

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL



TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

TEMA:

**ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE EL DESARENADOR DE LAVADO
CONTINUO Y LA MALLA COANDA, PARA LA APLICACIÓN EN UN RÍO DE
MONTAÑA. CASO DE ESTUDIO CAPTACIÓN DE LOS LEONES DEL SISTEMA
DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE LOJA**

AUTOR:

LUIS ANDRÉS ROJAS ACARO

DIRECTOR:

ING. CARLOS LUIS NAVAS

QUITO, DICIEMBRE 2023

Dedicatoria

A mis padres Leonardo y Patricia por el esfuerzo tan grande que hicieron por mí y darme la oportunidad de vivir un sueño. Ha sido un camino muy largo, pero siempre han confiado en mí; siento que les debo mucho a ambos por todo lo que han hecho por mí, gracias por su infinito amor y darme las fuerzas para seguir alcanzando mis metas.

A mi hermanita Camila por todas las alegrías que hemos pasamos juntos, espero siempre ser un apoyo para ti como lo ha sido para mí, te quiero mucho y espero ver tus sueños lograr un día; A nuestra mascota Manchas por cuidarme y hacerme sonreír cuando paso por un mal momento.

A mis tíos Vicente, Manolo y Andrea por ser como unos hermanos para mí y brindarme de su apoyo incondicional, a pesar de las circunstancias siempre me han dado las fuerzas para seguir adelante; A mis tíos Diego y Andreita por brindarme de sus consejos y cariño que me han aliviado siempre; A mis sobrinitos José Vicentito y Andresito por llenar mi vida de muchas alegrías.

A mi tía abuela Susi que siempre ha estado presente en mi vida y me ha tratado como si fuese su hijo, me ha brindado de muchas enseñanzas para no rendirme; A Modesto mi tío abuelo por la bondad y alegría que me transmitía cuando era niño, aunque ya no esté presente físicamente siempre lo he sentido conmigo y lo recuerdo de la mejor manera; A mi tía abuela Beatriz y sus hijos Ofelia y Lenin por apoyarme siempre en todas las etapas que he vivido y darme de su cariño incondicional.

A mis tíos Vladimir, Juan Pablo y Lucho por su hospitalidad y enseñanzas tanto en mi vida personal como profesional, siempre me han extendido su mano y se lo agradezco. A mis tíos Carlos Julio, Lalo y Lola por los buenos momentos pasados y brindarme de sus experiencias que me han convertido en una mejor persona; A mis primos Daniela, Sofía, Luis, Eric y Mateo por estar presente en esta etapa universitaria conmigo y ser un apoyo para mí, recuerdo ir a su departamento en muchas ocasiones y vivir experiencias muy bonitas.

A mis amigos David, Richi, Dania, Diego, Juan, Edu y Carlos por todos los momentos que hemos pasado en la universidad; Nunca me peso ir clases desde que los conocí porque siempre me divertía con ellos, gracias a todos por ser un soporte en la estabilidad emocional

de mi carrera y poder apoyarnos mutuamente en los momentos difíciles, tuve mucha suerte en coincidir con personas tan increíbles, siempre les deseare lo mejor cracks.

A mi mejor amigo Bryan por estar conmigo siempre en el transcurso de mi carrera; si bien estábamos en lugares muy lejanos siempre me brindaba de su apoyo, recuerdo que cualquier mal día que tuviera en la universidad se arreglaba hablando con él y jugando un poco de wow; aunque nos veíamos muy poco en persona con él y mis amigos Carlo, Miguel y Oscar; siempre que nos reuníamos era un evento legendario, agradezco todos los momentos que hemos pasado y espero vivir más momentos así con ellos.

Agradecimientos

Primero a Dios por darme la perseverancia de culminar el presente trabajo y etapa de mi vida; dándome la claridad y confianza en todo momento para seguir adelante con mis metas.

A mis Padres por el gran esfuerzo que hicieron para que yo cumpla esta meta y apoyarme incondicional en todo lo que me propongo.

A mi familia y amigos por estar presente conmigo y darme su aliento para seguir adelante.

A mis profesores que lograron brindarme de sus conocimientos y experiencias en clases para llegar terminar esta meta.

A mi directo de tesis el Ing. Carlos Luis Navas, por impartirme de sus conocimientos y guiarme en mi trabajo de disertación.

A mis lectores el Ing. Paul Enríquez y el Ing. Servando Espín por brindarme de su tiempo al revisar mi trabajo de titulación y guiarme para que mi trabajo sea mejor.

Al Ing. George Buele conjuntamente con UMAPAL por brindarme de su información y apoyo general en el desarrollo de mi tesis.

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	11
1.1	Justificación.....	11
1.2	Antecedentes.....	11
1.3	Problemática.....	12
1.4	Alcance.....	13
1.5	Objetivos.....	13
1.5.1	Objetivo general	13
1.5.2	Objetivos específicos.....	13
2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	14
2.1	Captaciones.....	14
2.1.1	Aspectos generales de las estructuras de captación.....	14
2.1.2	Tipos de obras de captación.....	14
2.1.2.1	Captación de fondo o tomas caucasianas.....	15
2.1.2.2	Captación por rejillas laterales.....	15
2.1.2.3	Tomas laterales	16
2.2	Desarenadores de lavado continuo.....	17
2.2.1	Zonas de un desarenador	18
2.2.2	Dispositivos de un desarenador	19
2.2.2.1	Vertedero de exceso	19
2.2.2.2	Pantalla deflectora.....	20
2.2.2.3	Cortina para sólidos flotantes.....	20
2.2.2.4	Vertedero de salida	20
2.2.2.5	Compuerta de entrada y salida de la línea de conducción	20
2.2.3	Criterios de diseño y método de diseño de desarenador lavado continuo.....	21
2.2.3.1	Diámetros.....	21
2.2.3.2	Velocidad del flujo en el tanque	22
2.2.3.3	Dimensiones del tanque	22
2.3	Malla Coanda.....	23
2.3.1	Efecto de la malla Coanda	25
2.3.2	Bocatomas de fondo con malla Coanda	26
2.3.3	Captación con malla Coanda.	26

2.3.4	Dimensiones de los filamentos de la malla Coanda.	27
2.3.5	Criterios de diseño y método de diseño de malla Coanda.....	28
2.3.6	Parámetros de diseño que afectan la capacidad de una malla Coanda.....	28
2.3.6.1	Propiedades de los materiales de la pantalla Coanda.....	29
2.3.6.2	Condiciones que afectan la operación del flujo a través de la pantalla Coanda	29
3	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	30
3.1	Información general de la zona.....	30
3.2	Descripción del sistema de agua potable.....	31
3.3	Ubicación de la captación de Los Leones.....	32
3.4	Situación actual de la captación de Los Leones.....	33
3.4.1	Descripción del desarenador de lavado continuo de la captación de Los Leones	33
3.4.1.1	Componentes del desarenador de la captación de Los Leones.....	34
3.4.1.2	Geometría del desarenador de la captación de Los Leones.....	34
3.4.2	Información de operación y mantenimiento actual de la captación de Los Leones.	35
3.4.3	Levantamiento topográfico de la captación de Los Leones	36
3.4.4	Muestra de los sedimentos antes y después del desarenador actual.	36
3.4.4.1	Sólidos totales determinados por evaporación y pesado de cápsula... ..	38
4	DISEÑO DE LA MALLA COANDA PARA LA CAPTACIÓN DE LOS LEONES.....	40
4.1	Fuente de abastecimiento de agua	40
4.1.1	Características morfológicas de la cuenca.....	40
4.1.1.1	Descripción del suelo.....	41
4.1.1.2	Forma	42
4.1.1.3	Pendiente media del cauce principal.....	42
4.1.1.4	Tiempo de concentración.....	45
4.1.2	Caudal.....	47

	4.1.2.1	Método de Ven te Chow	47
	4.1.2.2	Método de I Pai Wu	52
	4.1.3	Uso de la captación.....	55
4.2		Diseño de la captación.....	56
	4.2.1	Geometría actual de la captación.....	56
	4.2.2	Rediseño del azud de captación.....	57
4.3		Diseño computacional de la malla Coanda aplicando el Software Hydraulic Performance of Coanda-Effect Screens (HPCES).....	71
	4.3.1	Estructura de la pantalla	71
	4.3.2	Placa de aceleración.....	71
	4.3.3	Datos del mallado	72
	4.3.4	Condición del flujo	74
4.4		Diseño de la malla Coanda.....	74
	4.4.1	Galería	74
5		PRESUPUESTO, PROGRAMACIÓN Y ESPECIFICACIONES	79
5.1		Presupuesto.....	79
	5.1.1	Análisis de precios unitarios.....	79
	5.1.2	Presupuesto General	79
5.2		Especificaciones técnicas.....	79
	5.2.1	Descripción del rubro	79
	5.2.2	Especificaciones	80
	5.2.2.1	Almacenamiento	80
	5.2.2.2	Elevación y manipulación.....	80
	5.2.2.3	Nivelación.....	80
	5.2.2.4	Instalación de separadores sello lateral.....	80
	5.2.2.5	Instalación de sello de neoprenos en la conexión	80
	5.2.2.6	Limpieza	81
	5.2.3	Herramientas y equipos necesarios.....	81
	5.2.3.1	Herramientas menores	81
	5.2.4	Forma de pago	82
5.3		Programación de obra.....	82
6		ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LA MALLA COANDA Y EL DESARENADOR DE LAVADO CONTINUO	82

6.1	Análisis de resultados.....	82
6.2	Comparación de los métodos.....	82
7	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	85
7.1	Conclusiones.....	85
7.2	Recomendaciones.....	86
8	BIBLIOGRAFÍA	87
9	ANEXOS	92

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.	Toma caucasiana	15
Ilustración 2.	Esquema de una captación por rejilla lateral.....	16
Ilustración 3.	Toma lateral.....	17
Ilustración 4.	Desarenador de lavado continuo	18
Ilustración 5.	Zonas de un sedimentado (Vista en planta y corte longitudinal)	18
Ilustración 6.	Dimensiones del tanque.....	22
Ilustración 7.	Rejilla tipo Coanda.....	24
Ilustración 8.	Dimensiones de los filamentos de la malla Coanda	27
Ilustración 9.	Entrada a Captación de Los Leones	30
Ilustración 10.	Puente de paso en dirección a la captación de Los Leones	30
Ilustración 11.	Planta de tratamiento de agua potable de Carigán - Ciudad de Loja.....	31
Ilustración 12.	Ubicación de la captación de Los Leones - captura de la carta del IGM (Las Juntas).....	32
Ilustración 13.	Desarenador de lavado continuo de la captación de Los Leones	33
Ilustración 14.	Componentes del desarenado de lavado continuo de la captación de Los Leones.....	34
Ilustración 15.	Vista en planta del desarenador	34
Ilustración 16.	Vista de perfil del desarenador	35
Ilustración 17.	Caudalímetro actual de la captación.....	35
Ilustración 18.	Mantenimiento de la rejilla lateral.....	36
Ilustración 19.	Toma de agua antes de la captación	37
Ilustración 20.	Muestras tomadas de la captación	37
Ilustración 21.	Medición del peso del vaso vacío.....	38

Ilustración 22. Peso de la muestra antes del desarenador.....	39
Ilustración 23. Peso de la muestra después del desarenador	39
Ilustración 24. Forma del cuenca y área de la cuenca	40
Ilustración 25. Mapa geopedológico hoja LAS JUNTAS NVI-F2	41
Ilustración 26. Pendiente del cauce principal	44
Ilustración 27. Captación de los Leones	55
Ilustración 28. Vista de planta de la captación de Los Leones	56
Ilustración 29. Abaco del coeficiente de descarga	58
Ilustración 30. Abaco para obtención de K	60
Ilustración 31. Abaco para obtención de n	60
Ilustración 32. Perfil Creager.....	61
Ilustración 33. Abaco para el perfil aguas arriba - X_c, Y_c, R_1 y R_2	62
Ilustración 34. Elementos de la cresta del azud	63
Ilustración 35. Localización del centro del radio 2	65
Ilustración 36. Localización del centro del radio 2 del azud	65
Ilustración 37. Perfil aguas arriba del azud	66
Ilustración 38. Formación del pie del azud con las tangentes del perfil del azud y el colchón disipador	69
Ilustración 39. Pie de azud.....	70
Ilustración 40. Azud tipo Creager.....	70
Ilustración 41. Estructura de la pantalla Coanda usando el software HPCES.....	71
Ilustración 42. Placa aceleradora de la pantalla Coanda usando el software HPCES	72
Ilustración 43. Mallado de la malla Coanda	73
Ilustración 44. Mallado de la pantalla Coanda usando el software HPCES	73
Ilustración 45. Condición de flujo para la pantalla Coanda usando el software HPCES	74
Ilustración 46. Resultados de la pantalla Coanda usando el software HPCES.....	74
Ilustración 47. Vista de perfil de la Galería conociendo el ancho de la malla	75
Ilustración 48. Vista de corte de la Galería conociendo el ancho de la malla	75
Ilustración 49. Vista de corte de la galería de la malla Coanda.....	78
Ilustración 50. Vista de perfil de la galería de la malla Coanda	78
Ilustración 51. Presupuesto general de la captación de los leones incorporando una malla Coanda.....	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Diámetro de partículas en función de la altura de caída.....	21
Tabla 2. Diámetro de partículas en función del tipo de turbina	21
Tabla 3. Altitudes del cauce principal de la cuenca	43
Tabla 4. Relación pendiente – tipo de relieve	44
Tabla 5. Grupo hidrológico del suelo	50
Tabla 6. Valores de CN para condiciones de suelo	51
Tabla 7. Iteraciones para determinar el coeficiente de descarga	59
Tabla 8. Coordenadas del perfil Creager	61
Tabla 9. Coordenadas del Radio 1- perfil aguas arriba	64
Tabla 10. Coordenadas de Radio 2- perfil aguas arriba	66
Tabla 11. Iteración para determinar el calado en el pie del azud	68
Tabla 12. Coordenadas del pie del azud	69
Tabla 13. Herramientas y equipos utilizados para montar la malla Coanda	81
Tabla 14. Herramienta menores utilizadas para el montaje de una malla Coanda	81

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Justificación

La ciudad de Loja se provee de agua potable para el consumo humano a través de tres plantas de tratamiento: Curitroje, Pucará y Carigán; siendo esta última la planta de tratamiento que produce más, con un caudal aproximado de 500 l/s los cuales distribuye de norte a sur en toda la ciudad; el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal (GADM) de Loja menciona que la planta Pucará se alimenta de los puntos de captación: El Carmen, San Simón, Pizarros y Jipiro 1, la planta de Curitroje se abastece del punto de captación Curitroje – Chontacruz y la planta de Carigán se abastece de dos captaciones: Shucos y Los Leones con un caudal de 300 l/s y 500 l/s respectivamente ambas pertenecientes al río Tambo Blanco y a la micro cuenca de Los Leones (Municipio de Loja, 2014).

