.</p> <p>En la realización de esta evaluación, se utilizarán técnicas de análisis financiero como el análisis de costos</p>

económica.	tiempo.		fijos y variables, también emplear medios como software de análisis financiero y hojas de cálculo
------------	---------	--	---

3. FUNDAMENTACION TEÓRICO

3.1. OBRAS HIDRAULICAS

Las obras hidráulicas son construcciones diseñadas para gestionar y aprovechar los recursos hídricos, ya sea para el suministro de agua, control de inundaciones, riego agrícola, generación de energía hidroeléctrica, entre otros fines. Se puede señalar que desempeñan un papel fundamental en la infraestructura hidráulica. Cabe destacar que tienen una función esencial en la infraestructura de agua. Estas son edificadas para favorecer el crecimiento económico de una zona o nación, se debe tomar en cuenta que involucra grandes inversiones de recursos financieros, naturales y humanos.[16]

3.1.1. Obras de bocatoma

Las obras de bocatoma, se define principalmente como agrupaciones de estructuras en el área de captación de agua las cuales facilitan el uso adecuado y eficaz del recurso hídrico disponible en las fuentes para el beneficio de la humanidad.[17]

3.1.2. Obras de regulación

Las instalaciones de regulación hídrica o más conocidos como obras de regulación son estructuras diseñadas para retener grandes cantidades de agua, las cuales se obtienen de los ríos mediante embalses construidos artificialmente, donde es importante aprovechar las condiciones naturales y la topografía del lugar. Donde su principal propósito es gestionar un volumen de agua, lo cual busca mitigando los efectos de las inundaciones río abajo y facilitando su irrigación o distribución en periodos de sequía. [18]

3.1.3. Obras de conducción

En obras hidráulicas de conducción utiliza principalmente los canales como obras de

conducción de agua, se clasifican en: naturaleza originaria (ríos o quebradas) o simulado (por intervención del hombre) adentro de estos finales se incluye todos aquellos que son a tajo cerrado (túneles, tuberías, alcantarillas).[19]

3.1.4. Obras de distribución

El objetivo de estas infraestructuras es transportar el agua desde la fuente hasta el punto de uso, garantizando condiciones superiores de calidad y cantidad. Los canales y los sistemas de distribución de agua potable y agua de aspersión son ejemplos destacados de este tipo de obras.[20]

3.1.5. Obras de recolección

Su principal función es recoger el agua en exceso y dirigirla hacia las tuberías o canales de desagüe correspondientes, un ejemplo más distintivo se encuentran los empotramientos de aguas servidas los sumideros. [20]

3.1.6. Obras de protección y mejoras de cauces

Son estructuras que se encuentran diseñadas para controlar los niveles del agua y evitar inundaciones, funcionando de manera similar a los canales de los ríos. Los ejemplos comunes incluyen diques, canales, rectificaciones de ríos y esclusas. [20]

3.1.7. Obras de transformación de energía hidráulica

La energía hidráulica requiere el dominio técnico de dos conceptos basados en la mecánica de fluidos (hidrostática e hidrodinámica) las cuales se aplican a la transformación de la energía. Sobre todo, es importante respetar el orden de este proceso porque los principios de la hidrostática son aplicables a las presas y compuertas de los embalses de la misma manera se debe tomar en cuenta que los conceptos de la hidrodinámica son fundamentales para la gestión y utilización del agua. [21]

3.1.8. Obras misceláneas

Las obras misceláneas son aquellas que no se clasifican dentro de las categorías previamente mencionadas. Algunos ejemplos destacados incluyen muelles para actividades recreativas o navegación fluvial, instalaciones para la cría de peces conocidas como piscas deportivas y estructuras similares. Además, es importante mencionar las obras destinadas al control de la erosión. [20]

3.1.9. Obras de almacenamiento

Las obras o estructuras de almacenamiento se componen de presas que deben cumplir con el bloqueo del cauce de un río o un lugar adecuado para así crear un reservorio o embalse. Estos reservorios facilitan el control del flujo del río, ya que permiten almacenar agua durante las temporadas de crecidas y utilizarla en períodos de sequía. La efectividad de este tipo de presa está sujeta a diversas condiciones. [22]

3.1.10. Presas o embalse

Presa o represa es una estructura edificada con cualquier material, las cuales dependen del sector donde se encuentre construida, en una definición más específica es que cruzan un cauce natural o artificial, con el objetivo de incrementar el nivel del agua o crear un embalse, generando así una distribución de caudales que difiere de la natural o inicial. Sin embargo, una represa es una estructura o barrera que se sitúa a través de un curso de agua o río para almacenar, regular y desviar el agua. [23]

3.2. BOCATOMA

Una bocatoma es una estructura hidráulica diseñada para captar un determinado caudal de un río, lago o embalse; estas construcciones hidráulicas pueden ser tanto superficiales como profundas. y de la misma manera tienen diferentes materiales al momento de su construcción. Se debe tomar en cuenta que existe un punto muy importante que la selección de una bocatoma depende del periodo de utilización y del caudal de diseño del río.[24]

3.2.1. TIPOS DE BOCATOMAS

3.2.2. Toma directa

Es una construcción hidráulica que recoge el agua de manera directa mediante un canal lateral; se puede señalar que emplea un brazo fijo del río que facilita la recolección de un caudal mayor al que se pretende captar. Se puede recalcar que la principal ventaja es que no es necesario construir un embalse o azud ya que generalmente representa una de las partes más costosas del proyecto. Sin embargo, también existen desventajas, ya que puede ser fácilmente obstruido durante las crecidas del río además de permitir la entrada de sedimentos al canal de desvío.[25]

3.2.3. Toma Mixta o Convencional

Se trata de una obra de captación que lleva a cabo la bocatoma mediante el cierre del río con una estructura conocida como azud o presa de derivación, la cual puede ser fija o móvil según el material empleado. Será fija cuando se utilice un elemento rígido, como el concreto y será móvil cuando se utilicen compuertas de acero o madera. En este tipo de bocatomas, la bocatoma se efectúa a través de una ventana que puede operar como orificio o vertedero, dependiendo del nivel de agua en el río.[25]

3.2.4. Toma Móvil

Es un trabajo de captación que realiza la bocatoma cerrando el río con una estructura llamada azud o presa de derivación, que puede ser fija o móvil, dependiendo del material utilizado. Será fija si se emplea un elemento rígido, como el concreto, y será móvil si se usan compuertas de acero o madera. En estos tipos de bocatomas, la captación se realiza a través de una ventana que puede funcionar como orificio o vertedero, según el nivel de agua en el río.[25]

3.2.5. Toma Tirolesa o Caucasiona

Cabe destacar que estas tomas son conocidas por lo que sus estructuras hidráulicas como la bocatoma están ubicadas en la sección del azud, en un área que se ha dejado dentro de él, las cuales necesitan estar muy resguardadas por una malla que evita la entrada de materiales pesados. En términos generales, estas captaciones no son recomendables en ríos con un alto arrastre de sedimentos, dado que pueden causar una rápida obstrucción de las mallas y acumulación de materiales sólidos. Es crucial destacar que la mayoría de los ríos en Perú son relativamente jóvenes y transportan grandes volúmenes de sedimentos durante las épocas de lluvias, por lo que la ubicación de estas captaciones debe ser en zonas donde las condiciones sean propicias. [25]

3.2.6. Bocatoma lateral

La bocatoma lateral es un tipo de proyecto de captación que se utiliza principalmente para recoger agua de un río, siendo esta estructura la más comúnmente utilizada, por ser más eficiente y económica. La manera simple de concebir una bocatoma lateral es una bifurcación. [26] La cual se puede observar en la **Figura 3.1.**

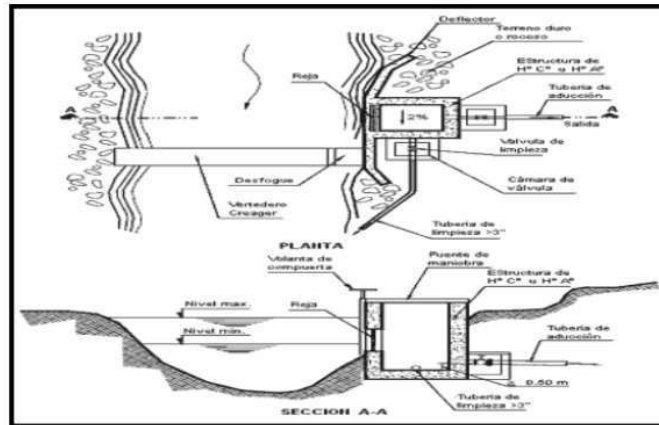


Figura 3.1 Bocatoma Lateral [26]

3.2.7. Bocatoma de fondo

El agua se capta a través de una rejilla colocada en la parte superior de una presa, la cual fluye en la misma dirección que el río. El ancho de esta presa puede ser igual o menor que el ancho del río, lo que depende de las normativas actuales en la **Figura 3.2** se muestran los componentes más relevantes de este tipo de bocatoma. [27]

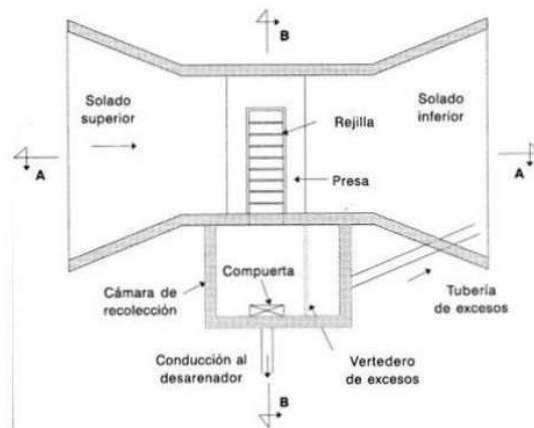


Figura 3.2 Bocatoma de fondo [26]

3.2.8. Bocatoma frontal

Las tomas de agua frontales son estructuras hidráulicas que tienen como objetivo principal regular y captar un flujo específico de agua. De manera similar, esta toma de agua facilita la extracción de agua de los ríos, asegurando que la cantidad de agua captada sea constante, al mismo tiempo que evita la entrada de materiales sólidos y flotantes.[28]

3.2.9. Bocatomas con presa derivadora

Es una captación que lleva a cabo la bocatoma de las aguas del río al cerrar el cauce con una presa derivadora, aunque presenta una desventaja al perjudicar al resto de zonas con necesidades hídricas, de la misma manera asegura una bocatoma más regular de las aguas, debido al relanzamiento producido.[29]

3.2.10. Bocatoma de barraje fijo

Cuando una presa derivadora se encuentra constituido o por un componente sólido, por lo general de concreto. Este tipo de bocatomas se utiliza comúnmente en ríos con gran caudal y aguas rápidas, de la misma manera cuando el volumen derivado es menor que el caudal medio de río.[29]

3.2.11. Bocatoma de barraje móvil

Se construyen cuando la retención del agua se logra a través de varios pilares que sostienen compuertas, las cuales obstruyen el flujo y elevan el nivel del agua para redirigir parte de las aguas del proyecto, sin afectar la circulación del recurso hídrico. Su principal ventaja es que son adaptables para modificar el nivel del agua y para la eliminación de sólidos. Se utilizan mayormente en ríos con un gran caudal y pendientes suaves.[29]

3.2.12. Bocatoma lateral con bombeo

Ideal en ríos con secciones anchas y grandes caudales. Un dato muy importante que se debe tener en cuenta es el requerimiento mínimo 2 bombas, y una de ellas permanece en reserva en caso de emergencia. Es importante considerar que, para evitar la obstrucción de la entrada al pozo de succión, se utiliza una rejilla que impide el paso de elementos voluminosos.[30]

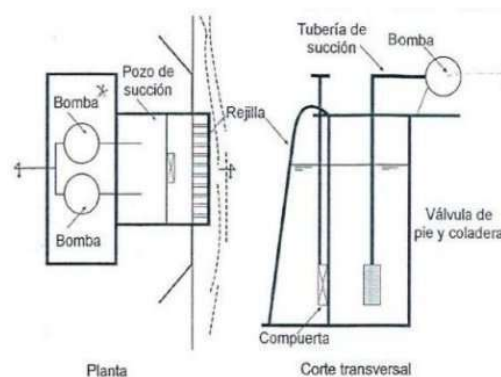


Figura 3.3 Bocatoma lateral con bombeo, en vista planta y corte[30]

3.3. PARTES DE UNA BOCATOMA O CAPTACION LATERAL

3.3.1. Cámara de recolección y excesos.

Esta construcción se divide en dos secciones que manejan el almacenamiento del flujo capturado. Es crucial señalar que esta estructura tiene la función de dividir el caudal de diseño, que será enviado al desarenador, mientras que la otra sección se ocupa de acumular y transferir el caudal excedente, que será regresado a la fuente superficial.[31]

Cámara de recolección: Usualmente tiene forma cuadrada o rectangular, con paredes de concreto reforzado que pueden tener un grosor de entre 10 y 30 centímetros, y su altura es igual a la de las paredes laterales. Dentro de ella hay un vertedero lateral que dirige el agua hacia una tubería de excesos, la cual tiene como propósito devolver el agua hacia el curso natural. Es importante dejar una cubierta en la parte superior y una escalera para facilitar el acceso al personal de mantenimiento. [32]

3.3.2. Ventana de bocatoma

Es una estructura enrejada que impide el ingreso de materiales sólidos y flotantes que son demasiado grandes, por lo que el umbral de la reja se coloca a una altura específica sobre el lecho. Por lo general, el agua se capta a través de un orificio situado en una o ambas orillas; este orificio cuenta con barrotes verticales o levemente inclinados que evitan la entrada de elementos flotantes y piedras que sean mayores que el espacio entre ellos.[33]

3.3.3. Rejilla

La rejilla se utiliza para evitar que los materiales arrastrados y en suspensión entren a la cámara de recolección, ya que esto podría provocar obstrucciones y el desbordamiento de las aguas debajo de la bocatoma. La distancia entre las rejillas se recomienda según el tipo de material que se desea bloquear; esta separación oscila entre 0.025 m y 0.10 m para materiales finos y de 0.10 a 0.20 para materiales gruesos. De la misma manera se debe mantener un periodo de limpieza para mejor eficiencia. [32]

3.3.4. Canal de aducción.

Recibe el agua que fluye a través de la rejilla y que ha sido llevada a la cámara de recolección. Este canal puede tener una pendiente del 1 al 14% y su objetivo principal es garantizar una velocidad mínima. Su diseño es rectangular para facilitar la limpieza tanto de la rejilla como del canal de aducción. [29]

3.3.5. Muros

Estas construcciones se sitúan tanto río arriba como río abajo del dique, y se levantan en ambos lados con el propósito de dirigir el río y resguardar los elementos de la toma de agua. Los muros pueden ser de concreto simple, concreto reforzado o enrocado, dependiendo de la disponibilidad de materiales en la región, las pautas de diseño y la rentabilidad económica.[34] Se pueden fabricar principalmente de concreto simple o reforzado; el diseño se fundamenta en la capacidad de gestionar el posible desbordamiento del nivel más alto del agua, lo cual contribuye a prevenir la erosión de las estructuras de captación.[33]

3.3.6. Barraje o Azud

La altura del vertedero se establece para elevar o mantener un nivel de agua en el río, lo que ayuda a desviar un caudal hacia el canal principal o de derivación. Asimismo, debe permitir que el agua que sobra fluya sobre su cresta, evitando así afectar a las otras comunidades.[25] Es una estructura de derivación que se coloca de manera transversal al río. Su objetivo es elevar el nivel del agua del río para obtener el caudal requerido para el desempeño de la bocatoma, la cual no debe cubrir toda la extensión del río.[33]

3.3.7. Zampeado y colchón disipador

Es una estructura hidráulica que se encuentra comúnmente al pie del vertedero. Su función principal es evitar la erosión y el deterioro del azud provocados por las crecidas de los ríos, lo que puede causar erosiones en el cauce. Así, el zampeado se emplea para disipar la energía, permitiendo que el cauce tenga velocidades relativamente bajas.[35]

3.3.8. Azud tipo Creager

Este diseño se distingue por poseer una estructura en "V" invertida, con una sección central más ancha y lados más delgados. Esta configuración facilita la disipada de energía del agua y reduce la erosión en las áreas circundantes al azud. Debido a su geometría, este perfil experimenta una presión casi inexistente en todos sus puntos.[36] En la **Figura 3.3** se observa el Azud tipo Creager con las características ya mencionadas.

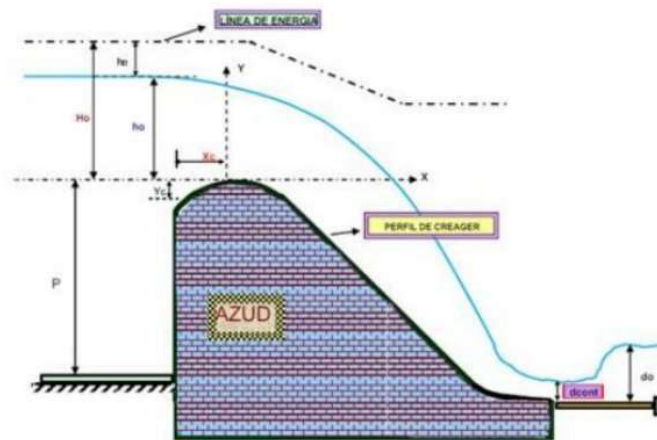


Figura 3.4 Azud tipo Creager [36]

3.4. CANAL

Un canal es un conducto en el cual el agua circula con una superficie libre. Se debe tomar en cuenta que tienen diferentes orígenes un canal puede ser de origen natural o creado por el ser humano. Los canales artificiales son los que se levantan o se desarrollan a través del trabajo humano.[37]

3.4.1. Elementos geométricos de la sección transversal del canal.

Los componentes geométricos reflejan las propiedades de las secciones transversales de un canal y se pueden describir en su totalidad mediante la forma de la sección y la profundidad del flujo. Son sumamente relevantes, por lo que se utilizan de manera extensiva en los cálculos de flujo. Para una sección transversal simple y uniforme de un río, los componentes geométricos se pueden representar matemáticamente en relación a la profundidad del agua y otras dimensiones de la sección. Es importante considerar que, en el caso de secciones complejas y de ríos naturales, estos factores no pueden ser descritos con fórmulas simples; sin embargo, es posible trazar curvas que muestren la relación entre estos factores y la profundidad del flujo para ser aplicadas en cálculos hidráulicos.[37]

3.4.2. Tipos de canales

Los canales se dividen en dos categorías dependiendo de si son naturales o creados por el ser humano.

3.4.3. Los canales naturales

Son ríos, corrientes de agua y cascadas. A las depresiones naturales en la corteza terrestre se les puede llamar canales naturales, considerando que algunos son poco profundos mientras que otros son más profundos, dependiendo de si están en montañas o en llanuras. Algunos de estos canales facilitan la navegación, generalmente sin requerir limpieza.[38] Esto se puede observar en la **Figura 3.4**.

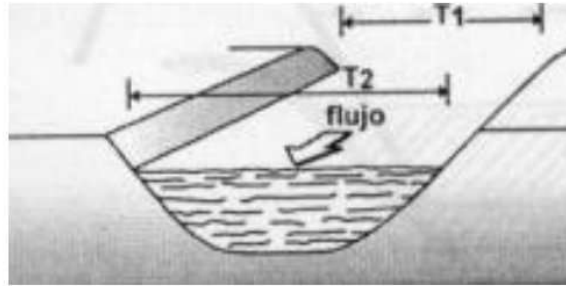


Figura 3.5 Canales naturales [39]

3.4.4. Los canales artificiales

Se clasifican en diversos tipos como: canales de suministro, drenaje, riego, evacuación de aguas pluviales y residuales y de navegación.[40] Los canales artificiales son aquellos que han sido diseñados o construidos por la acción humana, tales como los canales para irrigación, navegación, gestión de inundaciones, canales empleados en plantas hidroeléctricas, sistemas de drenaje pluvial y sanitario, canales de desbordamiento, canaletas de madera, cunetas a lo largo de carreteras, cunetas para el drenaje agrícola y ejemplos de canales construidos en entornos de laboratorio.[38]

3.4.5. Canales por su forma prismática

3.4.6. Canal de sección triangular

Del canal de sección triangular mostrado en la **Figura 3.5** se puede decir que es mayormente se usan para cunetas revestidas en las carreteras, también en canales de tierra pequeños.[38]

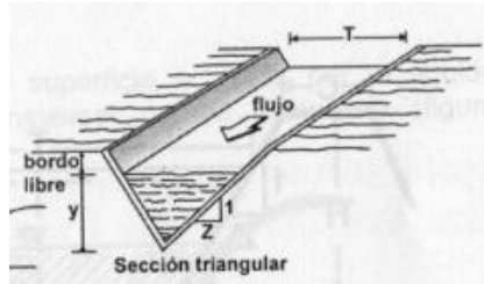


Figura 3.6 Canal sección triangular [39]

3.4.7. Canal de sección trapezoidal

EL canal de sección trapezoidal observado en la **Figura 3.6** suelen ser utilizados en canales de tierra puesto que ofrecen las inclinaciones requeridas para la estabilidad, y de igual forma en canales revestidos.[38]

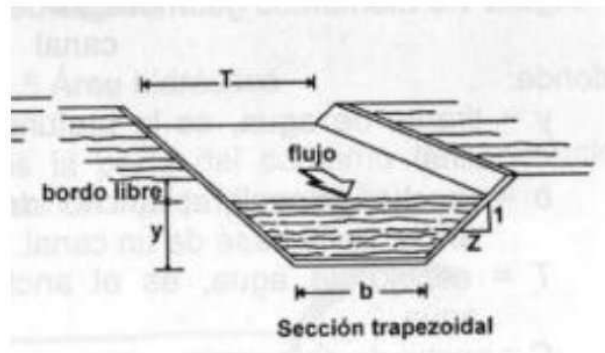


Figura 3.7 Canal de sección trapezoidal[39]

3.4.8. Canal de sección rectangular

El rectángulo, al tener dos lados verticales, se usa comúnmente para canales hechos de materiales duraderos, acueductos de madera, canales excavados en roca y para aquellos revestidos.[38] Se puede observar en la **Figura 3.7**.

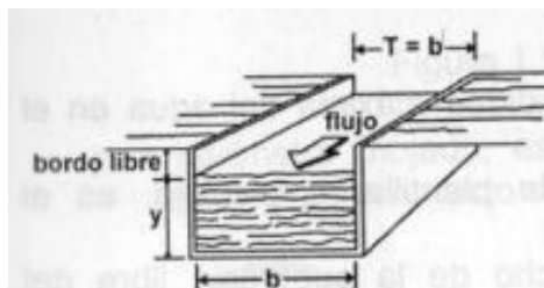


Figura 3.8 Canal de sección rectangular[39]

3.4.9. Canales de sección parabólica

Se pueden observar en pocas ocasiones ya que son canales revestidos por lo que, toman esta forma por el tiempo ejemplos claros serian canales naturales y canales viejos de tierra[38]

3.4.10. Sección circular y sección de herradura.

Se emplean comúnmente en sistemas de drenaje y en infraestructuras hidráulicas significativas por su durabilidad. En la **Figura 3.8** se observan las secciones circulares. [39]

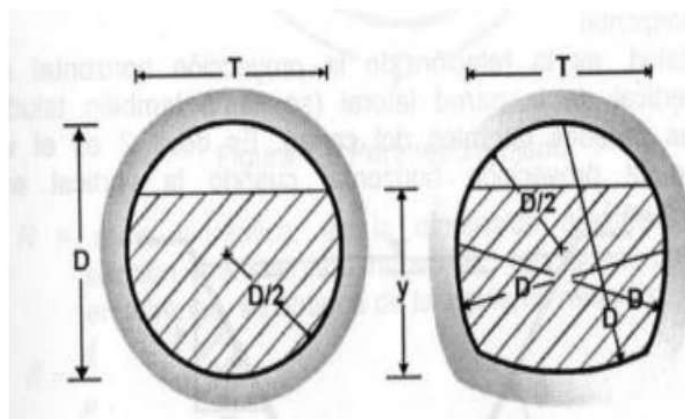


Figura 3.9 Sección circular[39]

3.4.11. NIVELES EN EL CANAL DE ADUCCIÓN

El nivel del agua, tanto río arriba como río abajo, se establece mediante el análisis del movimiento en el canal, suponiendo que todo el volumen de agua se concentra al inicio del canal.[41]

4. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

4.1. ANTECEDENTES

Las bocatomas laterales son estructuras hidráulicas que sirven para desviar parte del caudal de un río o canal hacia un sistema de riego o abastecimiento. Entre algunos ejemplos conocidos son:

"Diseño de la Bocatoma y Canal de Derivación de la Comunidad de Marripón" (2017):

Este proyecto tuvo como objetivo realizar el diseño hidráulico y estructural de una bocatoma en el río Chiniama, en la comunidad de Marripón, Perú. De la misma forma esta obra permitió recoger agua del río y llevarla a través de un canal de tres kilómetros hacia las áreas de cultivo., mejorando el abastecimiento hídrico para actividades agrícolas y ganaderas. Antes del proyecto,

se irrigaban 295 hectáreas, y con su implementación, se logró aumentar la cobertura de riego hasta 340 hectáreas. Este proyecto cumplió con la expectativa de la zona y ayudo a una mejora económica considerable.[34]

"Diseño y Construcción de un Prototipo de Bocatoma Lateral para el Laboratorio de Hidráulica" (2021): Este estudio, realizado en la Universidad Cooperativa de Colombia, sede Villavicencio, se centró en el diseño de una bocatoma lateral como estructura hidráulica para fines educativos y experimentales en el laboratorio de hidráulica de la institución. En este proyecto se toma en cuenta los diferentes caudales máximos, mínimos y medios. Cabe recalcar que gracias a este proyecto se visualizó que los caudales practicas fueron diferentes a los caudales teóricos ya que esto es en un prototipo.[32]

"Diseño de Bocatoma y Línea de Conducción para el Municipio de La Mesa, Cundinamarca" (2020): Este trabajo propuso el diseño de una bocatoma lateral y su línea de conducción la cual fue de 3 km con un diámetro de 8 a 12 pulgadas por lo cual se utilizaron tuberías de concreto, la cual se permitió abastecer de agua potable al municipio de La Mesa, en Colombia. El proyecto incluyó el análisis hidrológico de la zona y el diseño de las estructuras necesarias para garantizar un suministro adecuado de agua.[42]

"Bocatoma en el Río Chicama, en la Zona de Facalá" (2015): Esta tesis se ocupó del diseño de una bocatoma en el río Chicama, ubicado en la región de La Libertad, Perú. Se enfocó principalmente en el análisis hidrológico de la zona para determinar la cantidad de agua necesaria para los cultivos y, como resultado, presentó el diseño de la estructura de captación adecuada.[43]

Los anteriores casos mencionados confirman la importancia de las bocatomas laterales ya sea para riego o consumo humano, estos proyectos son mucho más efectivas, prácticas y tiene mucho mejor viabilidad económica. De la misma manera se puede decir son proyectos para diferentes localidades y diferentes propósitos por lo cual tendrán algunos cambios.