La captación de Los Leones es fundamental para el sistema de agua potable en Loja ya que genera el mayor aporte hídrico hacia la ciudad, por ende, preservar su óptimo funcionamiento es vital para la ciudadanía y es por ese motivo que el presente estudio se deriva de la problemática generada por el taponamiento concurrente de la rejilla lateral de dicha captación, por ende, se propone realizar un análisis de factibilidad para el diseño de una malla Coanda, que contribuya a sedimentar las partículas del río y ayuda a que no se tapone ya que es un elemento auto limpiante (UMAPAL & Diaz, 2019).

1.2 Antecedentes

La ciudad de Loja dispone de un plan maestro para el consumo de agua potable en el cual comprende tres plantas de tratamiento (Curitroje, Pucará y Carigán), siendo la última la encargada de la captación de los ríos Shucos y Los Leones; en el año 2016 se habilitó la captación del río Los Leones con recursos propios de la administración municipal y financiamiento del Banco del Estado; sin embargo, desde que empezó a funcionar hasta la

actualidad se han registrado 85 eventos que provocaron su paralización; uno de los problemas más importantes que tiene la captación es su ineficiente manejo de los sedimentos, ya que la rejilla lateral actual se taponan constantemente y esto genera problemas en dirección a la planta de tratamiento (UMAPAL & Diaz, 2021).

En el año 2021 se realizó un foro con la presencia del señor alcalde de la ciudad para tratar el tema del plan maestro de agua potable y dentro de las conclusiones se llegó a plantear la restauración de la cobertura vegetal en la línea de conducción de agua para darle sostenibilidad al suelo, buscar recursos para nuevos proyectos de agua, trabajar en la automatización de las redes de agua potable, analizar la tarifa de agua, entre otras (UMAPAL & Diaz, 2021).

1.3 Problemática

La captación de Los Leones se destina al consumo de agua potable por medio de la planta de tratamiento de Carigán, esta se distribuye hacia la parte norte, centro y sur de la ciudad de Loja; la problemática de la captación de Los Leones radica en un sistema ineficiente de manejo sedimentación de partículas las cuales son ocasionadas por las intensas lluvias de la zona y el arrastre de materiales provocando un taponamiento en la rejilla lateral de la captación, esto a su vez establece la necesidad de un mantenimiento recurrente en la rejilla por parte del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal (GADM) de Loja; al momento que se produce el taponamiento en la rejilla lateral en la cual se genera también un desbalance de agua en la conducción en dirección hacia la planta de tratamiento de Carigán y en las demás reservas de la zona que abastecen el sistema de agua potable pudiendo ocasionar un desabastecimiento de agua en la ciudad de Loja (UMAPAL & Diaz, 2019).

1.4 Alcance

El presente estudio realizará un análisis comparativo entre la situación actual de la captación de Los Leones (cuenta con una rejilla lateral para la sedimentación de partículas) y la propuesta de diseño de malla Coanda. Para poder realizar esta comparación se solicitará al Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Loja la información de la topografía, geología e hidrología de la zona de estudio, por consiguiente, se utilizará diferentes libros y autores en el cual la información recopilada servirá de base para el diseño de la malla Coanda. Una vez completado el diseño se procederá con el cálculo de volúmenes, análisis de precios unitarios, presupuesto y especificaciones técnicas.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Realizar un análisis comparativo entre el desarenador de lavado continuo y la malla Coanda, para un río de montaña, aplicándole al caso de la captación de Los Leones del sistema de agua potable de la ciudad de Loja, para evitar el taponamiento de la rejilla lateral.

1.5.2 Objetivos específicos

- Realizar un resumen de las características básicas y los criterios de diseño de los desarenadores de lavado continuo y del desarenador con malla Coanda.
- Describir el sistema de agua potable de la ciudad de Loja que capta en Los Leones.
- Diseñar la malla Coanda para la captación de Los Leones para el sistema de agua potable de Loja.
- Comparar el desarenador de lavado continuo con la malla Coanda en el sistema de agua potable de Loja.

2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 Captaciones

La captación es el proceso de recolección y almacenamiento de agua procedente de una fuente natural. En el estudio de la ingeniería se conoce a una obra de captación de agua como una estructura que tiene la capacidad de captar el recurso del afluente sin almacenamiento y de esa manera aprovechar el caudal que hay en el momento dado (Ortiz Flórez, 2011).

2.1.1 Aspectos generales de las estructuras de captación

Las estructuras de obras de captación se colocan directamente sobre las fuentes superficiales o subterráneas que se han seleccionada; las fuentes superficiales pueden presentarse bajo la forma de corrientes con desplazamiento continuo o bien como vasos o represas de una definida extensión; las aguas subterráneas se presentan en estratos más o menos profundos, por debajo de la superficie (Corcho Romero, 2005).

Según Ortiz Flórez (2011, pág. 141) todas las obras de captación deben cumplir con las siguientes condiciones:

- Captar un caudal constante de cualquier calado del río.
- Impedir la conducción de sólidos en suspensión y hacer que este siga por el cauce.
- Disponer de una estructura de retención que pueda garantizar una cota de nivel con cualquier caudal del río.
- Satisfacer las condiciones mínimas de seguridad

2.1.2 Tipos de obras de captación

El diseño de una captación de agua está regido por las características propias como la fuente, calidad y cantidad de agua que permita satisfacer el uso que se le va a dar: riego, potabilidad, energía entre otras.

2.1.2.1 Captación de fondo o tomas caucasianas

Son adecuadas para zonas montañosas, consiste en un canal construido transversalmente en el lecho del río que se captará el agua; está cubierta por una rejilla con una cierta inclinación en dirección al flujo, con el objetivo de que el material de arrastre del río pase aguas abajo y las partículas más pequeñas ingresen al canal colector, donde deberán ser separadas por medio de un desarenador (PROAGRO, 2010).

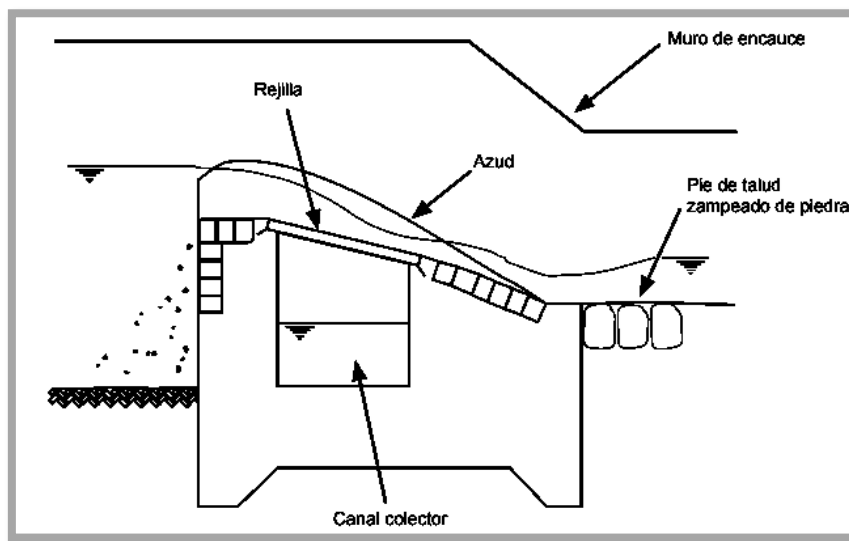


Ilustración 1. Toma caucasiana

Fuente: (PROAGRO, 2010)

2.1.2.2 Captación por rejillas laterales

La rejilla lateral es instalada en la pared de entrada del canal de derivación que lleva el agua desde el río hasta ingresar a su caja de captación para su posterior conducción al desarenador por medio de un canal o tubería, el uso de una rejilla lateral ayuda a proteger la fauna acuática al evitar la succión de los peces y otros organismos que van hacia el canal (Villegas, 2011).

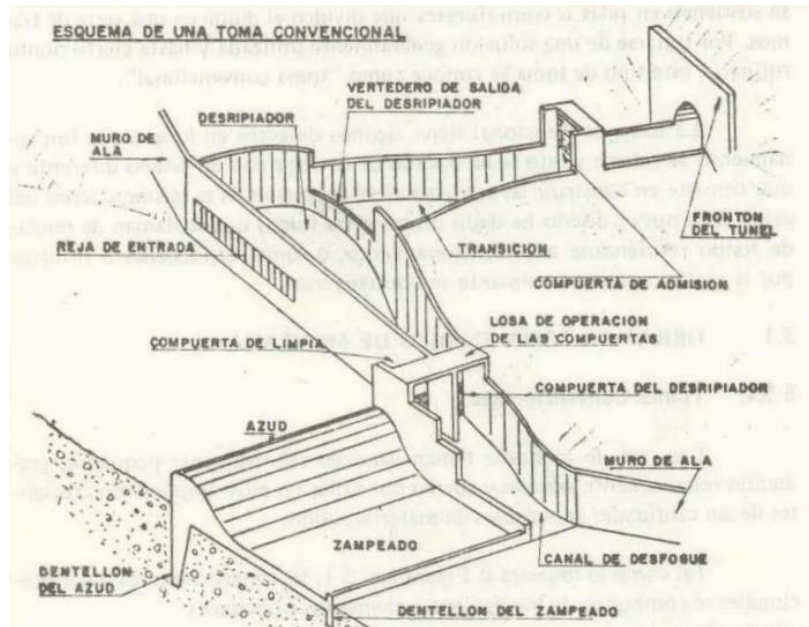


Ilustración 2. Esquema de una captación por rejilla lateral

Fuente: (Krochin, 1986)

2.1.2.3 Tomas laterales

Son estructuras hidráulicas que se caracterizan por tener una pequeña presa que se proyecta para derivar parte del canal del río hacia sus canales principales, no obstante, la línea de derivación puede hacerse con tubería que atraviese el fondo de la berma del canal y se deberá diseñar como un conducto de presión en donde se presentaran pérdidas locales y pérdidas por fricción (Corcho Romero, 2005).

Según Ortiz Flórez (2011, pág.151) es muy usual instalarlas en ríos de montaña con las siguientes características:

- Pendientes longitudinales fuertes que varían entre el 10 % y superiores
- Crecientes súbitas caudas por grandes aguaceros en periodos de tiempo cortos, lo que provoca una gran cantidad de arrastre de material por lo general piedras
- Grandes variaciones del caudal diario provocado por nevados
- Pequeño contenido de sedimentos finos y agua relativamente limpia en estiaje

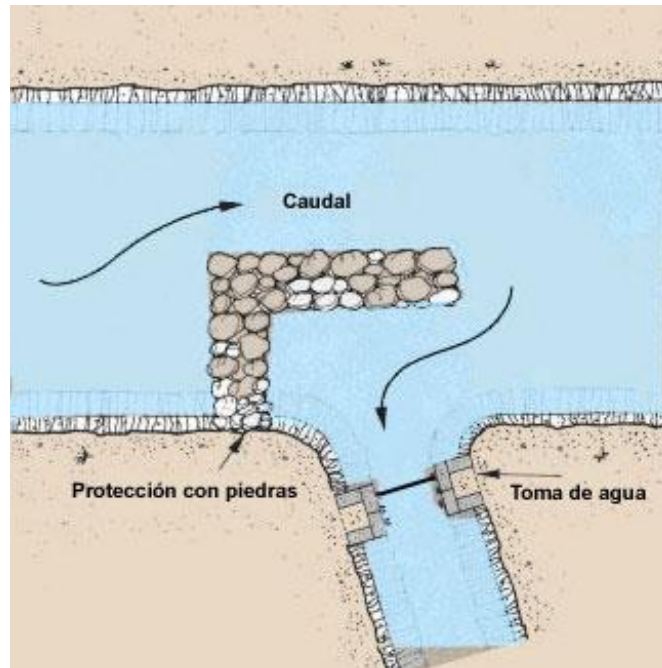


Ilustración 3. Toma lateral

Fuente: (Food and Agriculture Organization of the United Nation, 2016)

2.2 Desarenadores de lavado continuo

Se caracteriza por eliminar el material depositante o sólidos en suspensión de forma continua, para ello se debe cumplir que el caudal disponible sea mayor que el caudal de diseño; el desarenador de lavado continuo consta de una cámara superior e inferior las cuales están separadas por una reja de barrotes, la primera cámara es la encargada de que los sedimentos pierdan velocidad y sean arrastrados a la cámara inferior, una vez llegada a esa zona los sedimentos más pesados se encauzan a una galería longitudinal con características de pequeña sección y elevada pendiente para su vertimiento hacia el afluente. (Ortiz Flórez, 2011)

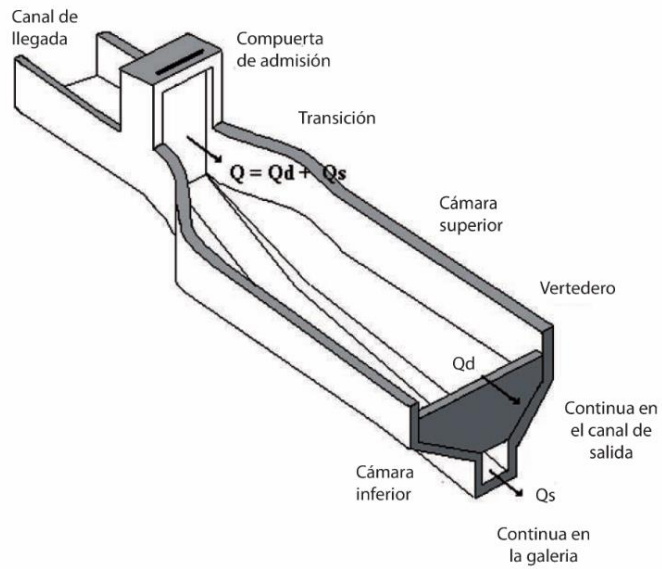


Ilustración 4. Desarenador de lavado continuo

Fuente: (Ortiz Flórez, 2011)