4.2. DIAGRAMA DE FLUJO



Figura 4. 1 Diagrama de flujo

Elaborado por: Deyci Pullotasig y Juan Taipe

4.3. HIDROLOGIA

4.3.1. ESTUDIO HIDROLÓGICO

El Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, a través del Anuario Hidrológico, proporciona información sobre los caudales del río Illuchi Aj Cutuchi (CVA Ambato), identificado con el código H0857. De este anuario se han obtenido los valores de caudales máximos, mínimos y medios registrados para su respectivo análisis.[44]

En la **Tabla 4.1** se observa la recolección de los caudales máximos los cuales se encuentran en unidades de $\frac{m^3}{s}$ cabe recalcar que se realizó el estudio desde el año 2007 a al 2013 el cual tiene un intervalo de 7 años, esto sirvió para realizar un promedio general para obtener un caudal máximo de $5,38 \frac{m^3}{s}$.

Tabla 4. 1 Caudales máximos [44]

CAUDALES MÁXIMOS m3/s													
Año / mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio
2007	1,3	0,3	1,3	6,6	2,1	10,0	1,7	8,9	3,7	3,8	27,2	2,2	5,76
2008	2,1	2,5	8,9	8,9	19,3	3,3	9,9	3,8	9,9	14,1	9,9	2,8	7,95
2009	2,8	9,9	2,3	11,9	2,2	14,1	3,8	9,9	0,5	1,7	0,2	0,5	4,98
2010	0,2	1,0	2,0	9,9	1,2	2,3	1,5	5,0	0,7	1,2	5,2	2,4	2,72
2011	1,7	10,1	1,7	43,0	9,9	6,8	11,9	2,8	4,4	5,1	2,6	5,9	8,82
2012	2,9	9,0	2,6	3,0	4,5	2,9	3,3	5,7	2,5	9,0	9,7	3,3	4,87
2013	1,4	2,9	2,1	2,1	9,0	2,6	4,1	0,8	3,5	0,8	0,8	0,7	2,56

En la **Tabla 4.2** se observa la recolección de los caudales medios los cuales se encuentran en unidades de $\frac{m^3}{s}$ cabe recalcar que se realizó el estudio desde el año 2007 a al 2013 el cual tiene un intervalo de 7 años, esto sirvió para realizar un promedio general para obtener un caudal medio de $0,92 \frac{m^3}{s}$.

Tabla 4. 2 Caudales medios[44]

CAUDALES MEDIO m3/s													
Año / mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio
2007	0,17	0,07	0,26	0,97	0,73	2,16	0,35	1,07	0,48	0,34	1,32	0,60	0,71
2008	0,48	0,82	1,18	1,21	1,69	1,75	1,67	0,95	1,11	1,83	1,36	1,15	1,27
2009	1,28	1,15	0,74	1,53	0,73	1,39	0,87	0,49	0,10	0,25	0,05	0,10	0,72
2010	0,07	0,15	0,07	1,19	0,31	0,71	0,46	0,76	0,13	0,23	1,27	0,78	0,51
2011	0,41	1,38	0,42	2,57	2,48	2,09	2,46	1,22	1,24	0,49	0,60	2,34	1,47
2012	1,81	2,33	1,30	1,52	1,30	0,90	0,87	0,82	0,68	0,93	0,75	1,26	1,21
2013	0,20	0,98	0,41	0,43	1,13	0,68	0,76	0,18	0,96	0,15	0,16	0,18	0,52
													0,92

En la **Tabla 4.3** se observa la recolección de los caudales mínimos los cuales se encuentran en unidades de $\frac{m^3}{s}$ cabe recalcar que se realizó el estudio desde el año 2007 a al 2013 el cual tiene un intervalo de 7 años, esto sirvió para realizar un promedio general para obtener un caudal mínimo de $0,22 \frac{m^3}{s}$.

Tabla 4. 3 Caudales mínimos[44]

CAUDALES MINIMOS m3/sg													
Año / mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio
2007	0,00	0,00	0,00	0,14	0,18	0,34	0,02	0,11	0,05	0,01	0,16	0,11	0,09
2008	0,01	0,05	0,24	0,11	0,11	0,51	0,43	0,28	0,25	0,12	0,56	0,56	0,27
2009	0,51	0,32	0,10	0,25	0,14	0,06	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,12
2010	0,02	0,04	0,06	0,03	0,04	0,05	0,04	0,02	0,02	0,01	0,04	0,28	0,05
2011	0,04	0,03	0,02	0,02	1,11	0,61	0,99	0,61	0,47	0,04	0,03	0,94	0,41
2012	0,97	1,03	0,65	0,86	0,75	0,23	0,23	0,23	0,24	0,07	0,07	0,49	0,49
2013	0,07	0,07	0,07	0,07	0,30	0,07	0,07	0,07	0,36	0,07	0,05	0,05	0,11
													0,22

4.3.2. MORFOMETRÍA DE LA CUENCA DEL RIO ILLUCHI

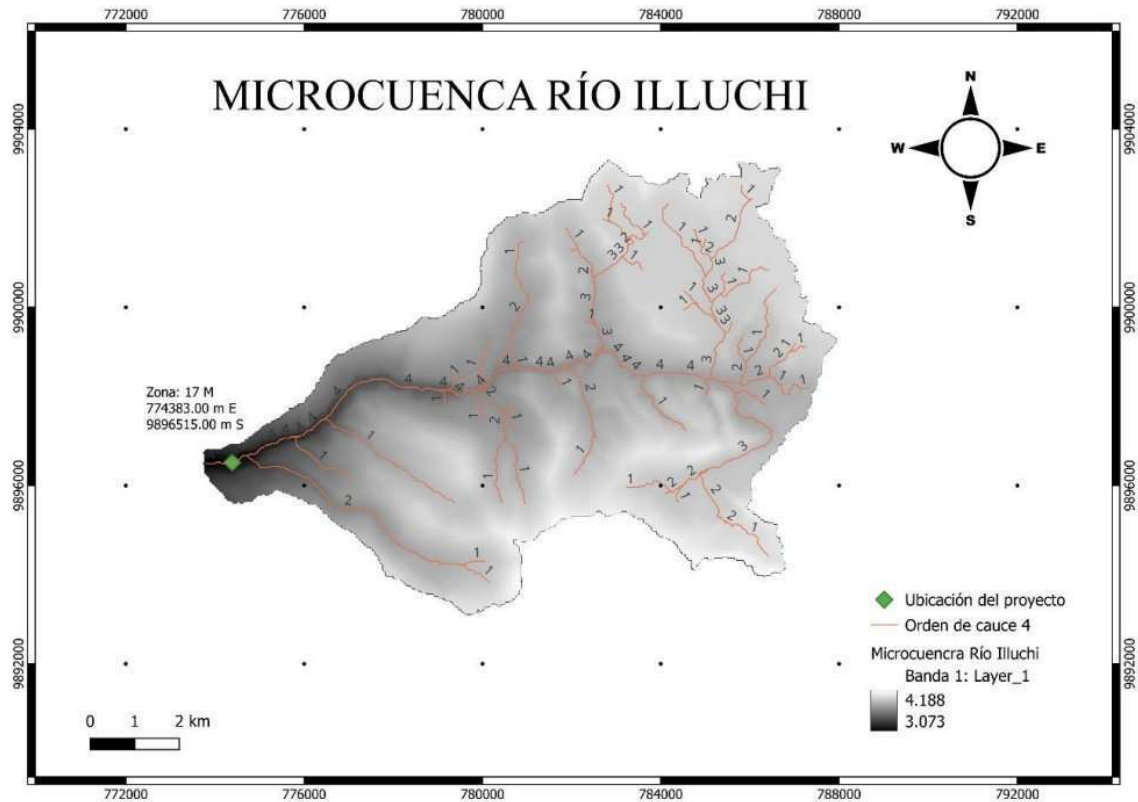


Figura 4. 2 Cuenca hidrográfica del río Illuchi
Elaborado por: Deyci Pullotasig y Juan Taipe

La cuenca estudiada, que abarca un área de 77,976 km² y un perímetro de 60,624 km, tiene una forma alargada con un factor de forma de 0,410 y un coeficiente de circularidad de 0,27, lo que indica una respuesta hidrológica moderada ante lluvias fuertes. Su desnivel altitudinal de 1076 m, con altitudes que oscilan entre 4186 y 3110 msnm, muestra una pendiente considerable que puede favorecer la erosión y la rapidez del escurrimiento. El coeficiente de compacidad de 1,92 sugiere una morfología irregular, influyendo así en la distribución del flujo. En términos generales, la cuenca presenta un tiempo de concentración relativamente alto, lo que disminuye el riesgo de inundaciones repentinas, pero la inclinación pronunciada podría ocasionar caudales elevados en eventos extremos, lo que demanda estrategias para el manejo de suelos y el control de la erosión. Estos datos se pueden observar en la **Tabla 4.4**.

Tabla 4. 4 Parámetros Morfométricos Generales

Parámetros Morfométricos Generales		
Parámetro	Símbolo	Valor

Perímetro (km)	P	60,624
Área (km ²)	A	77,976
Longitud máxima (km)	LM	13,798
Longitud cauce principal (km)	LCP	12,33
Ancho de la cuenca (km)	AC	5,65
Desnivel altitudinal (m)	DA	1076
Cota Máxima (msnm)	Cmx	4186
Cota Mínima (msnm)	Cmm	3110

En la **Tabla 4.5** se puede observar parámetros morfométricos asociados a la forma de la cuenca. Con su respectivo parámetro, símbolo, el valor obtenido en el momento del cálculo y las observaciones para conocer la morfometría de la cuenca.

Tabla 4. 5 Parámetros Morfométricos Asociados a la Forma de la Cuenca

Parámetros Morfométricos Asociados a la Forma de la Cuenca			
Parámetro	Símbolo	Valor	Observaciones
Factor forma	FF	0,410	Ni alargada ni ensanchada
Coficiente de compacidad	Kc	1,92	Clase 3: Oval-oblonga a rectangular - oblonga
Coficiente de circularidad	CC	0,27	Alargada

Factor de forma de Horton, Kf

Al realizar los cálculos, con la **Ecuación 4.1** la cual representa la fórmula de Horton para conocer la forma de la cuenca, que se puede seleccionar mediante el resultado ya obtenido, se puede elegir la forma de la cuenca mediante los valores aproximados de la **Tabla 4.6**.

$$Kf = \frac{A}{La^2} \quad (4.1)$$

Donde:

Kf= Factor de forma.

A= Área total de la cuenca en Km².

L= Distancia directa entre los puntos más distantes de la cuenca Km.

Tabla 4. 6 Valores interpretativos del factor forma

Valores Aproximados	Forma de la Cuenca
>0.22	Muy alargada
0.22 – 0.300	Alargada
0.300 – 0.37	Ligeramente alargada
0.37 – 0.450	Ni alargada ni ensanchada
0.45 – 0.60	Ligeramente Ensanchada
0.60 – 0.80	Ensanchada
0.80 – 1.20	Muy Ensanchada
>1.200	Rodeando el desagüe

Coefficiente de compacidad

Este coeficiente representa la disposición de la superficie de la cuenca, según su delimitación, y su efecto en los escurrimientos y el hidrograma que se origina de una precipitación, se puede calcular la **Ecuación 4.2**, y de la misma manera se conoce la forma de la cuenca según el índice de compacidad de la **Tabla 4.7**. [30]

$$Kc = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} = \frac{0.28P}{\sqrt{A}} \quad (4.2)$$

Donde:

Kc= Coeficiente de compacidad

P= Perímetro de la cuenca en Km.