2.2.1 Zonas de un desarenador

Según Corcho Romero (2005, pág. 184), Un desarenador consta de cuatro zonas fundamentales para que su funcionamiento sea óptimo, entre ellas están la zona de entrada, zona de sedimentación, zona de lodos y zona de salida:

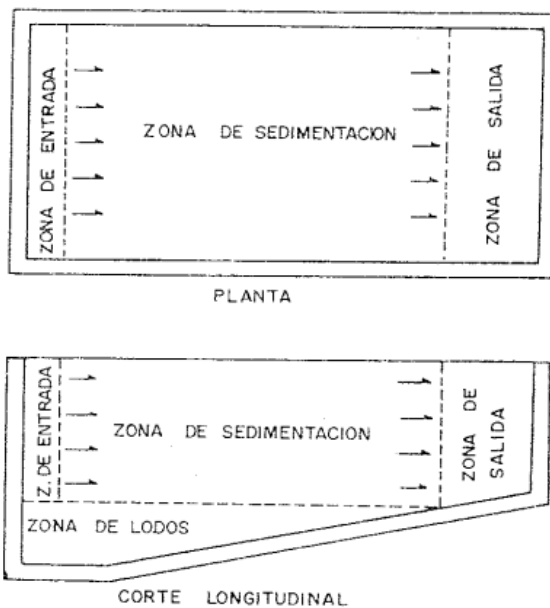


Ilustración 5. Zonas de un sedimentado (Vista en planta y corte longitudinal)

Fuente: (Corcho Romero, 2005)

- Zona de entrada: es la responsable de disipar la energía del agua que llega de la captación.
- Zona de sedimentación: se encarga de la remoción de sólidos del agua debido al régimen de flujo que atraviesa esta zona, tiene la peculiaridad de que la velocidad horizontal del fluido en el desarenador está por debajo de la velocidad arrastre provocando que las partículas que se encuentran en el fondo del desarenador no se pueda mover de su posición.
- Partícula crítica: Se define partícula crítica como aquella que tiene una velocidad de sedimentación tal que, si se encuentra a ras con la superficie libre al pasar de la zona de entrada a la zona de sedimentación, llegará al fondo del taque justo cuando la masa de agua que transporta pasa de la zona de sedimentación a la zona de salida.
- Zona de lodos: tiene la función de recibir y almacenar los lodos que fueron sedimentados
- Zona de salida: se encarga de la recolección del afluente clarificado desde un vertedero de salida

2.2.2 Dispositivos de un desarenador

2.2.2.1 Vertedero de exceso

Es una estructura de gran importancia para el funcionamiento óptimo de un desarenador, es el encargado de evacuar el exceso de agua del embalse que se presenta en periodos de crecidas; ya que, si no se logra evacuar el caudal excedente aumentará el régimen de velocidad en la zona de sedimentación y provocará que disminuya la eficiencia de sedimentar partículas que se encuentre en el fondo del desarenador (Corcho Romero, 2005, pág. 186).

2.2.2.2 Pantalla deflectora.

Es un elemento que separa la zona de entrada con la zona de sedimentación, está compuesta por ranuras y orificios de acuerdo con el diseño por donde pasa el agua con un régimen de velocidad adecuados para que suceda la sedimentación, para ello la velocidad de paso del agua a través de los orificios no debe exceder de los 0.20 m/s (Corcho Romero, 2005).

2.2.2.3 Cortina para sólidos flotantes

Tiene forma de vigueta y su función es producir la precipitación al fondo del desarenado de las partículas o escombros que puedan escapar a la acción desarenadora del reactor; se coloca en la zona de sedimentación a 15 veces el espesor del vertedero de la zona de salida y a 10 cm por debajo del nivel del agua (Corcho Romero, 2005).

2.2.2.4 Vertedero de salida

Se construye un vertedero que separa la zona de sedimentación de la zona de salida, en esta zona pasa el agua limpia hacia el canal, las capas superiores son las primeras en limpiarse y es por esto que la salida de agua desde el desarenador se hace desde un vertedero. (Mamani Marcia, Masias Rocio, 2017)

2.2.2.5 Compuerta de entrada y salida de la línea de conducción

La compuerta de admisión es la que une la obra de conducción con el desarenador, por lo general se colocan dos compuertas, una en la entrada del desarenador y otra en entrada al canal directo (Ortiz Flórez, 2011). Las compuertas sirven para desalojar los materiales depositados en el fondo del desarenador, para lavar una cámara del desarenado se cierran las compuertas de admisión y se abren las del lavado con lo que el agua sale con una gran

velocidad y provoca que arrastre la mayor parte de los sedimentos, se le denomina también compuerta de lavado o de fondo (Mamani Marcia, Masias Rocio, 2017).

2.2.3 Criterios de diseño y método de diseño de desarenador lavado continuo

2.2.3.1 Diámetros

Los desarenadores se diseñan en función del diámetro de la partícula, generalmente el valor del diámetro máximo de partícula para centrales hidroeléctricas es de 0.25mm y para sistemas de riego es 0.5 mm; también se puede calcular el diámetro relacionándolo con la altura de caída y el tipo de turbina, se expresa con los siguientes valores de la tabla:

Diámetro de partículas que son retenidos en el desarenador (mm)	Altura de caída (m)
0.6	100 – 200
0.5	200 – 300
0.3	300 – 500
0.1	500 – 1000

Tabla 1. Diámetro de partículas en función de la altura de caída

Fuente: (Aguila, 2020)

Diámetro de partículas que son retenidos en el desarenador (mm)	Altura de caída (m)
1 – 3	Kaplan
0.4 – 1	Francis
0.2 – 0.4	Pelton

Tabla 2. Diámetro de partículas en función del tipo de turbina

Fuente: (Aguila, 2020)

2.2.3.2 Velocidad del flujo en el tanque

La velocidad se la considerara lenta cuando esté en el rango de 0.20 m/s a 0.60 m/s, no obstante, puede ser considerada arbitrariamente utilizando la fórmula de Camp la cual relaciona el diámetro (d) y una constante función del diámetro (a).

$$v = a\sqrt{d} \text{ (cm/s)}$$

a	d (mm)
51	< 0.1
44	0.1 – 1
36	> 1

2.2.3.3 Dimensiones del tanque

Despreciando el efecto del flujo turbulento sobre la velocidad de sedimentación

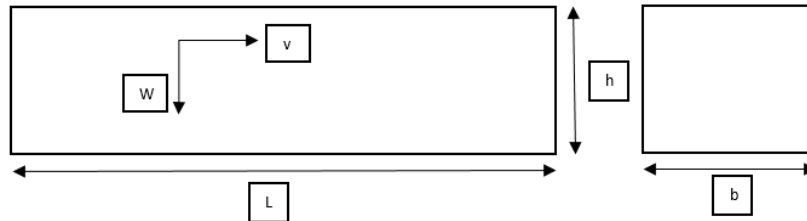


Ilustración 6. Dimensiones del tanque

Fuente: Elaboración propia

Caudal

$$Q = b \cdot h \cdot v \rightarrow b = \frac{Q}{h \cdot v}$$

Caudal	Q	m ³ /s
Ancho	b	m
Altura	h	m
Velocidad del flujo	v	m/s

Tiempo de caída

$$w = \frac{h}{t} \rightarrow t = \frac{h}{w}$$

Tiempo de caída	t	s
Altura	h	m
Velocidad de sedimentación	w	m/s

Tiempo de sedimentación

$$v = \frac{L}{t} \rightarrow t = \frac{L}{v}$$

Tiempo de caída	t	s
Longitud	L	m
Velocidad de flujo	v	m/s

igualando ambas ecuaciones obtenemos la longitud, aplicando la teoría de simple de sedimentación es:

$$L = \frac{h \cdot v}{w}$$

2.3 Malla Coanda

En las últimas décadas se ha generado una creciente demanda de agua en el mundo y esto produce preocupación ambiental, siendo la filtración un mecanismo indispensable para desarrollo del agua como sustento de la vida humana, se ha hecho hincapié en la creación de nuevos modelos de filtración que sean capaces de remover los sólidos en suspensión y vida acuática sin generar efectos ambientales adversos, por lo general para resolver estos problemas se suelen usar rejas comunes, pero estas no satisfacen los requerimientos técnicos ni ambientales, debido a problemas de obstrucción y filtrado mínimo, sin embargo, se ha estudiado la implementación de mallas Coanda que sirven como una reja auto limpiante colocada en el sistema de captación de agua, las cuales tienen un filtrado más fino que reduce drásticamente las partículas en suspensión (Cornelius E. J., 2011).



Ilustración 7. Rejilla tipo Coanda

Fuente: (CBS INGENIERIA S.A., 2010)

A continuación se indican las ventajas de usar una malla Coanda según CBS INGENIERIA S.A. (2010)

- Reducción de costos de inversión ya que no tiene necesidad de una gran infraestructura adicional.
- Utiliza un bajo mantenimiento debido a que no se requiere partes móviles para que la captación no esté sucia.
- Debido a que sus rejas están limpias va a producir un mayor flujo hacia las turbinas lo que ayuda a maximizar la potencia.
- Para el caso de centrales hidroeléctricas, ayuda a maximizar la energía ya que evita mantenimientos programados por la central y puede seguir funcionando de manera continua.
- No permite el paso de sedimentos a partículas mayores de 0.5 a 2 mm, ya que son filtrados y posteriormente devueltos al río.

- Ayuda a generar mayor vida útil a los componentes debido a su filtrado eficaz.
- No requiere sistemas eléctricos para su funcionamiento.
- Genera bajas pérdidas de carga.
- Remueve los sólidos en suspensión y vida acuática sin generar efectos ambientales adversos.

2.3.1 Efecto de la malla Coanda

Henry Marie Coanda fue un ingeniero aeronáutico que, en el año 1910 diseñó, construyó y pilotó el primer prototipo de un avión impulsado por termo-reactor; la investigación realizada por Coanda le permitió deducir que “un fluido por efecto de su viscosidad tiende a seguir el contorno de la superficie sobre la que incide, de tal forma que, si la superficie es curva, como una pelotita de unicel, el fluido se pega a dicha superficie” (Mundo Molina M. D., 2016, pág. 12).

El efecto Coanda es un fenómeno físico que explica el comportamiento de una corriente de flujo al adherirse a una superficie curva que pasa por él; este efecto es producto de la fricción entre las moléculas en el aire, cuando una corriente de flujo se encuentra con una superficie curva se asume que se produce una fuerza de fricción para ser arrastrada y se crea un área de presión reducida en comparación a la presión que está arriba del flujo, por lo que este se acerca hasta seguir la trayectoria de aquella superficie (Espinoza J. , 2017, pág. 57).

La malla Coanda es auto limpiante debido a la forma de sus filamentos triangulares donde la ranura cambia de ancho cuando se acerca al canal de recolección y no generan una obstrucción hacia el canal, evitando la posibilidad de poder tapar la pantalla; los sedimentos que no lograron pasar por la primera ranura son removidos por acción del flujo del agua, ya

que serán empujados aguas abajo desembocadas hacia el canal de recolección (CBS INGENIERIA S.A., 2010).

2.3.2 Bocatomas de fondo con malla Coanda

Las obras de toma o bocatomas son las estructuras hidráulicas construidas sobre un río o canal con el objeto de captar, es decir extraer, una parte o la totalidad del caudal de la corriente principal (Rocha Felices, 2003, pág. 2).

Según Ortiz (2022, pág. 232) se generan varios beneficios al utilizar bocatomas con malla Coanda entre ellos están:

- Un suministro de agua filtrada que aumenta del factor de planta provocando mayor eficiencia en una planta hidroeléctrica
- Se reduce el mantenimiento y costos asociados debido a que la malla Coanda filtra residuos muy finos
- Gracias a su construcción modular tiene una facilidad de montaje
- No afecta a las poblaciones de peces

2.3.3 Captación con malla Coanda.

Las captaciones que usan malla Coanda tiene la peculiaridad de tener un mallado especial donde la distribución del alambre es triangular con aristas afiladas, evitando así el ingreso de partículas de hasta 0.71 mm de diámetro; como se mencionó son muy utilizadas en pequeñas centrales hidroeléctricas soportando captar un caudal de hasta 25 m³/s, además tiene la ventaja de ser auto limpiante lo que significa que no necesita de mantenimiento, por tanto los parámetros más significativos para que el volumen de agua que pasa por la ranura

de la malla Coanda son: el efecto de corte, la velocidad de la captación y el tamaño de los orificios del mallado, ya que el agua se adhiere a la superficie de cada filamento y será desviada hasta llegar al canal de recolección (CBS INGENIERIA S.A., 2010).

2.3.4 Dimensiones de los filamentos de la malla Coanda.

La malla Coanda está compuesta por una serie de filamentos que crean un espacio que se ensancha hacia el interior creando un canal de recolección; Los sedimentos que tienen un diámetro menor al espacio entre los filamentos pasan hacia el canal, no obstante, los sedimentos que no logran pasar son empujados hacia aguas abajo del flujo. (Ortiz Flórez, 2022)

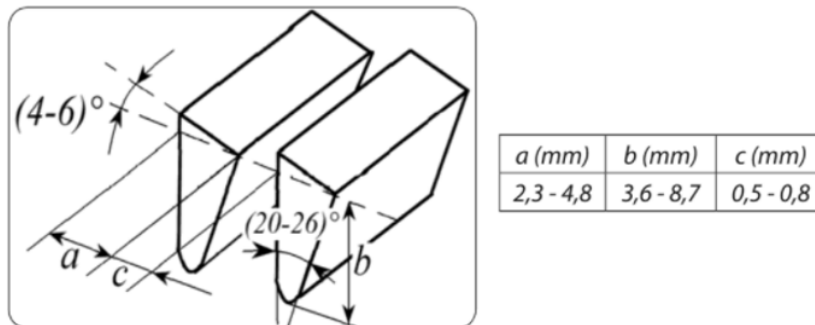


Ilustración 8. Dimensiones de los filamentos de la malla Coanda

Fuente: (Ortiz Flórez, 2022)

El flujo del agua se escurre sobre una placa de aceleración la cual está compuesta por un conjunto de perfiles cuidadosamente laminados en acero inoxidable, estas se colocan de forma perpendicular al flujo de la captación de agua y generalmente se tiende a inclinarse a 45 grados, además las placas pueden tener una perfecta forma plana o de curvatura según el tipo de diseño (Cornelius E. J., 2011, pág. 2).