A= Área total de la cuenca en Km^2

Tabla 4. 7 Formas de la cuenca según el índice de compacidad

CLASE DE FORMA	INDICE DE COMPACIDAD (K)	FORMA DE LA CUENCA
Clase I	1.0 a 1.25	Casi redonda a oval-redonda
Clase II	1.26 a 1.50	Oval-redonda a oval-oblonga
Clase III	Mayor a 1.51	Oval-oblonga a rectangular -

		oblonga
--	--	---------

Coefficiente de circularidad

Con la **Ecuación 4.3** se obtiene el coeficiente de circularidad, el cual se debe comparar con los parámetros mencionados.

$$Cc = 4\pi \frac{A}{p^2} \quad (4.3)$$

$0 < Cc < 1$

Si Cc tiende a 1: Cuenca ensanchada

Si C_c tiende a 0: Cuenca alargada

4.3.3. Caracterización Geológica

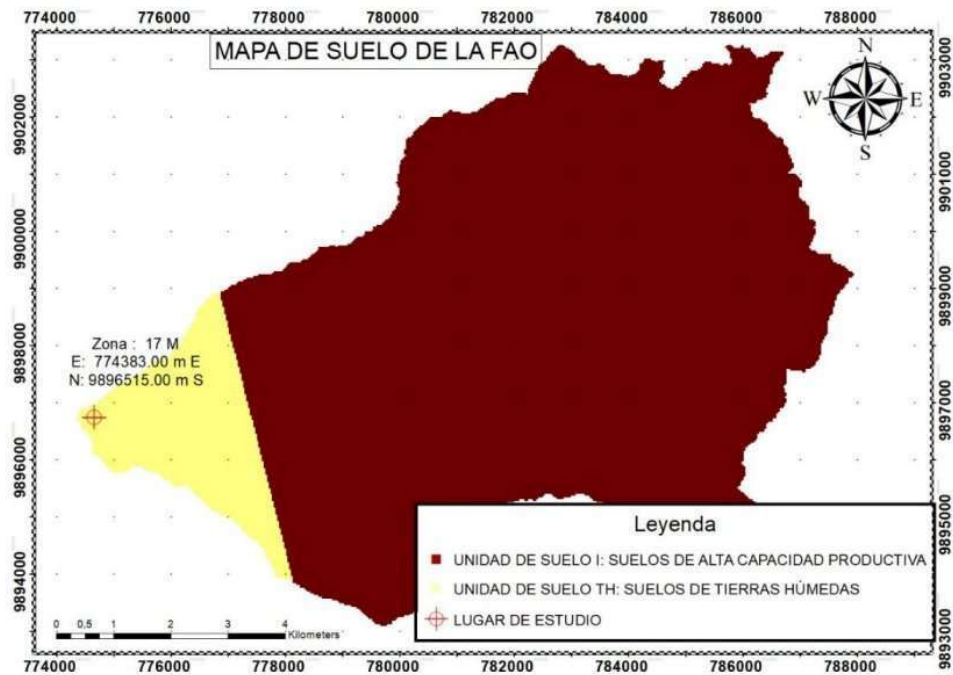


Figura 4. 3 Mapa de suelos de la FAO

Elaborado por: Deyci Pullotasig y Juan Taipe

La FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) clasifica los suelos en diferentes categorías según su capacidad de uso y limitaciones.

Clase I (Suelos de Alta Capacidad Productiva)

- Son los terrenos más productivos y fértiles.
- Cuentan con una superficie plana o ligeramente inclinada.
- Tienen una buena profundidad y drenaje, con una textura equilibrada.
- Presentan un alto contenido de materia orgánica y nutrientes fundamentales para la agricultura.
- Son idóneos para casi cualquier tipo de cultivo sin requerir grandes modificaciones o mejoras.

Clase TH (Suelos de Tierras Húmedas o Temporales Húmedas)

- Se trata de terrenos que normalmente mantienen la humedad durante gran parte del año.
- Pueden hallarse en regiones con mal drenaje o en zonas de humedales.
- A menudo necesitan técnicas de gestión específicas, como drenaje artificial o control del nivel del agua subterránea.
- Son adecuados para cultivos específicos que se adaptan a condiciones húmedas, como el arroz, pastos o especies de árboles.

4.4. Área de estudio



Figura 4. 4 Ubicación específica del proyecto

Elaborado por: Deyci Pullotasig y Juan Taipe

El presente estudio se desarrolla en la República del Ecuador, específicamente en la provincia de Cotopaxi, dentro del cantón Latacunga. La investigación se centra en la parroquia rural Juan Montalvo, en la comunidad Virgen de Guadalupe. La cual se encuentra en la zona 17 M, con sus coordenadas (774383.00 m E; 9896515.00 m S). La cual se puede observar en la **Figura 4.1** Esta zona se caracteriza por su entorno geográfico particular, su relevancia dentro del cantón y su influencia en las actividades socioeconómicas de la región.

Zona	17 M
Coordenada Este	774383.00 m E
Coordenada Norte	9896515.00 m S

Tabla 4. 8 Coordenadas del proyecto

4.5. DISEÑO HIDRAULICO

4.5.1. CÁMARA DE RECOLECCIÓN

La cámara de recolección se ubica después de la entrada lateral de agua en la bocatoma, con el objetivo de captar el agua y sedimentar los sólidos transportados.[32]

4.5.1.1. Altura lámina de agua (H)

Superficie libre del agua en un canal, río u otra estructura hidráulica donde el flujo está expuesto a la atmósfera, también es conocida como la Altura de entrada a la cámara de recolección. [45]

$$H = \left(\frac{Q}{1,8 * L} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (4.4)$$

Donde:

H = Altura lámina de agua (m).

Q = Caudal de diseño($\frac{m^3}{s}$).

L = Ancho del río (m).

4.5.1.2. Longitud de la presa

Debido a la existencia de las contracciones laterales, es fundamental llevar a cabo la corrección adecuada de la longitud de vertimiento.[46]

$$L' = L - (0,1 * n * H) \quad (4. 5)$$

Donde:

L' = Longitud de la presa (m).

L = Ancho del río (m).

n = Coeficiente de Manning.

H = Altura de lámina de agua (m).

Tabla 4. 9 Valores de n dados por Horton para ser usados en las fórmulas de Kutter y Manning

Superficie	Perfectas	Buenas	Medianas	Malas
Tubería hierro forjado negro comercial	0,012	0,013	0,014	0,015
Tubería fierro forjado galvanizado comercial	0,013	0,014	0,015	0,017
Tubería de latón o vidrio	0,009	0,01	0,011	0,013
Tubería acero remachado en espiral	0,013	0,015	0,017	0,017
Tubería de barro vitrificado	0,01	0,013	0,015	0,017
Tubos comunes de barro para drenaje	0,011	0,012	0,014	0,017
Tabique vidriado	0,011	0,012	0,013	0,015
Tabique con mortero de cemento	0,012	0,013	0,015	0,017
Superficies de cemento pulido	0,01	0,011	0,012	0,013
Superficies aplanadas con mortero de cemento	0,011	0,012	0,013	0,015
Tuberías de concreto	0,012	0,013	0,015	0,016
Tuberías de duela	0,01	0,011	0,012	0,013
Acueductos de tablón - Labrado	0,01	0,012	0,013	0,014
Acueductos de tablón - Sin labrar	0,011	0,013	0,014	0,015
Acueductos de tablón - Con astillas	0,012	0,015	0,016	0,017
Canales revestidos con concreto	0,012	0,014	0,016	0,018
Superficie de mampostería con cemento	0,017	0,02	0,025	0,03
Superficie de mampostería en seco	0,025	0,03	0,033	0,035
Acueductos semicirculares metálicos, lisos	0,011	0,012	0,013	0,015
Acueducto semicirculares metálicos corrugados	0,0225	0,025	0,0275	0,03
Canales y zanjas - En tierra, alineados y uniformes	0,017	0,02	0,0225	0,025
Canales y zanjas - En roca, lisos y uniformes	0,025	0,03	0,033	0,035
Canales y zanjas - En roca, con salientes y sinuosos	0,035	0,04	0,045	0,05

Canales y zanjas - Sinuosos y de escurrimiento lento	0,0225	0,025	0,0275	0,03
Canales y zanjas - Degradados en tierra	0,025	0,0275	0,03	0,033
Canales y zanjas - Con lecho pedregoso y bordes de tierra en hiervados	0,025	0,03	0,035	0,04
Canales y zanjas - Plantilla de tierra, taludes ásperos	0,028	0,03	0,033	0,035
Corrientes naturales (1) Limpios, bordos rectos	0,025	0,0275	0,03	0,033
Corrientes naturales (2) Igual al (1) pero con algo de hierba y piedra	0,03	0,033	0,035	0,04
Corrientes naturales (3) Sinuoso, algunos charcos y escollos, limpio	0,033	0,035	0,04	0,045
Corrientes naturales (4) Igual al (3), de poco tirante	0,04	0,045	0,05	0,055
Corrientes naturales (5) Igual al (3), algo de hierba y piedras	0,035	0,04	0,045	0,05
Corrientes naturales (6) Igual al (4), secciones pedregosas	0,045	0,05	0,055	0,06
Corrientes naturales (7) Ríos con tramos lentos	0,05	0,06	0,07	0,08
Corrientes naturales (8) Playas muy enyerbadas	0,075	0,1	0,125	0,15

4.5.1.3. Velocidad del río

Velocidad es un factor clave en la comprensión de la dinámica fluvial del río, ya que influye en la movilidad del cauce, el transporte de materiales y la estabilidad del sistema debe situarse entre 0.3 m/s y 3 ni/s para que sean aplicables. [47]

$$V = \frac{Q}{A} \quad (4.6)$$

Donde:

V= Velocidad que ingresa el agua a la cámara de recolección ($\frac{m}{s}$).

Q = Caudal de diseño ($\frac{m^3}{s}$).

A= Área (m^2).

4.5.1.4. Transporte del solido cámara de recolección

4.5.1.5. Alcance filo superior

El alcance del filo superior del agua hace referencia a la altura máxima que alcanza la superficie

del agua en una estructura hidráulica en el momento de la captación de agua, en este caso de la cámara de recolección.

$$Xs = 0,36 * V^{\frac{2}{3}} + 0,6 * he^{\frac{4}{7}} \quad (4. 7)$$

Donde:

x_s = Alcance filo superior (m).

V = Velocidad que ingresa el agua al canal ($\frac{m}{s}$).

H = Altura de lámina de agua (m).

4.5.1.6. Alcance filo inferior

El alcance del filo inferior da como referencia al nivel más bajo que alcanza la superficie del agua en una estructura hidráulica durante en momento de captación de agua.

$$Xi = 0,18 * V^{\frac{4}{7}} + 0,70 * H^{\frac{3}{4}} \quad (4. 8)$$

Donde:

x_i = Alcance filo inferior (m).

V = Velocidad que ingresa el agua al canal ($\frac{m}{s}$).

H = Altura de lámina de agua (m).

4.5.1.7. Base cámara de recolección

Es la superficie inferior de esta estructura, la cual se encuentra diseñada para facilitar la acumulación y evacuación de sólidos sedimentados, esto debe asegurar un flujo eficiente y de la misma forma debe evitar obstrucciones.

$$B' = Xs + 0,57 \quad (4. 9)$$

Donde:

B' = Base de la cámara de recolección (m).

x_s = Alcance filo superior (m).

4.5.1.8. MURO DE CONTENCIÓN

Actuar como soporte estructural para canalizar el agua hacia las el ingreso de la rejilla. [12]

$$h = \left(\frac{Q_{max}}{1,84 * L} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (4.10)$$

Donde:

h= Altura del muro de contención (m).

Q_{max} = Caudal máximo ($\frac{m^3}{s}$).

L= Ancho del río (m).

4.5.2. REJILLA

Están formadas por una estructura de soporte sobre la cual se colocan láminas de acero. Se sitúan sobre la superficie húmeda y previenen la entrada de materiales no deseados.[48]

4.5.2.1. Área de la rejilla

El área de la rejilla es la superficie que se encuentra disponible para el paso del agua la cual debe retener los sólidos.

$$A = \frac{Q}{0,9 * V_B} \quad (4.11)$$

Donde:

A= Área de la rejilla (m^2).

Q= Caudal de diseño ($\frac{m^3}{s}$).

V_B= Velocidad entre barrotes ($\frac{m}{s}$).

4.5.2.2. Longitud real de la rejilla

Es la medida efectiva de la rejilla que se encuentra en contacto con el flujo del agua la cual debe evitar el ingreso de sólidos.

$$LR = \frac{An * (a + b)}{a * B} \quad (4.12)$$

Donde:

LR= Longitud real de la rejilla (m).

A= Área de la rejilla (m^2).

a= Separación entre barrotes (m).

b= Diámetro del barrote (m).

B= Base del canal (m).

4.5.2.3. Área neta de la rejilla

Es la superficie por donde pasa el agua, pero no se toma en cuenta el espacio que está ocupado por los barrotes.

$$An = \frac{a}{a + b} * B * LR \quad (4. 13)$$

Donde:

An= Área neta de la rejilla (m^2).

LR= Longitud real de la rejilla (m).

a= Separación entre barrotes (m).

b= Diámetro del barrote (m).

B= Base del canal (m).

4.5.2.4. Número de espacios

Son las aberturas que existen entre los barrotes, esto facilita el paso del agua.

$$\#Espacios = \frac{An}{a * B} \quad (4. 14)$$

Donde:

#Espacios= Número de espacios.

An= Área neta de la rejilla (m^2).

a= Separación entre barrotes (m).

B= Base del canal (m).

4.5.2.5. Número de barrotes

Cantidad total de barrotes las cuales pueden ser en forma vertical o forma horizontal.

$$\# Barrotes = \#Espacios - 1 \quad (4. 15)$$

Donde:

#Barrotes= Número de barrotes.

#Espacios= Número de espacios.