2.3.5 Criterios de diseño y método de diseño de malla Coanda

De acuerdo con Wahl T. L. (2003, pág. 5), La capacidad de la pantalla se expresa como la descarga dada por la relación entre el volumen y el tiempo que pasa a través de la superficie de la pantalla por su unidad de ancho; existen tres tipos de descargas unitarias de interés: flujo que entra por la pantalla, flujo que pasa a través de la pantalla y flujo de derivación sobre la pantalla; a medida que aumenta el flujo de entrada, la longitud mojada de la pantalla aumenta hasta que ésta se sature de agua, donde procede a actuar el flujo de derivación y este incrementara mientras siga aumentando el flujo de entrada, por ende, el flujo de agua que pasa a través de las pantallas utiliza dos mecanismos que actúan simultáneamente los cuales dependen de las propiedades de la superficie de la pantalla y las características del flujo sobre la pantalla; el primero usa los alambres inclinados que cortan las capas delgadas del flujo de fondo dirigido hacia las pantallas y el segundo usa la presión del agua contra la pantalla para que el flujo se dirija hacia las ranuras provocando que caigan como si fueran simples orificios.

2.3.6 Parámetros de diseño que afectan la capacidad de una malla Coanda

A continuación se indican los parámetros de diseño que afectan la capacidad de una malla Coanda según Wahl T. L. (2003, pág. 4)

- Altura de caída desde aguas arriba hasta el inicio de la pantalla.
- Pendiente de la pantalla.
- Curvatura de la pantalla.
- Longitud de la pantalla.

2.3.6.1 Propiedades de los materiales de la pantalla Coanda

A continuación se indican las propiedades de los materiales de la pantalla de una malla Coanda según Wahl T. L. (2003, pág. 4)

- Ancho del alambrado.
- Ancho de las ranuras.
- Ángulo de inclinación de los cables.

2.3.6.2 Condiciones que afectan la operación del flujo a través de la pantalla Coanda

A continuación se indican las condiciones que afectan la operación del flujo a través de una malla Coanda según Wahl T. L. (2003, pág. 4)

- Flujo de derivación.
- Contrapresión debajo de la superficie de la pantalla.
- Profundidad del agua contra la pantalla.

3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

3.1 Información general de la zona

La parroquia de Jimbilla es el acceso más cercano hacia la captación de Los Leones, actualmente existe una carretera disponible para llegar a dicha captación y el camino consta con un trayecto aproximado de 19.19km de longitud y 4 metros de ancho.



Ilustración 9. Entrada a Captación de Los Leones

Fuente: Elaboración propia

Cuando la carretera termina se debe caminar por un sendero y algunos puentes de paso, aproximadamente se tarda de 15 a 20 minutos hasta llegar a la captación, además se encontró al inicio de la captación una casa otorgada por el municipio para que el operador se aloje, de manera que pueda realizar de forma efectiva y oportuna los procesos de mantenimiento.

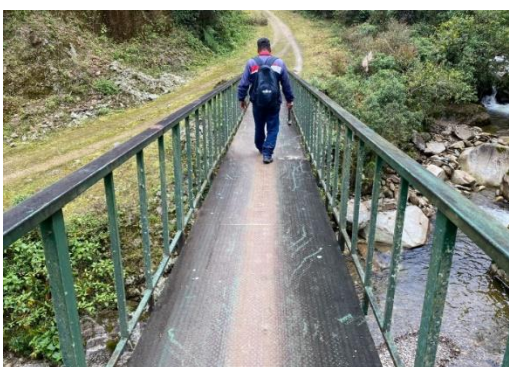


Ilustración 10. Puente de paso en dirección a la captación de Los Leones

Fuente: Elaboración propia

3.2 Descripción del sistema de agua potable

La planta de tratamiento de Carigán está ubicada en el noroccidente de la ciudad de Loja a una cota de 2300 m.s.n.m en las siguientes coordenadas UTM y grados decimales:

LATITUD	LONGITUD
9568300 m N	688200 m E
-3.90238°	-79.30504°



Ilustración 11. Planta de tratamiento de agua potable de Carigán - Ciudad de Loja

Fuente: (Diaz Y. , Municipio de Loja, 2019)

El río Tambo Blanco y la Quebrada de Los Leones son las principales aguas captadas para el funcionamiento de dicha planta de tratamiento, la cual tiene dos módulos de capacidad 250 l/s, dando una capacidad máxima de 500 l/s; El tratamiento de la planta de Carigán radica principalmente en procesos de coagulación, floculación, decantación y una afinación mediante filtración en filtros cerrados a presión.

Una vez tratada el agua comienza su conducción hacia los habitantes de la ciudad; por lo cual, se ha dividido en tres circuitos: Norte, Centro y Sur; donde se han delimitado para determinados sectores de la ciudad con longitudes de tuberías aproximadas de 13.6km, 14.38km y 22.76km respectivamente, dichas tuberías que comprende este sistema de transmisión son de PRFV, Fundición Dúctil y PVC.

3.3 Ubicación de la captación de Los Leones

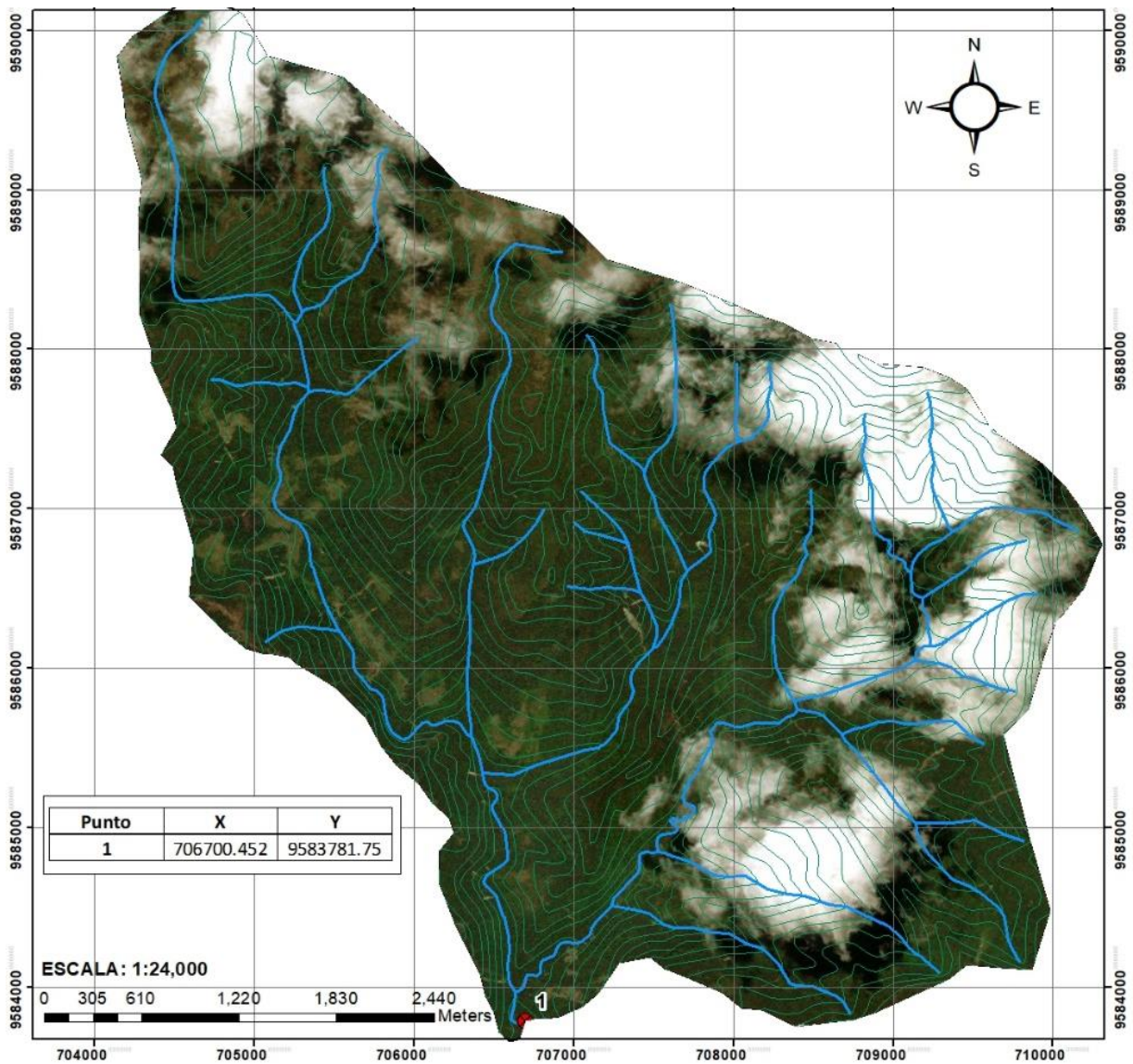


Ilustración 12. Ubicación de la captación de Los Leones - captura de la carta del IGM (Las Juntas)

Fuente: Elaboración propia

La captación de Los Leones está ubicada a una cota de 2409 m.s.n.m en las coordenadas

UTM y grados decimales:

LATITUD	LONGITUD
9583781 m N	706700 m E
-3.75877°	-79.13771°

3.4 Situación actual de la captación de Los Leones.

3.4.1 Descripción del desarenador de lavado continuo de la captación de Los Leones

El desarenador de lavado continuo de la captación de Los Leones es utilizado para la remoción de arenas y otras partículas sólidas, el agua recolectada es destinada a la planta de tratamiento de agua en Carigán, el desarenador está ubicado a 120 metros de sistema de captación y capta un caudal de 500 l/s.



Ilustración 13. Desarenador de lavado continuo de la captación de Los Leones

Fuente: Elaboración propia

3.4.1.1 Componentes del desarenador de la captación de Los Leones



Aliviadero



Canal Aliviadero



Desarenador



Cajón de carga



Arqueta de regulación (Válvula de sobre velocidad)



Desagüe del desarenador

Ilustración 14. Componentes del desarenado de lavado continuo de la captación de Los Leones

Fuente: Elaboración propia

3.4.1.2 Geometría del desarenador de la captación de Los Leones

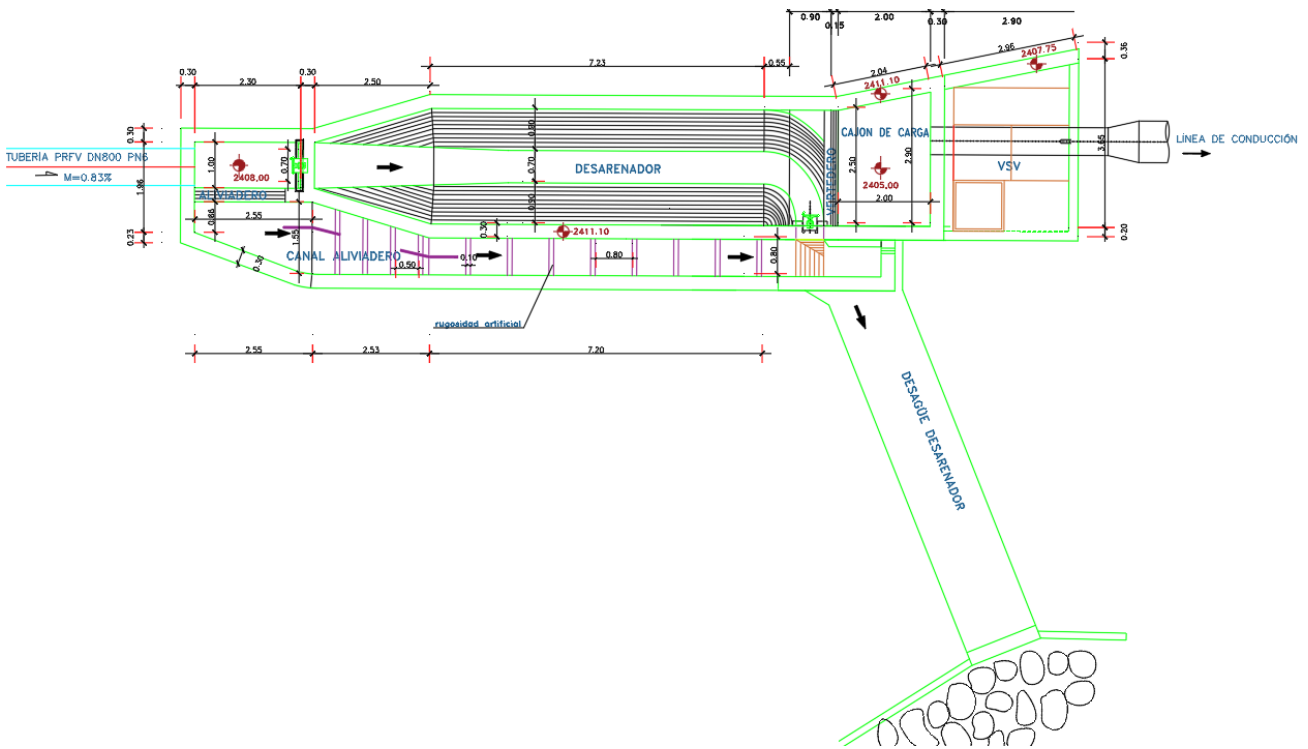


Ilustración 15. Vista en planta del desarenador

Fuente: (UMAPAL, 2000)

Vista de perfil del desarenador con sus respectivas medidas en metros:

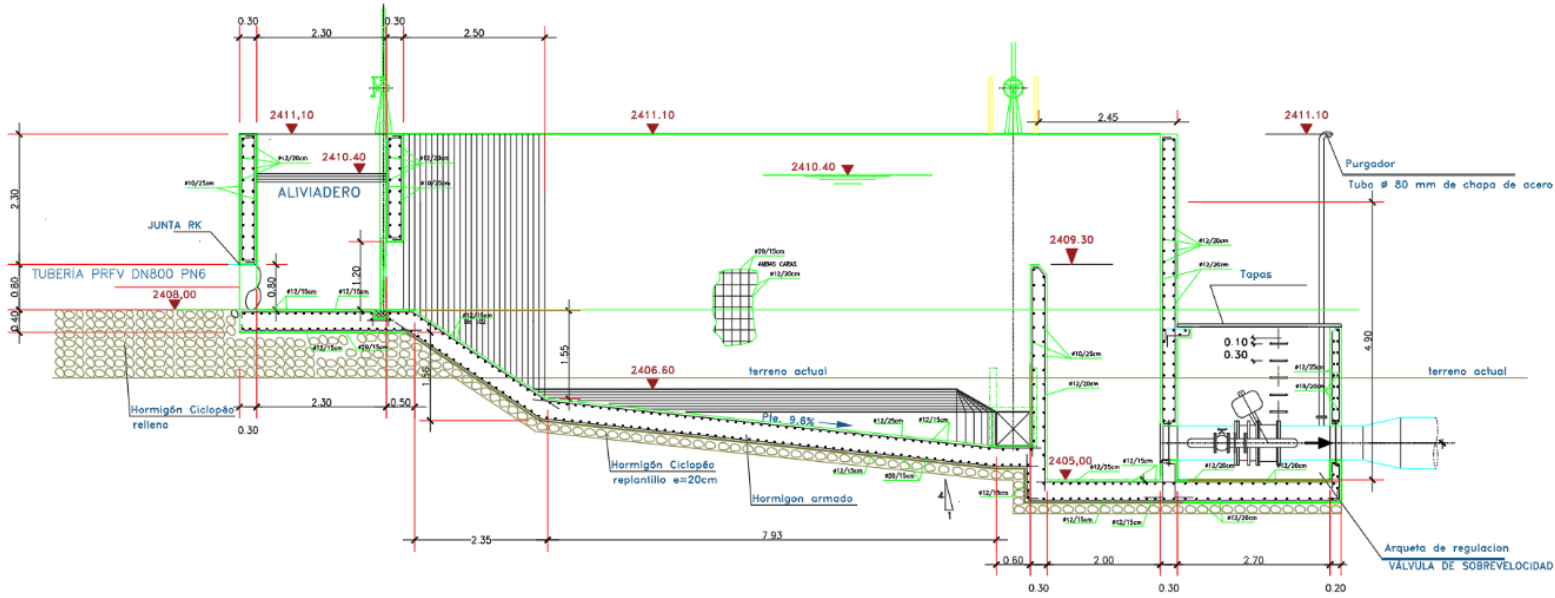


Ilustración 16. Vista de perfil del desarenador

Fuente: (UMAPAL, 2000)

3.4.2 Información de operación y mantenimiento actual de la captación de Los Leones.

Actualmente se monitorea y controla el flujo de agua que pasa por el desarenador con caudalímetro para asegurar que se recolecte la cantidad necesaria de agua y a su vez que no supere la capacidad de la infraestructura de la captación.



Ilustración 17. Caudalímetro actual de la captación

Fuente: Elaboración propia

El mantenimiento de la captación es constante, todos los días un operario y su equipo trabajo pertenecientes a UMAPAL se dirigen desde la planta de tratamiento de Pucara de ciudad de Loja a verificar el correcto desempeño de la captación, también hay otro operario que vive cerca de la zona de captación y se encarga de limpiar la rejilla lateral y abrir las compuertas cuando es oportuno, sin embargo debido a la falta de comunicación de la zona es difícil coordinar los procesos oportunos de mantenimiento.



Ilustración 18. Mantenimiento de la rejilla lateral

Fuente: Elaboración propia

3.4.3 Levantamiento topográfico de la captación de Los Leones

En los anexos se muestran los detalles del plano que se han obtenido del levantamiento topográfico de la quebrada de los Leones realizados por la Unidad Municipal de agua potable y alcantarillado de Loja (UMAPAL).

3.4.4 Muestra de los sedimentos antes y después del desarenador actual.

La captación de Los Leones no cuenta con un registro de sedimentos en el cual se pueda basar, por lo que se tomó muestras de la captación antes del desarenador y después del mismo para poder comparar los sólidos totales que arrastra la quebrada de los leones.



Ilustración 19. Toma de agua antes de la captación

Fuente: Elaboración propia

Se recolectaron 2 muestras cada una de un litro antes de la captación y otra después de pasar el desarenador, se pudo observar a simple vista que las tomas eran muy parecidas tanto en color como en contenido de sólidos en suspensión.



Ilustración 20. Muestras tomadas de la captación

Fuente: Elaboración propia

3.4.4.1 Sólidos totales determinados por evaporación y pesado de cápsula

- La cápsula de porcelana se seca en un horno a 105 °C por un mínimo de 20 horas
- Se deja secar en desecador
- Se pesa en la balanza de precisión



Ilustración 21. Medición del peso del vaso vacío

Fuente: Elaboración propia

Peso del vaso	44.0101 g
----------------------	------------------

Muestra

- Se vierte en el recipiente 40 ml de muestra
- La cápsula con la muestra se deposita en el horno hasta su total evaporación (no producir una ebullición brusca).
- Se saca la cápsula en el horno y se deja secar en desecador
- Se pesa en la balanza de precisión

$$\% \text{ Sólidos totales (mg/L)} = \frac{(A - B) * 100}{M}$$

A	Peso del vaso + muestra seca (g)
B	Peso del vaso (g)
M	Muestra (mL)

Antes Del Desarenador



Ilustración 22. Peso de la muestra antes del desarenador

Fuente: Elaboración propia

Peso del vaso + muestra seca	44.0158 g
-------------------------------------	------------------

$$\% \text{ Sólidos totales} = \frac{(44.0158 - 44.0101) * 100}{40}$$

$$\% \text{ Sólidos totales} = 0.01425\%$$

Después Del Desarenador



Ilustración 23. Peso de la muestra después del desarenador

Fuente: Elaboración propia

Peso del vaso + muestra seca	44.0126 g
-------------------------------------	------------------

$$\% \text{ Sólidos totales} = \frac{(44.0126 - 44.0101) * 100}{40}$$

$$\% \text{ Sólidos totales} = 0.00625\%$$

El desarenador a removido un 0.008% de sedimentos con respecto del agua de la captación en una época de poca lluvia y poco arrastre de sedimentos.

4 DISEÑO DE LA MALLA COANDA PARA LA CAPTACIÓN DE LOS LEONES

4.1 Fuente de abastecimiento de agua

4.1.1 Características morfológicas de la cuenca

Utilizando la carta “LAS JUNTAS “con sus archivos tipo shp proporcionada por el Instituto Geográfico Militar (IGM), se delimitó con el uso del programa Qgis y se determinaron los siguientes parámetros:

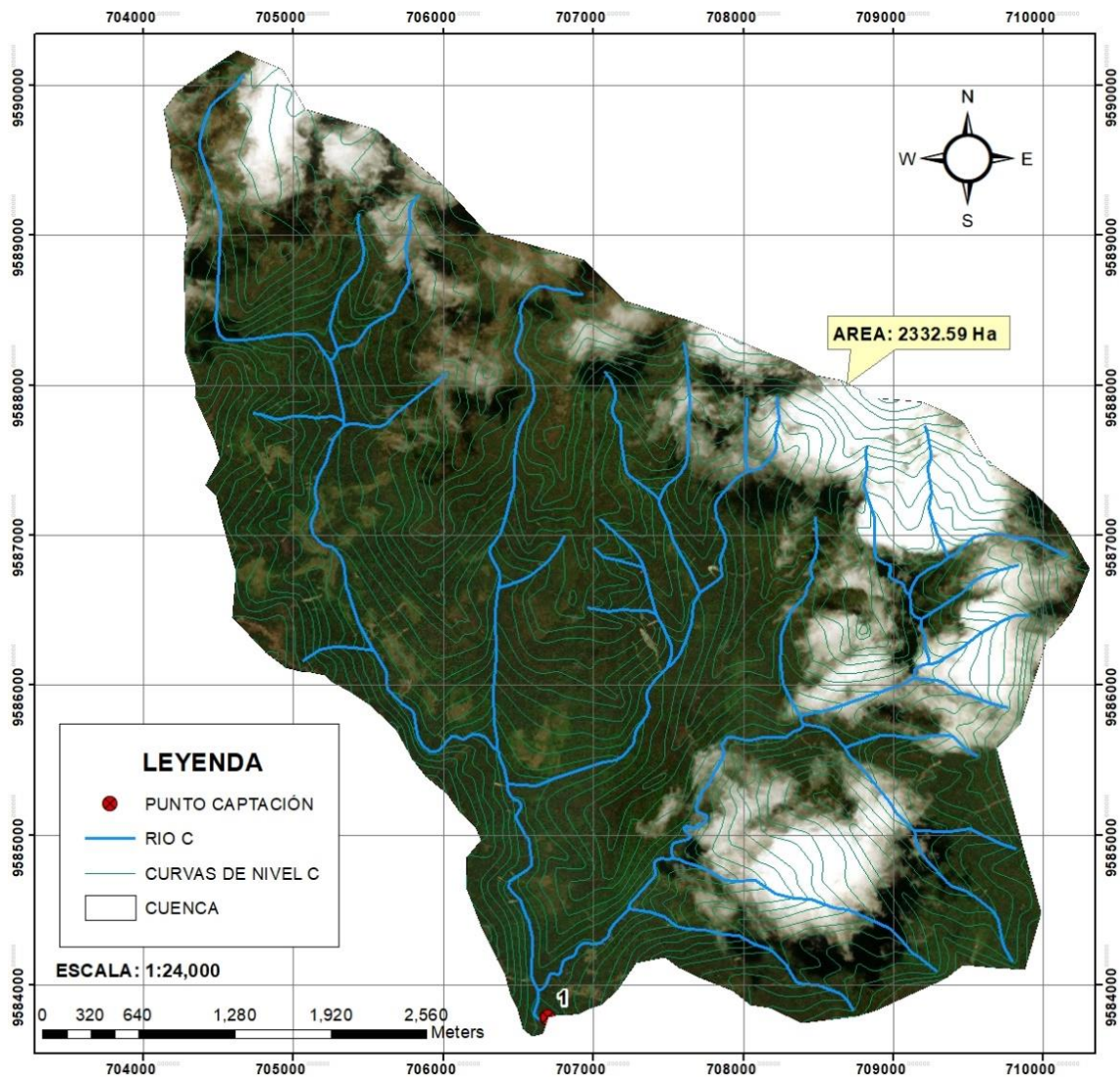


Ilustración 24. Forma del cuenca y área de la cuenca

Forma: Elaboración propia

DATOS DE LA CUENCA		
Área de la Cuenca	23.32	Km ²
Longitud del cauce principal	7.76	km
Perímetro	21.45	km
Cota Superior	3264.5	m.s.n.m
Cota inferior	2402.8	m.s.n.m

4.1.1.1 Descripción del suelo

El tipo de suelo se determinó por medio del mapa geopedológico hoja LAS JUNTAS NVI-F2 proporcionado por el ministerio de agricultura, ganadería, acuicultura y pesca; Se concluye que el tipo de suelo es un Acrudoxic Hapludands (Arenas con poco limo y arcillas).

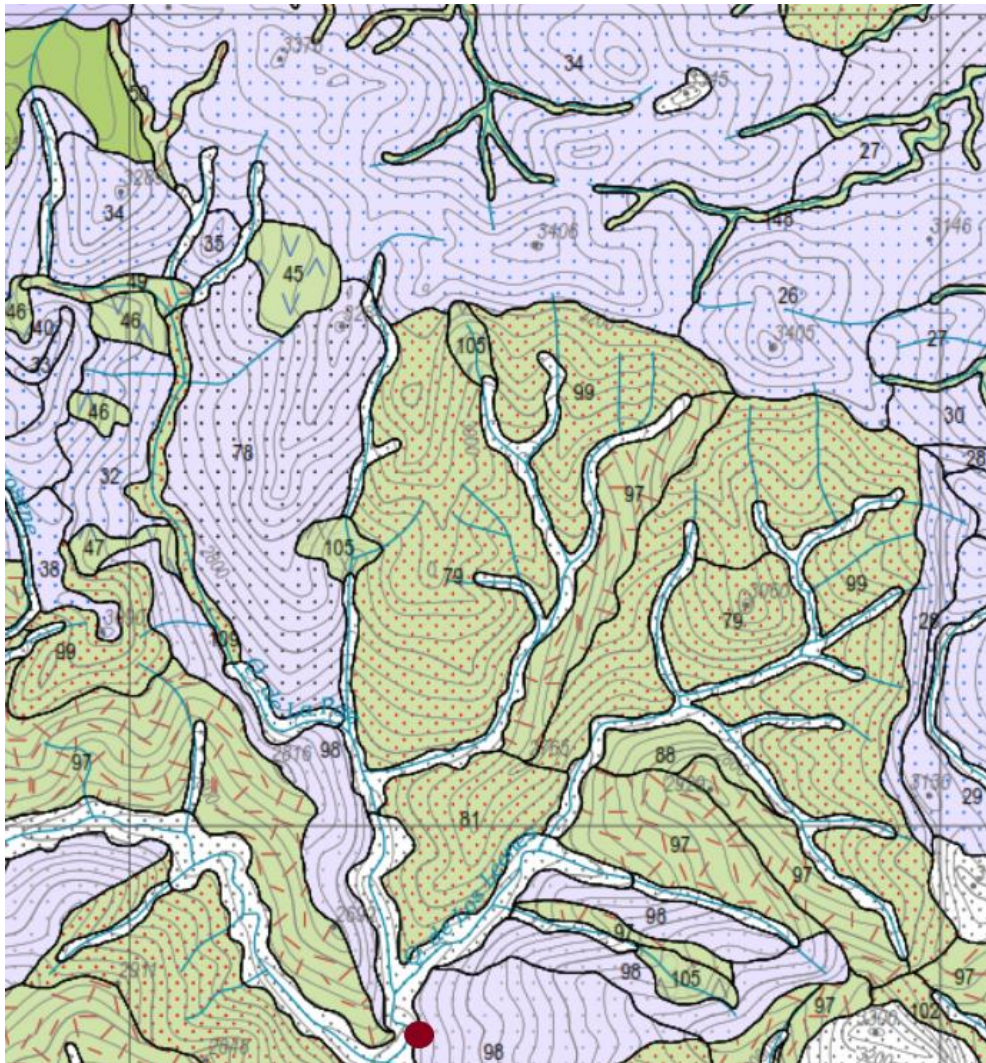


Ilustración 25. Mapa geopedológico hoja LAS JUNTAS NVI-F2

Fuente: (SIGTIERRAS, 2015)

4.1.1.2 Forma

Se determina mediante el índice de compacidad de Gravelius con la siguiente expresión:

$$Kc = \frac{Pc}{2 * (\pi * Ac)^{0.5}}$$

Donde:

Kc	Coficiente de compacidad de Gravelius
Pc	Perímetro de la cuenca
Ac	Área de la cuenca

Se remplazan los datos en la expresión y obtenemos el siguiente resultado:

$$Kc = \frac{21.45}{2 * (\pi * 23.32)^{0.5}}$$

$$Kc = 1.253$$

FORMA DE LA CUENCA	INDICE DE COMPACIDAD Kc	TENDENCIA A CRECIDAS
De casi redonda a oval redonda	1.00 - 1.25	ALTA
De oval redonda a oval oblonga	1.25 - 1.50	MEDIA
De oval oblonga a rectangular	1.50 - 1.75	BAJA

El resultado muestra que la forma de la cuenca es de oval redonda a oval oblonga con una tendencia de crecidas media.