4.5.2.6. Área neta final

Área total disponible para que el agua pase, pero que los sólidos no sean una obstrucción.

$$An_{final} = \frac{An * (a + b)}{a * B} \quad (4. 16)$$

Donde:

An_{final} = Área neta final (m^2).

An = Área neta de la rejilla (m^2).

a = Separación entre barrotes (m).

b = Diámetro del barroto (m).

B = Base del canal (m).

4.5.3. CANAL DE ADUCCIÓN

El agua cruda o tratada suele ser transportada a flujo libre o a presión.[30]

4.5.3.1.Caja de aducción

4.5.3.2.Alcance filo superior

Es la altura del canal superior, la cual determina el límite del flujo del agua.

$$Xs = 0,36 * V^{\frac{2}{3}} + 0,6 * he^{\frac{4}{7}} \quad (4. 17)$$

Donde:

xs = Alcance filo superior (m).

V = Velocidad que ingresa el agua al canal ($\frac{m}{s}$).

H = Altura de lámina de agua (m).

4.5.3.3.Alcance filo inferior

Altura del canal inferior, determina la profundidad del flujo del agua.

$$Xi = 0,18 * V^{\frac{4}{7}} + 0,70 * H^{\frac{3}{4}} \quad (4. 18)$$

Donde:

x_i = Alcance filo inferior (m).

V = Velocidad que ingresa el agua al canal ($\frac{m}{s}$).

H = Altura de lámina de agua (m).

4.5.3.4. Ancho canal de aducción

Es la distancia horizontal entre los bordes del canal, la cual determina la capacidad para transportar el caudal.

$$B = X_s + 0,175 \quad (4. 19)$$

Donde:

B' = Ancho de la cámara de aducción (m).

x_s = Alcance filo superior (m).

4.5.3.5. NIVELES CANAL DE ADUCCIÓN

4.5.3.6. Profundidad crítica

Profundidad máxima del flujo de agua del canal de aducción.

$$h_e = \left(\frac{Q^2}{g * B^2} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (4. 20)$$

Donde:

h_e = Profundidad crítica (m).

Q = Caudal de diseño ($\frac{m^3}{s}$).

g = Gravedad ($\frac{m}{s^2}$).

B = Ancho del canal de aducción (m).

4.5.3.7. Longitud del canal

Es la distancia total lo que va desde la bocatoma hasta el lugar de entrega o conexión con el canal de distribución o a su vez el tanque reservorio.

$$L_c = L_R + 0,20 \quad (4. 21)$$

Donde:

Lc= Longitud el canal (m).

LR= Longitud real de la rejilla (m).

4.5.3.8. Profundidad de aguas arriba

La altura del flujo de agua medida desde el fondo del canal hasta la superficie en la sección inicial del canal, cerca de la bocatoma.

$$h_o = \left(2 * h_e^2 + \left(h_e - \frac{i * L_c}{3}\right)^2\right)^{\frac{1}{2}} - \frac{2}{3} * i * L_c \quad (4. 22)$$

Donde:

h_o= Profundidad de aguas arriba (m).

h_e= Profundidad crítica (m).

i= Pendiente.

L_c= Longitud del canal (m).

4.5.3.9. Profundidad total del canal de aducción de aguas arriba

Es la distancia vertical desde el fondo del canal hasta el filo superior en la sección inicial, esto debe considerar la profundidad del flujo más el tirante de seguridad el objetivo principal es evitar el desbordamiento.

$$H_o = h_o + B_l \quad (4. 23)$$

Donde:

H_o= Profundidad total del canal de aducción aguas arriba (m).

h_o= Profundidad de aguas arriba (m).

B_L= Borde libre del agua (m).

4.5.3.10. Profundidad total del canal de aducción de aguas abajo

Es la distancia vertical desde el fondo del canal hasta el filo superior en la sección final, esto considera la profundidad del flujo y el tirante de seguridad para evitar desbordamientos.

$$H_e = H_o + (i * L_c) \quad (4. 24)$$

Donde:

H_e= Profundidad total del canal de aducción de aguas abajo (m).

Ho= Profundidad total del canal de aducción aguas arriba (m).

i= Pendiente.

Lc= Longitud del canal (m).

4.5.3.11. Velocidad

Rapidez con la que el agua fluye en el canal de aducción.

$$V_{FC} = \frac{Q}{A} \quad (4.25)$$

Donde:

V_{FC} = Velocidad canal de aducción ($\frac{m}{s}$).

Q= Caudal de diseño ($\frac{m^3}{s}$).

A= Área canal de aducción (m^2).

4.5.4. ALIVIADERO O VERTEDERO TIPO CREAGER

4.5.4.1. Aliviadero

Es la distancia vertical desde la base hasta el filo superior de la estructura de descarga, esto sirve para determinando el nivel máximo de agua antes de que el flujo se desborde por lo cual evita daños en la infraestructura.

$$Hd = \left(\frac{Qm}{1,84 * L} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (4.26)$$

Donde:

Hd= Altura del aliviadero (m).

Qm= Caudal medio ($\frac{m^3}{s}$).

L = Ancho del río (m).

4.5.4.2. Área sobre cresta / vertedero

Sección transversal del flujo de agua que pasa por encima del vertedero.

$$A = L * Hd \quad (4.27)$$

Donde:

A= Área sobre el vertedero (m^2).

Hd= Altura del aliviadero (m).

L = Ancho del río (m).

4.5.4.3. Velocidad sobre cresta / vertedero

Es la rapidez con la que el agua fluye al pasar por el filo del vertedero.

$$V = \frac{Q_{max}}{A} \quad (4.28)$$

Donde:

V= Velocidad sobre la cresta/ vertedero ($\frac{m}{s}$).

Qmax= Caudal máximo ($\frac{m^3}{s}$).

A= Área sobre el vertedero (m^2).

4.5.4.4. Profundidad crítica

4.5.4.5. Caudal unitario

Es el caudal por unidad de ancho en un flujo en lámina.

$$q = \frac{Q_{max}}{L} \quad (4.29)$$

Donde:

q= Caudal unitario ($\frac{m^3}{s}$).

Qmax= Caudal máximo ($\frac{m^3}{s}$).

L = Ancho del río (m).

4.5.4.6. Tirante crítico (Yc)

Es la profundidad del flujo en la que la energía específica es mínima

$$Y_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} \quad (4.30)$$

Donde:

Y_c = Tirante crítico (m).

q = Caudal unitario ($\frac{m^3}{s}$).

g = Gravedad ($\frac{m}{s^2}$).

4.5.4.7.Velocidad crítica

Es la velocidad a la que el flujo de agua en un canal alcanza el estado de flujo crítico, donde la energía específica es mínima.

$$V_c = \sqrt{g * Y_c} \quad (4. 31)$$

Donde:

V_c = Velocidad crítica ($\frac{m}{s}$).

Y_c = Tirante crítico (m).

g = Gravedad ($\frac{m}{s^2}$).

4.5.4.8.Perfil Creager

Este diseño se distingue por contar con una estructura en forma de "V" invertida, con una sección central más ancha y laterales más angostos. [36]

$$\frac{H_e}{H_d} > 1,33 \quad (4. 32)$$

Donde:

H_e = Altura crítica final (m).

H_d = Altura del aliviadero (m).

4.5.4.9.Coordenada para el perfil de aliviadero

Son los puntos específicos que definen la geometría de la estructura de descarga.

$$Y = \frac{x^{1,85}}{2 * H_d^{0,85}} \quad (4. 33)$$

Donde:

Y = Coordenada Y.

x= Coordenada X.

Hd= Altura del aliviadero. (m)

4.5.4.10. Calado contraído

Es la profundidad de un cuerpo sumergido en un fluido, determinar la capacidad de paso de agua o flujo de un río.

$$hct = \frac{q}{K\sqrt{2g(P + Hd - hct)}} \quad (4.34)$$

Donde:

hct= Altura calado contraído (m).

q= Caudal unitario ($\frac{m^3}{s}$).

K= Coeficiente en sección rectangular.

Hd= Altura aliviadero (m).

4.5.4.11. Altura máximo resalto hidráulico

Es la diferencia de altura entre el nivel del agua antes y después de un resalto.

$$h2 = \frac{hct}{2} * \left(\sqrt{1 + \frac{8 * q^2}{g * hct^3}} - 1 \right) \quad (4.35)$$

Donde:

h2= Altura máximo resalto hidráulico (m).

q= Caudal unitario ($\frac{m^3}{s}$).

g= Gravedad ($\frac{m}{s^2}$).

hct= Altura calado contraído (m).

4.5.4.12. Longitud de poza para el resalto (L.S)

Es la distancia horizontal que sigue el flujo de agua después de la caída o resalto, donde se busca estabiliza el flujo.

$$Ls = 6 * (h2 - h1) \quad (4.36)$$

Donde:

Ls= Longitud de poza para el resalto (m).

H2=Altura máximo del resalto (m).

H1= Altura calado contraído (m).

4.5.5. CANAL RECTANGULAR

4.5.5.1. Tirante hidráulico (Y)

Tirante de agua, es la profundidad del agua en el canal. [39]

$$Q = \frac{1}{n} * (B * y) * \left(\frac{B * y}{B + 2y}\right)^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} \quad (4. 37)$$

Donde:

Q= Caudal de diseño ($\frac{m^3}{s}$).

n= Rugosidad de Manning.

B= Base del canal (m).

Y= Tirante normal (m).

S= Pendiente (%).

Tabla 4. 10 Coeficiente n de Manning [37]

Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo
Latón, liso	0,009	0,01	0,013
Acero - Estriado y soldado	0,01	0,012	0,014
Acero - Ribeteado y en espiral	0,013	0,016	0,017
Hierro fundido - Recubierto	0,01	0,013	0,014
Hierro fundido - No recubierto	0,011	0,014	0,016
Hierro forjado - Negro	0,012	0,014	0,015
Hierro forjado - Galvanizado	0,013	0,016	0,017
Metal corrugado - Subdrenaje	0,017	0,019	0,021
Metal corrugado - Drenaje de agua de lluvia	0,021	0,024	0,03
Lucita	0,008	0,009	0,01
Vidrio	0,009	0,01	0,013

Cemento - Superficie pulida	0,01	0,011	0,013
Cemento - Mortero	0,011	0,013	0,015
Concreto - Alcantarilla, recta y libre de basuras	0,01	0,011	0,013
Concreto - Alcantarilla con curvas, conexiones y algo de basuras	0,011	0,013	0,014
Concreto - Bien terminado	0,011	0,012	0,014
Concreto - Alcantarillado de aguas residuales, con pozos de inspección, entradas, etc., recto	0,013	0,015	0,017
Concreto - Sin pulir, cimbra metálica	0,012	0,013	0,014
Concreto - Sin pulir, cimbra en madera lisa	0,012	0,014	0,016
Concreto - Sin pulir, cimbra en madera rugosa	0,015	0,017	0,02
Madera - Machihembrada	0,01	0,012	0,014
Madera - Laminada, tratada	0,015	0,017	0,02
Arcilla - Canaleta común de baldosas	0,011	0,013	0,017
Arcilla - Alcantarilla vitrificada	0,011	0,014	0,017
Arcilla - Alcantarilla vitrificada con pozos de inspección	0,013	0,015	0,017
Arcilla - Subdrenaje vitrificado con juntas abiertas	0,014	0,016	0,018

4.5.5.2. Tirante hidráulico crítico (Yc)

4.5.5.3. Caudal unitario

Es el caudal de agua por unidad de ancho de un flujo. Este caudal sirve para conocer el flujo del agua en el canal.

$$q = \frac{Q}{B} \quad (4.38)$$

Donde:

q= Caudal unitario ($\frac{m^3}{s}$).

Q= Caudal de diseño ($\frac{m^3}{s}$).

B= Base del canal (m).

4.5.5.4. Tirante Crítico

Es el tirante hidráulico que se da cuando el caudal llega a su punto máximo. Para una energía específica determinada, o el tirante en el que se presenta un caudal específico con la energía mínima.[39]

$$Y_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} \quad (4.39)$$

Donde:

Y_c = Tirante Crítico (m).

q = Caudal unitario ($\frac{m^3}{s}$).

g = Gravedad ($\frac{m}{s^2}$).

4.5.5.5. Área hidráulica (A)

Área hidráulica se refiere a la superficie que ocupa el líquido en cualquier sección transversal normal.[39]

$$A = B * y \quad (4.40)$$

Donde:

A = Área hidráulica (m^2).

B = Base del canal (m).

Y = Tirante normal (m).

4.5.5.6. Perímetro mojado (P)

Perímetro húmedo es la parte del borde del tubo que se encuentra en contacto con el líquido.[39]

$$P = 2y + B \quad (4.41)$$

Donde:

P = Perímetro mojado (m).

B= Base del canal (m).

Y= Tirante normal (m).

4.5.5.7. Radio hidráulico (Rh)

El radio hidráulico es la medida representativa de la sección transversal, cumple un papel equivalente al diámetro en las tuberías y se calcula mediante la siguiente relación: [39]

$$Rh = \frac{A}{P} \quad (4.42)$$

Donde:

Rh= Radio hidráulico (m).

P= Perímetro mojado (m).

A= Área hidráulica (m^2).

4.5.5.8. Altura total (Ht)

Es la suma del tirante de agua (Y) y el borde libre (BL), los cuales representan la distancia desde el fondo del canal hasta su borde superior.

$$H_{total} = BL + Y \quad (4.43)$$

Donde:

Ht= Altura total (m).