4.1.1.3 Pendiente media del cauce principal

La pendiente del cauce principal es un parámetro que usaremos más adelante para calcular el caudal de crecida por el método de Ven de Chow

$$S = \frac{Cota\ sup - Cota\ inf}{Lc}$$

Donde:

Lc	Longitud del cauce principal
S	Pendiente del cauce principal

Mediante el programa Qgis se pudo obtener las altitudes del cauce principal y son las siguientes:

ABSCISADO (m)	ALTITUD (m.s.n.m)	ABSCISADO (m)	ALTITUD (m.s.n.m)	ABSCISADO (m)	ALTITUD (m.s.n.m)	ABSCISADO (m)	ALTITUD (m.s.n.m)
0.00	3264.50	1999.39	2960.00	3869.56	2763.65	6063.61	2531.69
55.85	3252.25	2055.24	2947.48	3925.42	2760.00	6119.46	2528.58
111.70	3240.00	2111.09	2934.96	3981.27	2760.00	6175.31	2525.47
167.55	3240.00	2166.94	2927.48	4037.12	2760.00	6231.16	2522.74
223.40	3240.00	2222.80	2920.00	4116.10	2763.71	6287.01	2520.00
302.39	3237.81	2278.65	2920.00	4195.09	2731.52	6342.87	2520.00
381.37	3231.22	2334.50	2920.00	4274.07	2732.53	6398.72	2520.00
437.22	3223.34	2413.48	2920.58	4353.05	2720.00	6454.57	2520.00
493.07	3215.46	2492.47	2920.00	4408.91	2720.00	6510.42	2520.00
548.92	3209.78	2548.32	2917.08	4464.76	2720.00	6589.40	2514.11
604.77	3204.10	2604.17	2914.17	4543.74	2717.57	6668.39	2480.00
683.76	3205.55	2660.02	2900.14	4622.72	2703.37	6724.24	2480.00
762.74	3200.00	2715.87	2886.11	4678.58	2691.69	6780.09	2480.00
841.73	3186.29	2794.85	2890.64	4734.43	2680.00	6859.07	2496.22
920.71	3167.63	2873.84	2880.00	4813.41	2699.67	6938.06	2480.00
976.56	3163.81	2985.54	2880.00	4892.40	2680.00	6993.91	2480.00
1032.41	3160.00	3041.39	2876.85	4971.38	2696.12	7049.76	2480.00
1111.40	3160.03	3097.24	2873.70	5050.36	2680.00	7105.61	2480.00
1190.38	3148.59	3153.09	2862.89	5129.35	2667.10	7161.46	2480.00
1269.37	3120.06	3208.94	2852.09	5208.33	2640.00	7217.31	2480.00
1348.35	3095.06	3264.79	2846.87	5287.32	2646.43	7273.16	2480.00
1404.20	3087.53	3320.64	2841.66	5366.30	2626.47	7352.14	2476.53
1460.05	3080.00	3376.49	2840.83	5422.15	2614.09	7431.13	2466.41
1515.90	3074.67	3432.34	2840.00	5478.00	2601.70	7486.98	2457.19
1571.75	3069.34	3488.19	2825.16	5556.99	2601.76	7542.83	2447.97
1650.74	3061.87	3544.04	2810.33	5635.97	2577.57	7598.68	2426.69
1729.72	3019.21	3623.03	2814.21	5714.96	2582.39	7654.53	2405.42
1808.71	3022.63	3702.01	2800.00	5793.94	2565.86	7763.52	2402.79
1887.69	2996.18	3757.86	2783.65	5872.93	2572.02		
1943.54	2978.09	3813.71	2767.29	5951.91	2553.22		

Tabla 3. Altitudes del cauce principal de la cuenca

Fuente: Elaboración propia

De los datos obtenidos por el programa, se reemplazó con la ecuación para determinar la pendiente del cauce principal:

$$S = \frac{3264.5 - 2402.79}{7763.52} * 100$$

$$S = 11.1 \%$$

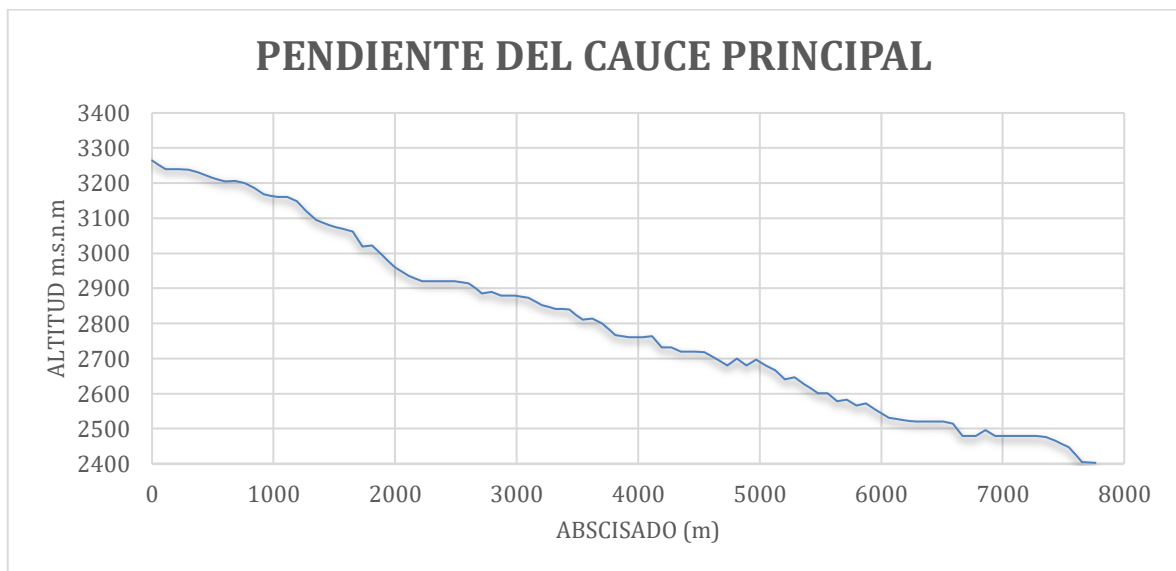


Ilustración 26. Pendiente del cauce principal

Fuente: Elaboración propia

Con la siguiente tabla expuesta por Ortiz Vera se puede establecer el tipo de relieve de la cuenca:

Pendiente (%)	Tipo de relieve
0 - 3	Plano
3 - 7	Suave
7 - 12	Mediano
12 - 35	Accidentado
35 - 50	Fuerte
50 - 70	Muy Fuerte
>75	Escarpado

Tabla 4. Relación pendiente – tipo de relieve

Fuente: (Ortiz Vera, 2004)

Según la tabla el tipo de relieve del cauce principal es mediano

4.1.1.4 Tiempo de concentración

Para determinar el tiempo de concentración se ha optado por tomar varias ecuaciones de diferentes autores y sacar el promedio de dichos resultados.

Fórmula de Giandotti

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H}}$$

Donde:

L	Longitud máxima del cauce (Km)
A	Área de la cuenca (Km ²)
H	Desnivel entre el punto de la captación y el más alto

Remplazando la ecuación tenemos

$$T_c = \frac{4\sqrt{23.32} + 1.5(7.763)}{0.8\sqrt{(32064.5 - 2402.8)}}$$

$$T_c = 1.318 \text{ h}$$

Fórmula de Kirpich

$$T_c = 0.06628 \left(\frac{L^{0.77}}{S^{0.385}} \right)$$

Donde:

L	Longitud máxima del cauce (Km)
S	Pendiente del cauce principal

Remplazando la ecuación tenemos

$$T_c = 0.06628 \left(\frac{7.763^{0.77}}{0.111^{0.385}} \right)$$

$$T_c = 0.749 \text{ h}$$

Fórmula de California U.S.B.R

$$T_c = \left(\frac{0.87075 * L^3}{H} \right)^{0.385}$$

Donde:

L	Longitud máxima del cauce (Km)
H	Desnivel entre el punto de la captación y el más alto

Remplazando la ecuación tenemos

$$T_c = \left(\frac{0.87075 * 7.763^3}{3264.5 - 2402.79} \right)^{0.385}$$

$$T_c = 0.749 \text{ h}$$

Fórmula de Bransby Williams

$$T_c = 14.6 * \frac{LA^{-0.1}S^{-0.2}}{60}$$

Donde:

L	Longitud máxima del cauce (Km)
A	Área de la cuenca (Km ²)
S	Pendiente del cauce principal

Remplazando la ecuación tenemos

$$T_c = 14.6 * \frac{7.763 * 23.32^{-0.1} 11.1^{-0.2}}{60}$$

$$T_c = 2.14 \text{ h}$$

Fórmula de Passini

$$T_c = \frac{(0.108 * (A * L)^{1/3})}{S^{0.5}}$$

Donde:

L	Longitud máxima del cauce (Km)
A	Área de la cuenca (Km ²)
S	Pendiente del cauce principal

Remplazando la ecuación tenemos

$$T_c = \frac{(0.108 * (23.32 * 7.763)^{1/3})}{11.1^{0.5}}$$

$$T_c = 1.839h$$

Fórmula de Témez

$$T_c = 0.3 * \left(\frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.76}$$

Donde:

L	Longitud máxima del cauce (Km)
S	Pendiente del cauce principal

Remplazando la ecuación tenemos

$$T_c = 0.3 * \left(\frac{7.736}{11.1^{0.25}} \right)^{0.76}$$

$$T_c = 2.162 h$$

El tiempo de concentración es el promedio de las fórmulas descritas dando como resultado un $T_c = 1.492$ horas.

4.1.2 Caudal

4.1.2.1 Método de Ven te Chow

El método de Chow fue deducido basándose en hidrograma unitario derivado de las curvas de precipitación, considera que el caudal pico se puede calcular con el producto de la lluvia de excesos y el caudal pico de un hidrograma unitario; el método es aplicable para cuenca urbanas con un área menor a 25 km².

DATOS DE LA CUENCA		
Área de la Cuenca	23.32	km ²
Longitud del cauce principal	7.76	km
Cota Superior	3264.5	m.s.n.m
Cota inferior	2402.8	m.s.n.m

Para determinar el caudal de crecida máxima se usará la siguiente ecuación:

$$Qc = Ac * X * Y * Z$$

Donde:

Qc	Caudal máximo
Ac	Área de la cuenca
X	Factor de escurrimiento
Y	Factor climático adimensional
Z	Factor de reducción pico

El valor Z lo obtendremos de las siguientes relaciones entre duración efectiva y el tiempo retenido;

$$Si \ 0.05 < \frac{de}{tr} < 0.4 \rightarrow Z = 0.73 \left(\frac{de}{tr} \right)^{0.97}$$

$$Si \ 0.4 < \frac{de}{tr} < 2 \rightarrow Z = 1.89 \left(\frac{de}{tr} \right)^{0.23} - 1.23$$

$$Si \ \frac{de}{tr} > 2 \rightarrow Z = 1$$

El tiempo de retraso lo obtendremos de la siguiente ecuación:

$$t_r = 0.005 * \left(\frac{Lc}{\sqrt{S}} \right)^{0.64}$$

Donde:

Lc	Longitud del cauce principal
S	Pendiente del cauce principal

$$S = \frac{Cota\ sup - Cota\ inf}{Lc}$$

$$S = \frac{3264.5 - 2402.79}{7763.52} * 100$$

$$S = 11.1 \%$$

Encontramos el tiempo de retención

$$t_r = 0.005 * \left(\frac{7763.52}{\sqrt{11.1}} \right)^{0.64}$$

$$t_r = 0.715$$

Con los datos obtenidos se reemplaza en la ecuación para obtener el valor de Z

$$\frac{de}{tr} = \frac{1.492}{0.715}$$

$$\frac{de}{tr} = 2.086 > 2 \rightarrow Z = 1$$

La precipitación efectiva la obtendremos del método del número de la curva propuesta por el U.S Soil Conservation a partir de la lluvia total

$$Pe = \frac{(CN * (P + 50.8) + 5080)^2}{CN * (CN * (P - 203.2) + 20320)}$$

Con los datos del tipo y uso del suelo se determinará el número de escurrimiento CN de las siguientes tablas:

TIPO DE SUELO	TEXTURA DEL SUELO
A	Arenas con poco limo y arcillas; Suelos muy permeables
B	Arenas finas y limos
C	Arenas muy finas, limos, suelos con alto contenido de arcillas
D	Arcillas en grandes cantidades: suelo poco profundos con subhorizontes de roca sana; suelos muy impermeables

Tabla 5. Grupo hidrológico del suelo

Fuente: (Mijares, 1989)