BL= Borde libre.

Y= Tirante normal (m).

4.5.5.9. Velocidad (V)

Más conocido como la rapidez con la que fluye el agua en el canal.

$$V = \frac{Q}{A} \quad (4.44)$$

Donde:

V= Velocidad ($\frac{m}{s}$).

A= Área hidráulica (m^2).

Q= Caudal de diseño ($\frac{m^3}{s}$).

4.5.5.10. Número de froude

Asocia las fuerzas de inercia debidas a la velocidad con las fuerzas gravitatorias, que se definen en este contexto como:[39]

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g * y}} \quad (4. 45)$$

Donde:

Fr= Número de froude.

V= Velocidad ($\frac{m}{s}$).

Y= Tirante normal (m).

g= Gravedad ($\frac{m}{s^2}$).

4.5.5.11. Tipos de flujo

Tabla 4. 11 Tipos de flujo

Tipo de flujo		Definición
Flujo subcrítico	F<1	En esta condición, las fuerzas de gravedad se hacen dominantes, lo que genera un flujo de baja velocidad, que resulta ser tranquilo y pausado. En este tipo de flujo, cada singularidad tiene un impacto hacia aguas arriba.[39]
Flujo crítico	F=1	En esta situación, las fuerzas de inercia y gravedad están equilibradas.[39]
Flujo supercrítico	F>1	En este estado, las fuerzas de inercia se manifiestan con mayor intensidad, lo que provoca que el flujo sea muy veloz, ya sea rápido o torrencial. En este tipo de flujo, cualquier singularidad ejerce influencia hacia

		aguas abajo. [39]
--	--	-------------------

4.5.5.12. Energía específica

La energía específica en una sección de un canal se define como la cantidad de energía por kilogramo de agua que fluye a través de esa zona, calculada en función del lecho del canal.[39]

$$E = y + \frac{Q^2}{2g * y^2} \quad (4. 46)$$

Donde:

E= Energía específica.

Q= Caudal de diseño ($\frac{m^3}{s}$).

g= Gravedad ($\frac{m}{s^2}$).

Y= Tirante normal (m).

4.5.5.13. Contracción del canal

La contracción es cuando se reduce de un ancho a un ancho menor en el canal, por lo que cambia la velocidad en el flujo.

$$E1 = E2 \quad (4. 47)$$

$$Y1 + \frac{(Q1)^2}{2g * A1^2} = Y2 + \frac{(Q2)^2}{2g * A2^2} \quad (4. 48)$$

Donde:

Y= Tirante normal (m).

Q= Caudal de diseño ($\frac{m^3}{s}$).

g= Gravedad ($\frac{m}{s^2}$).

A= Área hidráulica (m^2).

4.5.6. CALCULO TANQUE RESERVORIO

Un tanque reservorio o de almacenamiento permiten la preservación de líquido para el uso de la comunidad, por lo que almacena el agua para su posterior distribución. [49]

4.5.6.1. Tiempo de llenado

Es el período o tiempo necesario para que un tanque alcance su capacidad total a partir de un caudal de entrada.

$$t = \frac{V}{Q} \quad (4. 49)$$

Donde:

t= Tiempo de llenado(min).

V= Volumen de agua (m^3).

Q= Caudal de ingreso ($\frac{m^3}{s}$).

4.5.6.2. Tiempo de vaciado

Es el período o tiempo necesario para que el contenido del tanque se vacíe completamente a través de un caudal de salida.

4.5.6.3. Principio de Torricelli (Velocidad)

La velocidad de un líquido que entra por un orificio es igual a la que tendría un cuerpo al caer libremente en el vacío desde la altura del líquido hasta el centro de gravedad del agujero.[50]

$$V^2 = \sqrt{2 * g * h} \quad (4. 50)$$

Donde:

V= Velocidad del agua ($\frac{m}{s}$).

g= Gravedad ($\frac{m}{s^2}$).

h= Altura del tanque (m).

4.5.6.4. Caudal de un orificio

Es la cantidad de agua que pasa por un orificio, en el tanque de almacenamiento [50]

$$Q = A_{orificio} * C_d * \sqrt{2 * g * h} \quad (4. 51)$$

Donde:

Aorificio= Área del orificio.

g= Gravedad ($\frac{m}{s^2}$).

h= Altura del tanque (m).

Cd= Coeficiente de descarga.

4.5.6.5. Número de Reynolds

Es el tipo de flujo que existe en un fluido.

$$Re = \frac{V * D}{\nu} \quad (4. 52)$$

Donde:

Re= Reynolds (adimensional).

V= Diámetro hidráulico de la tubería ($\frac{m}{s}$),

ν =Viscosidad cinemática del fluido ($\frac{m^2}{s}$).

D= Diámetro hidráulico de la tubería (m).

4.5.6.6. Tiempo de vaciado

Tiempo en el que se vacía el tanque reservorio.

$$t = \frac{V}{Q} \quad (4. 53)$$

Donde:

t= Tiempo de llenado(min).

V= Volumen de agua (m^3).

Q= Caudal de ingreso ($\frac{m^3}{s}$).

4.6. VIABILIDAD ECONÓMICA

Para la elaboración de la viabilidad económica en este proyecto denominado Diseño de Bocatoma Lateral para la comunidad “Virgen de Guadalupe”, se tomó como referencia la Revista Técnica de la Cámara de la Construcción de Ambato, en la edición número 69, correspondiente al mes de febrero de 2023. Esta publicación, titulada Modus Vivendi, es una fuente técnica especializada donde se encuentra proporciona información actualizada y detallada sobre costos, materiales y tendencias en el sector de la construcción. Además, cuenta con el respaldo de la Cámara de la Construcción de Ambato (CCA), garantizando así la confiabilidad y precisión de los datos utilizados en la presente investigación.[51]

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. Cámara de recolección

Tabla 5. 1 Resultados cámara de recolección

CÁMARA DE RECOLECCIÓN		
DESCRIPCIÓN	RESULTADO	UNIDAD
Altura de entrada a la cámara de recolección	0.12	m
Confirmación de la base de la cámara de recolección	1.20	m
Velocidad del río	0.63	m/s
Transporte de sólidos, cámara de recolección		
Alcance filo superior	0.44	m
Alcance filo inferior	0.28	m
Ancho de la cámara de recolección	1.05	m
Altura de los muros de contención	2.10	m

Para el cálculo de la cámara de recolección se utilizó las **Ecuaciones 4.4 al 4.10** donde se tomó en cuenta el caudal de diseño $0.091 \frac{m^3}{s}$ y una base asumida 1.20 m, dándonos como resultado

de la lámina de agua de 0.12 m. Posteriormente se realizó la confirmación de la base de la cámara de recolección la cual se tomó en cuenta el coeficiente de Manning de 0.040 las cuales se escogió por a siguiente descripción: Corrientes naturales, con algo de hierva y piedras, la cual se puede observar en la **Tabla 4.10** y parámetros como el ancho del río y la lámina de agua.

La velocidad del río fue calculada mediante la **Ecuación 4.6** se dio como resultado 0.63 m/s. Para el transporte de solidos en la cámara de recolección los parámetros que se tomaron en cuenta son la lámina de agua, filo superior, filo inferior y la velocidad mediante estos parámetros se calcula $X_i = 0.28$ m y $X_s = 0.44$ m para así obtener el ancho de la cámara de recolección el cual dio el resultado de 1.05 m.

Finalmente, para el cálculo de la altura de los muros de contención a través de los parámetros de ancho del río, caudal máximo y utilizamos un factor de seguridad de 0.30 dándonos como resultado 2.10 m, podemos resaltar que la altura del muro es esta ya que se encuentra apta para todos los tipos de caudales del río. Todos estos cálculos se utilizarán para la cámara de recolección por lo cual se observa un plano referencial en la **Figura 5.1**.

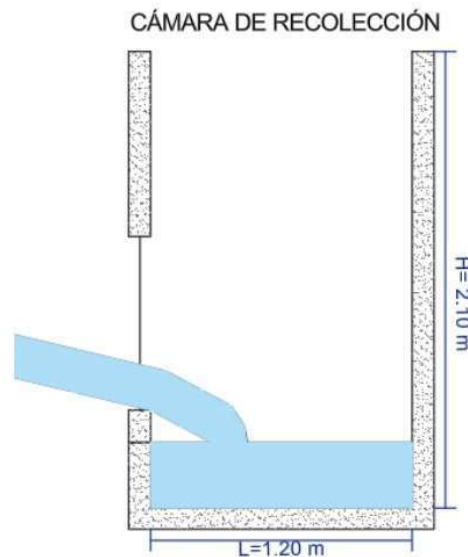


Figura 5. 1 Cámara de recolección

Elaborado por: Deyci Pullotasig y Juan Taipe

5.2. Rejilla

Tabla 5. 2 Resultados de la rejilla

REJILLA		
DESCRIPCIÓN	RESULTADO	UNIDAD
Velocidad entre barrotes	0.2	m/s
Área de la rejilla	0.51	m ²
Longitud real de la rejilla	1.10	m
Área neta de la rejilla	1.016	m ²
Número de espacios	25	-
Número de barrotes	24	-
Altura rejilla	1.05	m
Área neta final	1.07	m ²

Para el cálculo de la rejilla se utilizaron las **Fórmulas 4.11 al 4.16**, por lo cual se inició con la obtención de la velocidad a la que fluye el agua a través de los barrotes de la rejilla dándonos como resultando en un valor de 0.2 m/s. Este valor demuestra que la velocidad del flujo es moderada, lo que es adecuado para un sistema de toma lateral.

Posteriormente se realizó el cálculo del área de la rejilla y como resultado 0.51 m². Este parámetro es importante para evaluar cuánta agua puede transportar potencialmente por la rejilla en un lapso de tiempo específico.

La longitud real de la rejilla fue calculada y como resultado fue 1,10 m. Se debe tomar en cuenta que se necesitan los valores de espesor (b) y ancho (a) de la varilla los cuales se eligen mediante el criterio del diseñador en este caso se eligió la varilla de 1" por lo cual los valores se pueden observar en la **Tabla 5.3**. Este dato es relevante por lo que servirá para el diseño en AutoCAD.

Varilla 1"	
a	0,02
b	0,025

Tabla 5. 3 Propiedades

Se calculó un área neta de la rejilla de 1.07 m². Esta medida indica la superficie que se puede utilizar efectivamente para la captación del agua.

Mediante el cálculo para el número de barrotes se identificó que hay 25 espacios entre las barras, lo que puede facilitar la entrada de agua en la rejilla. Por otro lado, el número total de barrotes

es de 24, que ayudara a retener los sólidos de mayor tamaño.

Finalmente, el área neta final disponible para la bocatoma de agua se estableció en 1.07 m^2 . Este valor se obtiene al calcular la rejilla para mejorar su eficiencia, asegurando que se maximice la cantidad de agua que puede ser captada para riego. Estos resultados se pueden observar en la **Figura 5.2**.

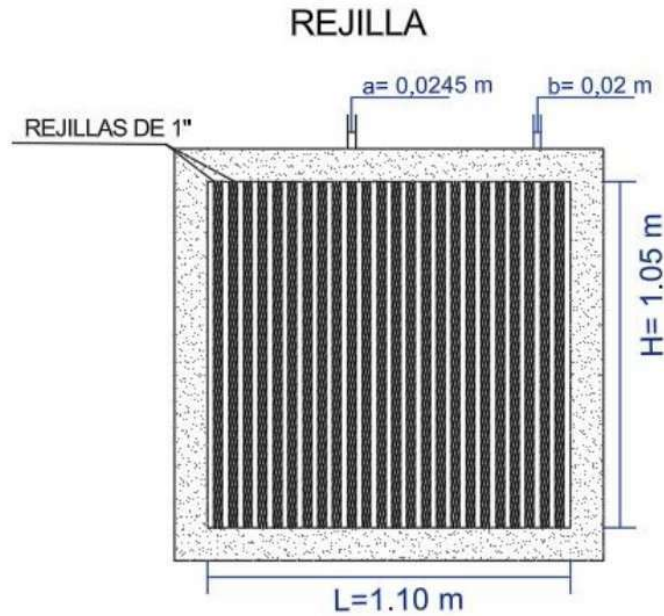


Figura 5. 2 Rejilla

Elaborado por: Deyci Pullozasig y Juan Taipe

5.3. Canal de aducción

Tabla 5. 4 Resultados del canal de aducción

CANAL DE ADUCCIÓN		
DESCRIPCIÓN	RESULTADO	UNIDAD
Alcance filo inferior	0.28	m
Alcance filo superior	0.4	m
Ancho del canal de aducción	0.6	m
Profundidad crítica	0.13	m
Longitud del canal	1.30	m

Profundidad aguas arriba	0.15	m
Profundidad total del canal de aducción de aguas arriba	0.30	m
Profundidad total del canal de aducción de aguas abajo	0.34	m
Velocidad	1.13	m/s

Para el cálculo del canal de aducción se utilizan las **Fórmulas 4.17 al 4.25** donde se observa que el alcance filo inferior se encuentra en 0.28m, mientras que el alcance filo superior se encuentra en 0.4m. Este patrón sugiere que la profundidad del canal es adecuada para permitir el paso del agua a lo largo del canal.

Para el ancho del canal de aducción se tomó el parámetro X_s que vendría siendo el filo superior dándonos como resultado 0.60m.

La profundidad crítica utilizando los parámetros caudales de diseño, base del canal y la gravedad nos da como resultado de 0.13 m en la cual el flujo pasa de ser subcrítico a supercrítico. Esto es importante para el control del flujo y el diseño estructural del canal. Estos tipos de flujo se pueden observar en la **Tabla 4.11**.

En el cálculo de la longitud del canal se debe tomar en cuenta la longitud real de la rejilla para obtener como resultado 1.30 m de longitud, se podría considerar un canal de corta distancia, lo que indica que el transporte de agua se realiza en un espacio relativamente corto. Esto es ventajoso para el control y monitoreo del flujo.

Para la profundidad de aguas arriba y abajo: La profundidad aguas arriba es de 0.15 m, mientras que aguas abajo es de 0.34 m. Esto sugiere que el canal tiene una mayor capacidad de retención de agua en el lado de salida, lo cual es un diseño bien estructurado para asegurar un flujo continuo.

En la velocidad con el área y el caudal de diseño el resultado fue de 1.13 m/s es moderada. Es necesaria una buena velocidad para el transporte de sedimentos, pero se debe cuidar que no sea demasiado alta, ya que podría causar erosión en el canal o pérdida de agua por salpicaduras. A continuación, se puede observar en la **Figura 5.3** los niveles del canal de aducción.

NIVELES DE CANAL DE ADUCCIÓN

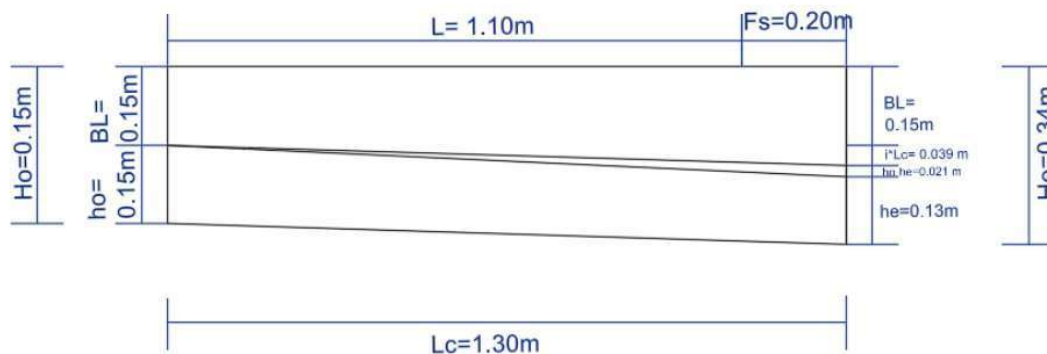


Figura 5. 3 Niveles del canal de aducción

Elaborado por: Deyci Pullotasig y Juan Taipe

5.4. Aliviadero o Vertedero tipo Creager

Tabla 5. 5 Resultados del Aliviadero o Vertedero tipo Creager

ALIVIADERO O VERTEDERO TIPO CREAGER		
DESCRIPCIÓN	RESULTADO	UNIDAD
Altura Aliviadero	0.19	m
Área sobre la cresta	1.14	m ²
Velocidad sobre la cresta	4.73	m/s
Profundidad crítica	0.43	m
Velocidad crítica	2.06	m/s
Relación de desprecio	1.80	m
Calado contraído	0.23	m
Altura máx. resalto hidráulico	0.73	m
Longitud de poza para el resalto	3	m

En caso del cálculo del aliviadero se utilizan las **Fórmulas 4.26 al 4.36** por lo cual se presenta una altura de 0.19 metros, lo que indica que opera a un nivel bajo, adecuado para manejar caudales moderados. Su área sobre la cresta es de 1.14m^2 , lo que sugiere una considerable

capacidad para gestionar flujos, un aspecto positivo para el control de inundaciones.

En cuanto a la velocidad sobre la cresta se utilizaron los parámetros caudales máximo y el área lo cual nos dio un valor de 4.73 m/s.

Complementando esta información, la profundidad crítica es de 0.43 metros, un valor que indica que el flujo se mantiene bajo control y en una condición aceptable para el diseño en la cual se utilizó el caudal unitario, máximo y en ancho del azud

Para la velocidad crítica se tomó en cuenta la profundidad crítica y la gravedad y como resultado fue de 2.06 m/s.

La relación de desprecio, que es de 1.80 m, indica que el diseño del aliviadero está condiciones para operar eficientemente.

Por otro lado, el calado contraído presenta un valor de 0.23 metros en el cual influyo los parámetros como caudal unitario, altura del aliviadero y se utilizó el factor de perdidas denominado $k= 0.9$ para sección rectangular.

Para la altura máxima del resalto hidráulico es de 0.73 metros, en la cual se consideró la altura del calado contraído la gravedad y el caudal unitario, lo que sugiere que el resalto es considerable y contribuye a la disipación de energía del flujo, ya que es una característica importante en el diseño hidráulico.

Finalmente, la longitud de la poza para el resalto es de 3 metros, dimensionamiento que permite una adecuada formación del resalto.

5.5. Canal de derivación

Tabla 5. 6 Resultados del canal de derivación

CANAL DE DERIVACION		
DESCRIPCIÓN	RESULTADO	UNIDAD
Tirante hidráulico	0.21	m
Tirante hidráulico crítico	0.13	m
Tipo de flujo	$F < 1$ F. subcrítico	-
Área hidráulica	0.13	m ²

Perímetro mojado	1.02	m
Radio hidráulico	0.12	m
Borde libre	0.25	m
Altura total	0.50	m
Velocidad	0.72	m
Numero de Froude	0.50	-
Energía específica	0.22	-
Contracción del canal	0.2	m

Para el cálculo del canal de derivación se utilizaron las **Fórmulas 4.37 al 4.48** por lo cual se puede expresar que el tirante hidráulico fue calculado mediante la ecuación de Manning observado en la **Tabla 4.9** dando como resultado 0.21 m, es superior al tirante crítico 0.13 m, lo que indica que el flujo en el canal es subcrítico.

Con un área hidráulica de 0.13 m² y un perímetro mojado de 1.02 m, el radio hidráulico se calcula como la relación de $R = A / P = 0.13 \text{ m}^2 / 1.02 \text{ m}$, lo que da como resultado un radio hidráulico de aproximadamente 0.12 m.

La velocidad del flujo que se ha determinado es de 0.72 m/s.

El número de Froude se calculó a partir de los parámetros, velocidad del flujo, gravedad y el tirante hidráulico. Al realizar este cálculo, se obtiene un número de Froude de 0.50, lo que confirma que el flujo es subcrítico.

Para la energía específica se consideró los parámetros como caudal de diseño, gravedad y el tirante normal en el cual su resultado fue 0.22.

Finalmente, para la contracción del canal se tomó en cuenta el caudal de diseño, gravedad, tirante normal, energía específica y el área hidráulica y el resultado fue 0.20m. Los resultados ya mencionados se pueden observar en la **Figura 5.4**.

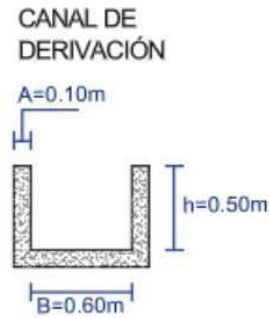


Figura 5. 4 Canal de derivación

Elaborado por: Deyci Pullotasig y Juan Taipe

5.6. Tanque reservorio

Tabla 5. 7 Resultados del tanque reservorio

TANQUE RESERVORIO		
DESCRIPCIÓN	RESULTADO	UNIDAD
Tiempo de llenado	2.47	min
Velocidad mediante el principio de Torricelli	5.42	m/s
Caudal de un orificio	0.043	m ³ /s
Tiempo de vaciado	5.41	min

Para el cálculo del reservorio se utilizan las **Fórmulas 4.49 al 4.53** por lo cual obtenemos que el tiempo de llenado del tanque reservorio se utilizaron parámetros como el volumen y el caudal de diseño dándonos como un resultado de 2.47 min.

Asimismo, para el cálculo del tiempo de vaciado se utilizó primeramente el principio de Torricelli para obtener el valor de la velocidad, también para encontrar el valor del caudal que pasa por la tubería se utilizó el coeficiente de descarga de 0.975 y así mismo calculamos Reynolds dándonos un valor de $4.81\text{E}+05$, que es un flujo turbulento.

Finalmente, el tiempo de vaciado es 5.21 min. Por lo cual se colocó una tubería de salida de 4" para que sea más práctico al momento de regar los cultivos. De la misma manera se instaló una salida de lodos la cual facilitara su mantenimiento adecuado. Esto se puede observar en

la Figura 5.5.

RESERVORIO

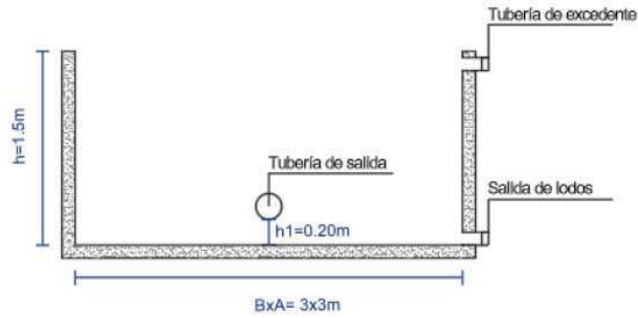


Figura 5. 5 Tanque reservorio

Elaborado por: Deyci Pullotasig y Juan Taipe

5.7. Viabilidad Económica

Los siguientes rubros se tomaron de la Revista Técnica de la Cámara de la Construcción de Ambato, en la edición número 69, correspondiente al mes de febrero de 2023. [51]

Tabla 5. 8 Rubros Económicos

RUBROS REFERENCIALES					
N.- RUBRO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL
1	LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO	km	0,75	300	225
2	REPLANTEO	m	746	0,98	731,08
3	LIMPIEZA MANUAL DEL TERRENO	m ²	42	1,6	67,2
4	EXCAVACIÓN SIN CLASIFICAR	m ³	40	2,39	95,6
5	TRANSPORTE DE MATERIAL MAYOR A 3 Km.	m ³ /km	30	0,23	6,9
6	PIEDRA COCO VOLQUETA METRO	m ²	50	8,98	449

7	HORMIGON CICLOPEO 40% PIEDRA F ^c =210 KG/CM2	m3	60,95	122,88	7489,536
8	VARILLA SISMORESISTENTE FY=4200 kg/cm2 12mm x 12ml	u	100	13,81	1381
9	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO PARA ELEMENTOS ESTRUCTURALES	m2	125	7,31	913,75
				PARCIAL	11359,066
ALQUILER DE MAQUINARIA					
CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL
1,0134	COMPACTADOR TIPO SAPITO WACKER	día	5	50	250
1,0181	GENERADOR 13 Hp	día	10	35,71	357,1
1,0197	VIBRADOR	u	1	54	54
				PARCIAL	661,1
				COSTO TOTAL DEL PROYECTO	
					12020,166

En la Tabla 5.8 se presenta el presupuesto total estimado para la construcción de la bocatoma lateral, que asciende a 12020,166. Los mayores costos están asociados al hormigón ciclópeo con 7,489.54 \$, varilla sismorresistente con 1,381.00 \$ y encofrado con 913.75 \$, además de dos partidas no especificadas que superan los 23,000 \$. La distribución de los costos indica que los materiales estructurales (m³) suponen la mayor inversión con 7,585.14 \$, seguidos por unidades de materiales y equipos con 1,435.00 \$ y superficies tratadas como encofrados y limpieza con 1,429.95 \$. También, el alquiler de maquinaria, el replanteo y la excavación representan una parte significativa del gasto. Este análisis resalta la necesidad de optimizar el uso de materiales y recursos para asegurar la eficiencia del proyecto.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- Mediante la delimitación de la microcuenca tiene un área de 77.976 km² y un perímetro de 60.624 km. Su forma alargada presenta un factor de forma de 0,41 y un coeficiente de circularidad de 0,27, lo que sugiere una respuesta hidrológica moderada ante lluvias intensas. Con un desnivel altitudinal de 1.076 m y cotas entre 3.110 y 4.186 msnm, posee una pendiente que reduce la erosión y la velocidad del escurrimiento, tanto como el caudal medio es de 0.91 m³/s la cual es suficiente para satisfacer la necesidad hídrica para la bocatoma lateral.
- La bocatoma lateral está ubicada en las siguientes coordenadas 774383.00 m E - 9896515.00m S ya que la pendiente del terreno es 0.03 % la cual es esencial para lograr una infraestructura hidráulica eficiente y durable, así como la tipología del suelo que se obtuvo a través de los mapas de la FAO dos clases de suelos de tipo I y tipo TH los cuales tienen buena profundidad y drenaje, con una textura equilibrada. para lograr una estabilidad en el proyecto.
- El desarrollo del diseño técnico definitivo para la infraestructura de captación lateral ha demostrado que, con un enfoque adecuado en eficiencia hidráulica, es factible implementar un sistema que no sólo aproveche los recursos hídricos disponibles, sino que también asegure su mantenimiento a largo plazo minimizando el impacto sobre el ecosistema local.