USO DE LA TIERRA Y COBERTURA	TRATAMIENTO DEL SUELO	PENDIENTE DEL TERRENO %	TIPO DE SUELO			
			A	B	C	D
Sin cultivo	Surcos rectos		77	86	91	94
Cultivo en surcos	Surcos rectos	> 1	72	81	88	91
	Surcos rectos	< 1	67	78	85	89
	Contorneo	> 1	70	79	84	88
	Contorneo	< 1	65	75	82	86
	Terrazas	> 1	66	74	80	92
	Terrazas	< 1	62	71	78	81
Cereales	Surcos rectos	> 1	65	76	84	88
	Surcos rectos	< 1	63	75	83	87
	Contorneo	> 1	63	74	82	85
	Contorneo	< 1	61	73	81	84
	Terrazas	> 1	61	72	79	82
	Terrazas	< 1	59	70	78	81
Leguminosas o praderas con rotación	Surcos rectos	> 1	66	77	85	89
	Surcos rectos	< 1	58	72	81	85
	Contorneo	> 1	64	75	83	85
	Contorneo	< 1	55	69	78	83
	Terrazas	> 1	63	73	80	83
	Terrazas	< 1	51	67	73	80
Pastizales		> 1	68	79	86	89
		< 1	39	61	74	80
	Contorneo	> 1	47	67	81	88
	Contorneo	< 1	6	35	70	79
Pradera permanente		< 1	30	58	71	78
Bosques naturales	Muy ralo		56	75	86	91
	Ralo		46	68	78	84

	Normal		36	60	70	77
	Espeso		26	52	62	69
	Muy espeso		15	44	54	61
Caminos	De terracería		72	82	87	89
	Con superficie dura		74	84	90	92

Tabla 6. Valores de CN para condiciones de suelo

Fuente: (Mijares, 1989)

Con los datos obtenidos se reemplaza en la ecuación y encontramos la precipitación efectiva para un periodo de retorno de 25 años:

$$Pe = \frac{(36 * (147.56 + 50.8) + 5080)^2}{36 * (36 * (147.56 - 203.2) + 20320)}$$

$$Pe = 6.441 \text{ mm}$$

Se calcula el factor de escurrimiento en cm/h con la relación entre precipitación efectiva (Pe) y la duración de la lluvia (de); tomaremos en cuenta que la duración es igual al tiempo de concentración para obtener un caso más crítico por lo tanto el tiempo de duración es igual a 1.521 horas.

$$x = \frac{Pe}{de}$$

$$x = \frac{0.6441}{1.492}$$

$$x = 0.432 \text{ cm/h}$$

Se determina el factor climático Y que está representada por la expresión:

$$Y = 2.78 * \frac{Ps}{Pb}$$

Donde:

Ps	Precipitación de la Cuenca
Pb	Precipitación en la estación base

$$Y = 2.78 * \frac{147.56}{163.37}$$

$$Y = 2.51$$

Finalmente se calcula el caudal máximo

$$Qc = Ac * X * Y * Z$$

$$Qc = 23.32 * 0.432 * 2.51 * 1$$

$$Qc = 25.286 \frac{m^3}{s}$$

4.1.2.2 Método de I Pai Wu

El método se limita hacia pequeñas cuencas de un área máxima de 250 km², considera el modelo lineal propuesto por Nash para obtener hidrógrama unitarios instantáneos; donde asimila una cuenca a un sistema de recipientes lineales iguales, con el mismo coeficiente de almacenaje k, colocados en serie.

DATOS DE LA CUENCA		
Área de la Cuenca	23.32	km ²
Longitud del cauce principal	7763.52	m
Cota Superior	3264.5	m.s.n.m
Cota inferior	2402.8	m.s.n.m

Para determinar el caudal de crecida máxima se usará la siguiente ecuación:

$$Qc = 2.78 * \frac{A * Pe}{tm} * f(n, m)$$

Se calcula el tiempo pico (t_m) en horas y el coeficiente de almacenaje (K), con las siguientes ecuaciones:

$$t_m = 4660 * A^{1.085} * L^{-1.233} * J^{-0.668}$$

$$K = 19300 * A^{0.937} * L^{-1.074} * J^{-1.473}$$

Cálculo del tiempo pico:

$$t_m = 4660 * 23.32^{1.085} * 7763.52^{-1.233} * 11.1^{-0.668}$$

$$t_m = 0.4546 \text{ h}$$

Cálculo del coeficiente de almacenaje:

$$K = 19300 * 23.32^{0.937} * 7763.52^{-1.074} * 11.1^{-1.473}$$

$$K = 0.6989$$

Con los valores del tiempo pico y el coeficiente de almacenaje, se calcula el número de recipientes lineales (n) con la misma capacidad de conducción expresada por la ecuación:

$$n = \frac{4 * t_m}{K}$$

$$n = \frac{4 * 0.4546}{0.6989}$$

$$n = 2.602$$

Se necesita obtener el valor factorial del número de recipientes lineales (n), pero al ser un número decimal se vuelve complejo resolverlo; por lo que para obtener su valor factorial se utiliza la función Gamma en “ n ” que determina el valor factorial de un decimal.

$$\Gamma_{(n)} = \int_0^{\infty} t^{n-1} * e^{-t} dt$$

$$\Gamma_{(n)} = \int_0^{\infty} t^{2.602-1} * e^{-t} dt$$

$$\Gamma_{(n)} = 1.432$$

Se calcula la función $f(n, tm)$ que relaciona el tiempo pico (tm) y número de recipientes lineales (n) con la siguiente expresión:

$$f(n, tm) = \frac{(n - 1)^n * e^{(1-n)}}{\Gamma(n)}$$

$$f(n, tm) = \frac{(2.602 - 1)^{2.602} * e^{(1-2.602)}}{1.432}$$

$$f(n, tm) = 0.4796$$

Se calcula la precipitación efectiva por el método anterior de Ven de Chow, por lo que el valor será:

$$Pe = \frac{(36 * (147.56 + 50.8) + 5080)^2}{36 * (36 * (147.56 - 203.2) + 20320)}$$

$$Pe = 6.441 \text{ mm}$$

Finalmente se reemplaza los datos en la ecuación y se calcula el caudal de crecida máxima:

$$Qp = \frac{2.78 * 23.32 * 0.6441}{0.4546} * 0.479$$

$$Qp = 44.053 \text{ m}^3/\text{s}$$

Se promedió los resultados de los caudales máximos calculados dando como resultado de 34.67 m^3/s .

4.1.3 *Uso de la captación*



Ilustración 27. Captación de los Leones

Fuente: Elaboración propia

Del estudio realizado del Plan Maestro de Agua Potable y alcantarillado de Loja en el año 2014 con una población de 150.000 habitantes se consideró que la ciudad de Loja experimentarían un incremento del 5% anual de su población debido a la explosión migratoria que cruzaba la provincia; se estimó que para un periodo de diseño de 30 años la población futura será de 349.200 habitantes; por lo que se requiere un caudal máximo diario de 1192 l/s; se determinó hacer uso de la fuentes para fines puestos a la planta de tratamiento de agua potable de Carigán.

4.2 Diseño de la captación

4.2.1 Geometría actual de la captación

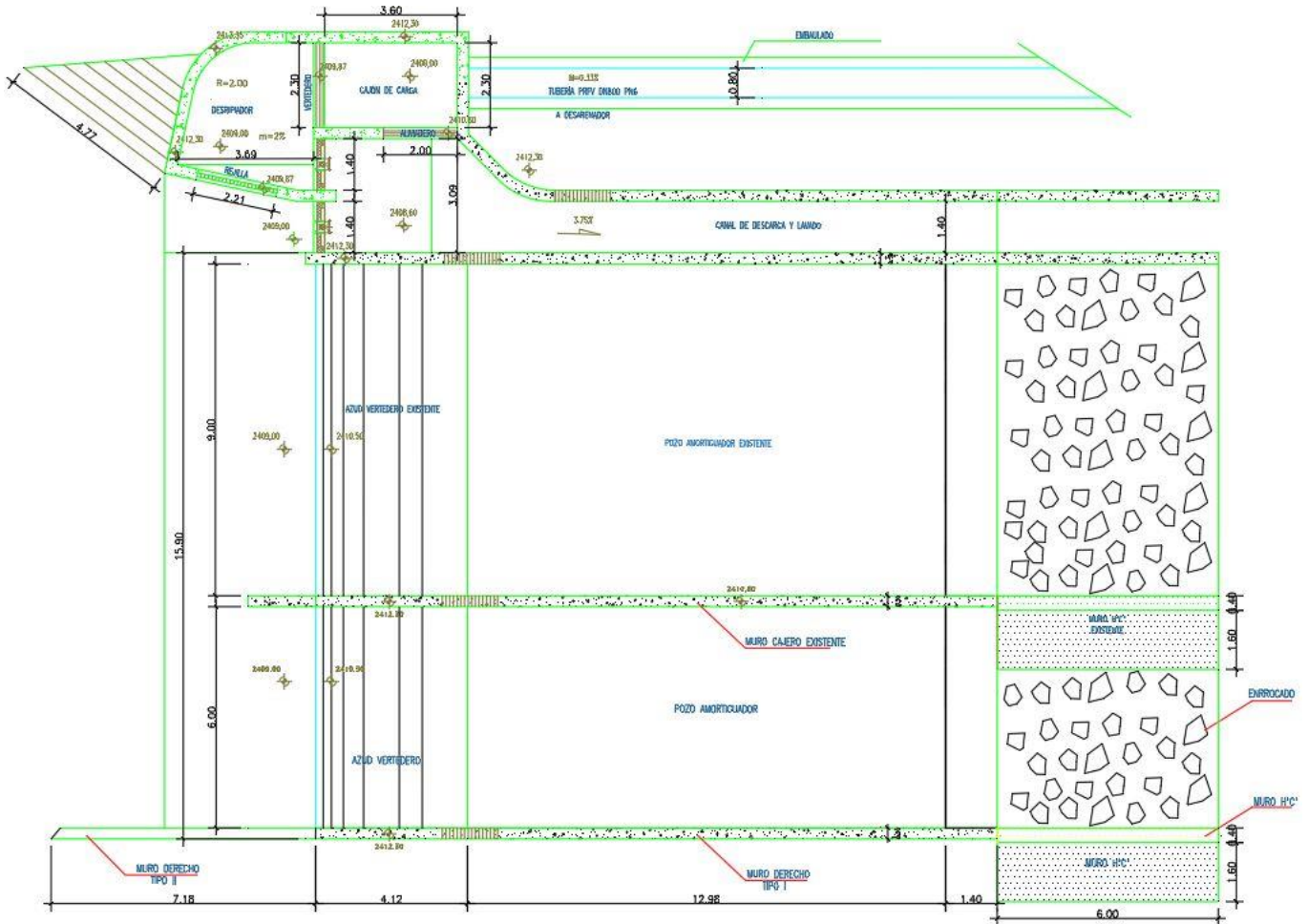


Ilustración 28. Vista de planta de la captación de Los Leones

Fuente: Elaboración propia

El diseño actual de la captación no permite colocar una malla Coanda en el azud, debido a la diferencia que hay entre el nivel del agua del azud y el nivel de agua de la tubería que conduce al desarenador; al realizar el diseño de una malla Coanda con su respectiva galería que capte los 500 l/s, los niveles de agua no ahogan a la tubería por completo, por lo que se debe optar por subir el azud unos centímetros más para que los niveles de agua dejen a la tubería llena.

4.2.2 Rediseño del azud de captación

Datos para el rediseño del azud

DATOS DEL AZUD		
Caudal de crecida (Qcr)	34.67	m ³ /s
Paramento (P)	1.8	m
Longitud del azud (L)	9	m

La descarga sobre una cresta Ogee está dada por la siguiente ecuación:

$$Q = C_o * L * H_o^{3/2}$$

Por facilidad en los cálculos trabajaremos con el caudal unitario, despejando de la ecuación:

$$q = \frac{Q_{cr}}{L}$$

$$q = \frac{34.67}{9} = 3.852 \text{ (m}^3\text{/s-m)}$$

Por lo tanto, la ecuación quedará de la siguiente forma:

$$3.852 = C_o * H_o^{3/2}$$

Se determina el valor de la carga total sobre la cresta del vertedero (H_o), para ello asumimos un coeficiente de descarga (C_o) de 3.5, debido a que los rangos varían entre [3-4].

$$H_o = \left(\frac{3.852}{3.5} \right)^{2/3}$$

$$H_o = 1.066 \text{ m}$$

Se calcula la velocidad de avance con la ecuación:

$$V_a = \frac{q}{P + h_o}$$

Se asume que la carga de agua sobre el vertedero (h_o) es igual a la carga total sobre la cresta del vertedero (H_o), para determinar la carga de la velocidad y posteriormente mediante iteraciones encontrar el verdadero valor de la carga total del vertedero.

$$H_o = h_o$$

$$h_o = 1.066 \text{ m}$$

$$V_a = \frac{3.852}{1.8 + 1.066} = 1.344 \text{ m/s}$$

Obtenida la velocidad de avance, se debe calcular la carga de la velocidad con la ecuación:

$$h_a = \frac{V_a^2}{2 * g}$$

$$h_a = \frac{1.344^2}{2 * 9.81} = 0.092 \text{ m}$$

Se calcula la carga hidráulica para obtener la relación P/H_o y leer el ábaco de coeficiente de descarga para las crestas cimacio en pared vertical y obtener el valor del coeficiente de descarga.