6.2. RECOMENDACIONES

- Establecer un programa de supervisión y mantenimiento regular para asegurar la efectividad y longevidad del sistema de bocatoma lateral.
- Instruir a la comunidad en el uso y cuidado del sistema, fomentando su adecuada operación y preservación.
- Analizar la viabilidad de reproducir este modelo en otras comunidades con características parecidas, logrando así un mayor impacto beneficioso del proyecto.
- Tomar en cuenta la incorporación de tecnologías avanzadas, como detectores de nivel de agua y sistemas de alerta temprana, para optimizar la eficiencia y sostenibilidad del sistema.

7. REFERENCIAS

- [1] *Nomenclatura internacional de UNESCO para los campos de Ciencia y Tecnología.* Paris - Francia, 1988.
- [2] P. DE Nacional Riego Y Drenaje *et al.*, “Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica presidente Guillermo Lasso Equipo de elaboración,” 2021.
- [3] BAK Griffiths y NL Lecler, “Irrigation System Evaluation,” *Zimbabwe Sugar Association Experiment Station*, 2001.
- [4] R. Alberto Márquez Ramírez, A. Benilda, P. Yerovi, D. Antonio, and T. Castro, “Mikarimin. Revista Científica Multidisciplinaria,” *Mikarimin. Revista Científica Multidisciplinaria*, vol. 3, Jan. 2017.
- [5] Ministerio de Agricultura y Ganadería, “Plan Nacional de Riego y Drenaje – Ministerio de Agricultura y Ganadería.” Accessed: Jan. 21, 2025. [Online]. Available: <https://www.agricultura.gob.ec/el-plan-nacional-de-riego/>
- [6] L. M. Durán Terán, ““Diseño de una obra de captación para una distribución eficiente de agua del canal de riego Tilulum Darquea en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua,”” Ambato - Ecuador, Jan. 2023.
- [7] S. Rodríguez *et al.*, “Evaluación de la Calidad del Agua de Riego Proveniente de la Acequia Tilipulo Enríquez-Cotopaxi Mediante la Relación de Absorción de Sodio (RAS),” *Revista Politécnica*, vol. 49, no. 2, pp. 55–64, May 2022, doi: 10.33333/RP.VOL49N2.06.
- [8] J. Y. Guano Rengifo and L. F. Guanochanga Chicota, ““Síntesis y caracterización de hidrogeles para la cosecha de agua de lluvia y su potencial aplicación en la provincia de Cotopaxi periodo 2021’.”” Latacunga – Ecuador, Mar. 2022.
- [9] A. M. Guato Inte and S. E. Sanchez Chilcañan, “La huella hídrica como indicador del uso eficiente del agua en la producción de rosas, leche y huertos agroecológicos en la comunidad de Pesillo del cantón Cayambe.”” Quito - Ecuador, Feb. 2023.
- [10] J. C. Toro Moreno, “Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil Trabajo Estructurado de Manera Independiente previo a la Obtención del Título de Ingeniera Civil TEMA: ‘Sistema de riego y su incidencia en la producción agrícola del Sector el Calvario de la Parroquia Panzaleo,

Cantón Salcedo, Provincia De Cotopaxi,” Ambato - Ecuador, Feb. 2015.

- [11] E. A. Chingate Chingate, H. S. Álvarez Ávila, and N. León Luna, “2021_diseño_construccion_prototipo,” 2020.
- [12] R. S. oqlu Abilov, “The improvement of water intake structures for energy and irrigation systems of mountainous and foothill rivers,” *Polityka Energetyczna*, vol. 27, no. 1, pp. 119–138, 2024, doi: 10.33223/epj/175283.
- [13] Andreas P. SAVVA and Karen Frenken, *Irrigation manual : planning, development, monitoring and evaluation of irrigated agriculture with farmer participation*, vol. 2. Southern Africa: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Sub-Regional Office for East and Southern Africa (SAFR), 2002.
- [14] D. Bazarov, I. Markova, B. Norkulov, and O. Vokhidov, “Hydraulic aspects of the layout of head structures during water intake from lowland rivers,” *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*, vol. 1015, no. 1, p. 012041, Jan. 2021, doi: 10.1088/1757-899x/1015/1/012041.
- [15] A. Altamirano-Aguilar, J. B. Valdez-Torres, C. Valdez-Lafarga, J. I. León-Balderrama, M. Betancourt-Lozano, and T. Osuna-Enciso, “Clasificación y evaluación de los distritos de riego en México con base en indicadores de desempeño,” *Tecnología y Ciencias del Agua*, vol. 8, no. 4, pp. 79–99, Jul. 2017, doi: 10.24850/j-tyca-2017-04-05.
- [16] M. Á. Sánchez Quijano, C. M. González, B. M. Paz, Eduardo Planos Gutiérrez, and J. Vargas Baecheler, “Alternativas de obras hidráulicas para reducir el tiempo de formación de una brecha de ruptura en cortina de la presa,” *Aqua-LAC*, vol. 12, pp. 1–14, Aug. 2020.
- [17] B. A. Ruiz Cortines, “Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento.” [Online]. Available: www.conagua.gob.mx
- [18] A. R. Arteaga Mendoza, ““Estudio dinámico de dos obras de regulación hidráulicas aplicables para el modelo físico,”” Manta - Manabí - Ecuador, Jan. 2020.
- [19] M. G. Yáñez Romero, ““Diseño de obras hidráulicas para sistema de captación, conducción y distribución de agua para uso agrícola, canal derivación Nancho - Cajamarca,”” Lima - Perú, 2020. [Online]. Available: <https://orcid.org/0000-0001-8916-5415>
- [20] J. K. Castro Valeriano, ““Diseño de obras hidráulicas para el control de inundaciones del

sector “CIBV” en la ciudadela Eloy Alfaro, de Jipijapa,” Jipijapa – Manabí – Ecuador, Nov. 2023.

- [21] R. Ortiz, “Generación de energía hidráulica 2a edición - RAMIRO ORTIZ - Google Libros.” Accessed: Jan. 23, 2025. [Online]. Available: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=krfoEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA94&dq=OBRAS+DE+TRANSFORMACI%C3%93N+DE+ENERG%C3%8DA+HIDR%C3%81ULICA+&ots=jYfnMfAjct&sig=vCvRQj-myQDxgnXDJh6mqAR6MpU#v=onepage&q&f=false>
- [22] S. Krochin, “Diseño Hidraulico,” Quito - Ecuador, 1986.
- [23] W. Ramiro and S. Erazo, “Capítulo 1: Presas y Embalses,” Jul. 2018. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/326560488>
- [24] W. A. Ramos Salinas, “Criterios de diseño para captación de aguas por medio de obra de toma tipo coanda lateral en ríos de montaña,” Jun. 2016.
- [25] A. Ing. Mansen Valderrama, “Diseño de Bocatomas.”
- [26] C. A. Castro Cabeles, “Propuesta de metodología para selección del tipo de bocatoma (lateral y de fondo) mediante el análisis de casos,” Bogotá - Colombia, Jul. 2021.
- [27] A. V. Bohórquez Laverde, J. Á. Gutiérrez Jara, and L. F. Muñoz Quiñónez, “Estudio y diseño de abastecimiento hidráulico de una planta de tratamiento de agua potable para el corregimiento de Villa Restrepo Ibagué Tolima,” Ibagué Espinal, Jul. 2023.
- [28] M. A. Niño Torres, “Seguimiento a el tratamiento de purificación en la planta del Municipio de San Gil Acuasan S.A, E.S.P desde el 2015 hasta el presente,” *Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas*, pp. 10–11, 2018.
- [29] G. C. Chavez Idrogo, “Diseño de la bocatoma y mejoramiento del canal del caserío potrerillo, distrito de llama, Provincia De Chota, Departamento Cajamarca-2015 Universidad Católica Santo Toribio De Mogrovejo Facultad De Ingeniería Escuela De Ingeniería Civil Ambiental,” Chiclayo, 2019.
- [30] I. M. Cajas Zarate and A. F. Macas Macas, “Diseño de la captación y línea de conducción del agua potable para Caluma Nuevo, cantón Caluma, provincia de Bolívar,” Guayaquil - Ecuador, 2019.
- [31] J. A. Rodríguez Jiménez, “Diagnóstico y alternativas de captación, aducción,

- desarenador y conducción del acueducto Municipal de Ubaté - Cundinamarca,” *Universidad Católica De Colombia*, 2023.
- [32] A. F. Álvarez Mahecha, E. Mazo Godoy, and J. A. Cañas Estrada, “Diseño Y Construcción De Una Bocatoma De Fondo A Escala Para El Laboratorio De Hidráulica De La Universidad Cooperativa De Colombia Sede Villavicencio.,” *Universidad Cooperativa De Colombia*, 2021.
- [33] R. T. Ponce Sahuinco, “Bocatoma en el Río Chicama, en la Zona De Facalá,” Lima - Perú, 2015.
- [34] J. J. Cabrera, “Diseño de la bocatoma y canal de derivación de Pueblo Escondido, Sector Marripón, Distrito De Motupe, Provincia Y Departamento De Lambayeque,” Chiclayo Perú, 2017. Accessed: Jan. 24, 2025. [Online]. Available: https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/2040/1/TL_JulonCabreraJamber.pdf
- [35] W. A. García Alarcón and C. D. Gualavisí Zapata, “Estudio de prefactibilidad para la generación hidroeléctrica en el Río Toachi, en la Parroquia Sigchos, Cantón Sigchos, Provincia de Cotopaxi-Ecuador, 2022,” Quito - Ecuador, Feb. 2023.
- [36] A. V. Parra, “Diseño de una minicentral hidroeléctrica en el Termino Municipal de RIALP,” Jun. 2023.
- [37] V. Te Chow, “Hidráulica de Canales Abiertos,” pp. 16–19, 1994, Accessed: Jan. 24, 2025. [Online]. Available: <https://ingenierosciviles.com.mx/Biblioteca/files/original/957ffdd020aad2245eb0c2bec69d02e.pdf>
- [38] J. E. Juarez Juarez, “Determinación y evaluación de las patologías del concreto en el canal de riego t-158 de la progresiva km 9+100 km al 10+100 km, de la junta de usuarios del sector hidráulico menor, San Lorenzo. Sector, CP. Mayor San Martín CP3, Distrito De Tambogrande, Provincia De Piura, Región Piura, Noviembre 2018.,” Piura – Peru, Nov. 2018.
- [39] M. Villón Béjar, “Hidráulica de Canales,” Lima - Perú, 2007. [Online]. Available: <http://www.itcr.ac.cr/escuelas/agricola/index.aspx>
- [40] U. A. Ngamaliu Nengoue, “Caracterización de vertederos hidráulicos mediante técnicas CFD,” Valencia, Jul. 2015.

- [41] R. A. Arteaga Flores and M. A. Vera Loor, “Estudio y diseño de la estructura de la toma para el sistema de A.A.P.P. de Caluma Viejo - Cantón Caluma, Provincia de Bolívar,” *Escuela Superior Politécnica Del Litoral*, 2019.
- [42] D. Martínez Herrera, “Diseño de bocatoma y línea de conducción para garantizar el caudal del sistema de acueducto de la Cabecera Municipal de la Mesa, Cundinamarca,” Bogotá, 2020.
- [43] R. T. Ponce Sahuinco, “Diseño Hidráulico de Bocatoma Caso: Bocatoma En El Río Chicama, en la Zona de Facalá,” Lima - Perú, 2015.
- [44] INAMHI, “Anuarios Hidrologicos – INAMHI.” Accessed: Feb. 04, 2025. [Online]. Available: <https://servicios.inamhi.gob.ec/anuarios-hidrologicos/>
- [45] Dr.C. Greco Cid-Lazo, Dr.C. Teresa López-Seijas, Dr.C. Julián Herrera-Puebla, and Dr.C. Felicita González-Robaina, “Variación de la Densidad Aparente para diferentes contenidos de agua en suelos cubanos,” *Revista Ingeniería Agrícola*, vol. 11, no. 2, p. 2021, 2021, doi: 10.13140/RG.2.2.28326.32325.
- [46] R. A. López Cualla, “Elementos_de_Diseño_para_Acueductos_y_Al,” *Escuela Colombiana de Ingeniería.*, vol. 2, 1995.
- [47] D. L. Valbuena Gaviria, “Geomorfología y condiciones hidráulicas del sistema fluvial del río Sinú. Integración multiescalar. 1945 – 1999 – 2016,” Nov. 2017, Accessed: Feb. 02, 2025. [Online]. Available: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/62147>
- [48] A. B. Britos, “Estudios de Obras de Captación, Conducción y Desagüe de una Presa,” CEAS S.A., 2022.
- [49] W. J. Baque Baque, ““Estudio patológico del tanque reservorio de 800 m³ ubicado en el Barrio Cristo del Consuelo en el Cantón Jipijapa,”” Jipijapa - Manabí - Ecuador, Mar. 2019.
- [50] L. A. López López and W. B. Cevallos Cevallos, “Aplicación Del Teorema De Torricelli,” Jan. 2019. [Online]. Available: <https://www.eumed.net/rev/oel/2019/01/teorema-torricelli.html>
- [51] C. E. ING. López, “Modus Vivendi,” Ambato, Feb. 2023.