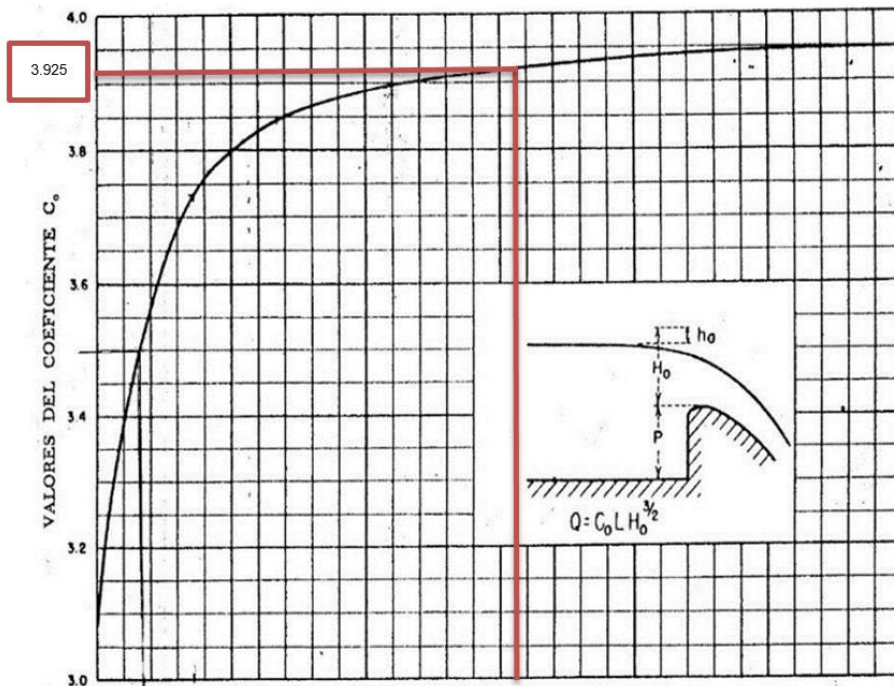


Ilustración 29. Abaco del coeficiente de descarga

Fuente: (United States Department of the interior, 1987)

$$H_o = 1.066 + 0.092 = 1.158 \text{ m}$$

$$\frac{P}{H_o} = \frac{1.8}{1.158} = 1.554$$

El coeficiente de descarga leído es $C_o = 3.925$

Una vez obtenido el coeficiente de descarga, se reemplaza en la ecuación original

$$H_o = \left(\frac{3.852}{3.925} \right)^{2/3}$$

$$H_o = 1.066 \text{ m}$$

Obtenido el nuevo H_o , se itera el proceso hasta que coeficiente de descarga sea el mismo;

lo resultados de las iteraciones son los siguientes:

PRIMERA ITERACIÓN		
q	3.852	m ³ /s
Co(asumido)	3.925	
Ho	0.988	m
Asum Ho=ho		
ho	0.988	m

SEGUNDA ITERACIÓN		
q	3.852	m ³ /s
Co(asumido)	3.930	
Ho	0.987	m
Asum Ho=ho		
ho	0.987	m

Se calcula la velocidad de avance		
Va	1.382	m/s
Se calcula la carga de velocidad (m)		
Ha	0.097	m
Se calcula la carga hidráulica		
Ho	1.085	

Se calcula la velocidad de avance		
Va	1.382	m/s
Se calcula la carga de velocidad (m)		
Ha	0.097	m
Se calcula la carga hidráulica		
Ho	1.084	m

P/Ho	1.659	
Co(leído)	3.930	

P/Ho	1.660	
Co(leído)	3.930	

Tabla 7. Iteraciones para determinar el coeficiente de descarga

Fuente: Elaboración propia

Perfil del azud aguas abajo

Al obtener la carga de velocidad (H_a) y la carga hidráulica (H_o) podemos obtener los valores de K y n ; de manera que podemos determinar las coordenadas del perfil con la siguiente ecuación:

$$\frac{y}{H_0} = -K \left(\frac{x}{H_0} \right)^n$$

Para leer en el ábaco los valores de K y n, realizamos la siguiente relación:

$$\frac{ha}{H_0} = \frac{0.097}{1.084} = 0.0897$$

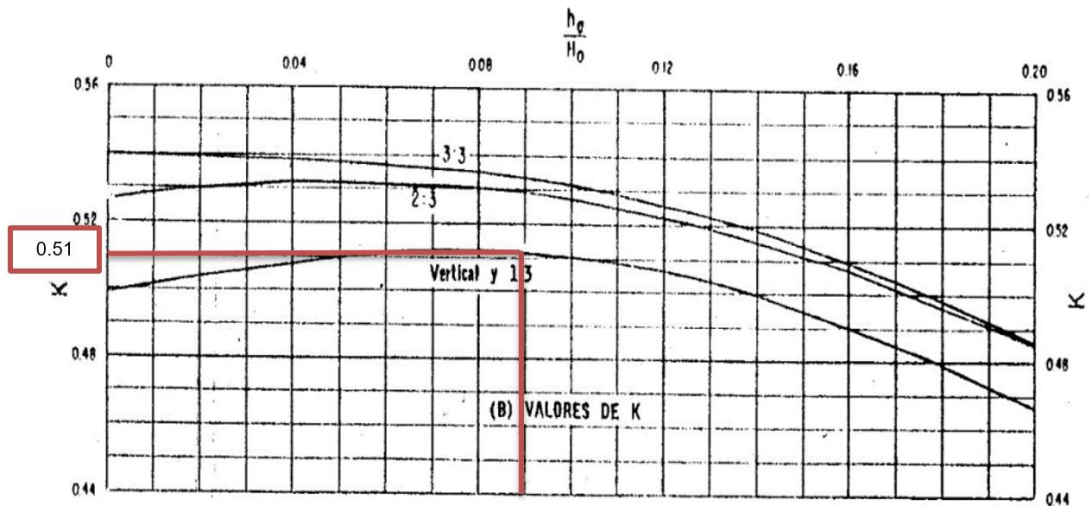


Ilustración 30. Abaco para obtención de K

Fuente: (United States Department of the interior, 1987)

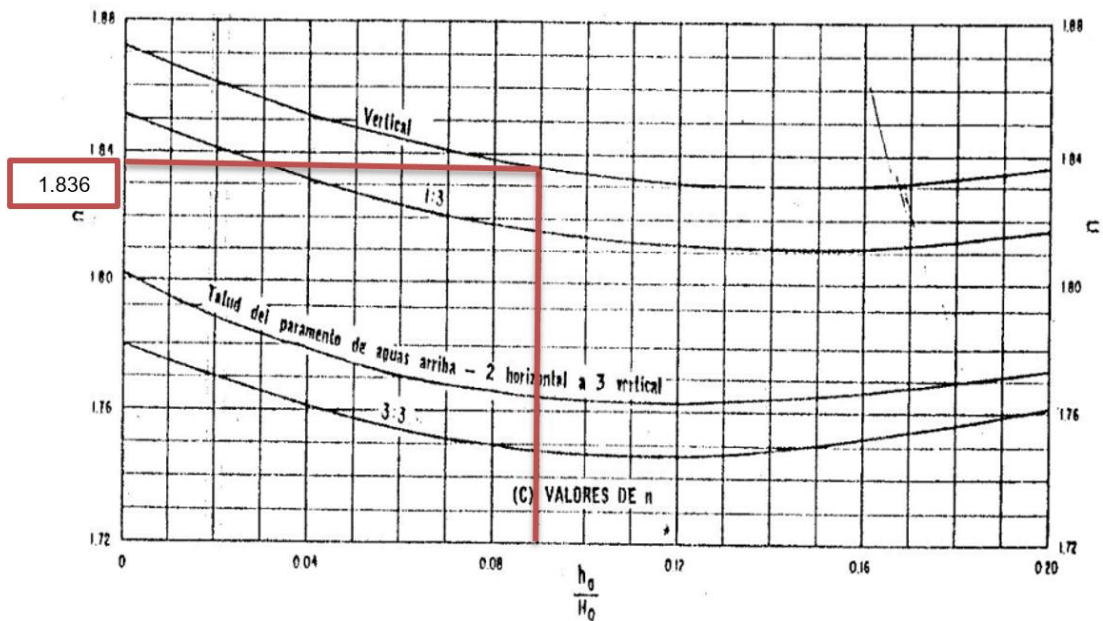


Ilustración 31. Abaco para obtención de n

Fuente: (United States Department of the interior, 1987)

Con los siguientes datos obtenidos y reemplazando en la ecuación podemos obtener las coordenadas del perfil tipo Creager:

$$\frac{y}{H_0} = -K \left(\frac{x}{H_0} \right)^n$$

Ho	1.084
K	0.51
n	1.836
X	Y
0	0
0.2	-0.024827047
0.4	-0.088637223
0.6	-0.186603461
0.8	-0.316451541
1	-0.476687759
1.2	-0.666209417
1.4	-0.884148212
1.6	-1.12979146
1.8	-1.402536973
2	-1.701864861
2.2	-2.02731877
2.4	-2.378492789
2.6	-2.755021968
2.8	-3.156575235

Tabla 8. Coordenadas del perfil Creager

Fuente: Elaboración propia

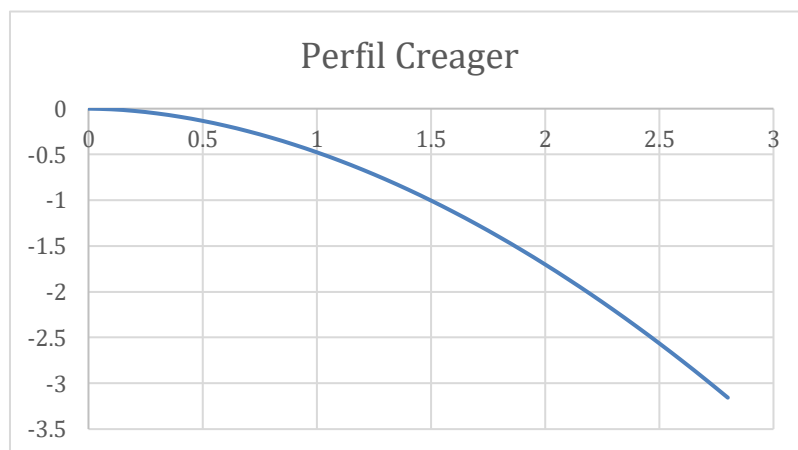


Ilustración 32. Perfil Creager

Fuente: Elaboración propia

Perfil aguas arriba

$$\frac{ha}{H_0} = \frac{0.097}{1.084} = 0.0897$$

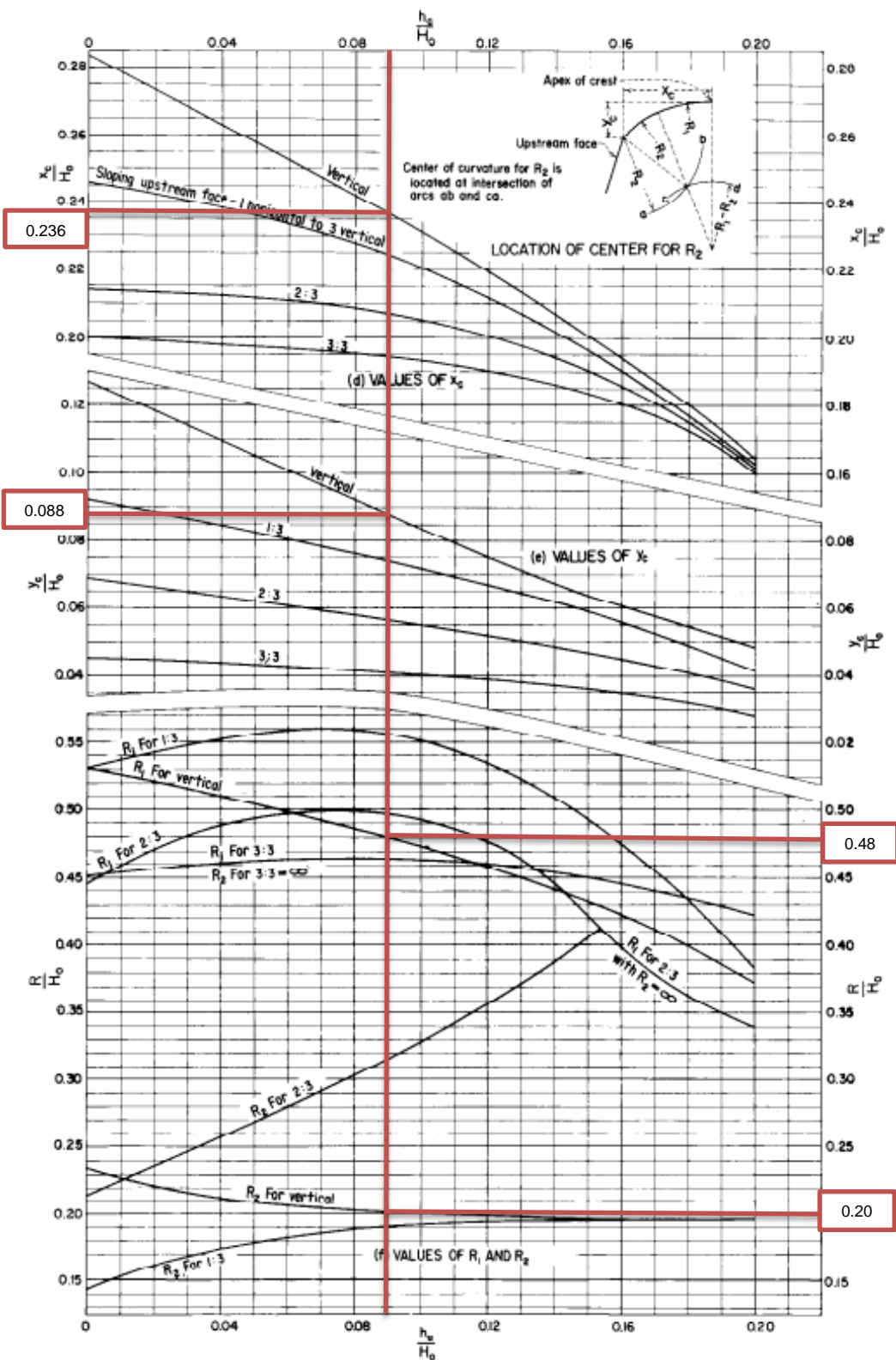


Ilustración 33. Abaco para el perfil aguas arriba - X_c, Y_c, R_1 y R_2

Fuente: (United States Department of the interior, 1987)

Mediante los ábacos se determinan los radios que forma la parte de arriba del azud y sus coordenadas X_c y Y_c ; los resultados son los siguientes:

Calculo de X_c	
ha/Ho	0.090
Lectura X_c/Ho	0.236
X_c	0.256 m

Calculo de Y_c	
ha/Ho	0.090
Lectura Y_c/Ho	0.088
Y_c	0.095 m

Calculo de R_1	
ha/Ho	0.090
Lectura R_1/Ho	0.480
R_1	0.520 m

Calculo de R_2	
ha/Ho	0.090
Lectura R_2/Ho	0.200
R_2	0.217 m

Con los valores de R_1 y R_2 podemos encontrar los centros de los radios del perfil aguas arriba del azud; tomando como punto de origen la cresta del azud.

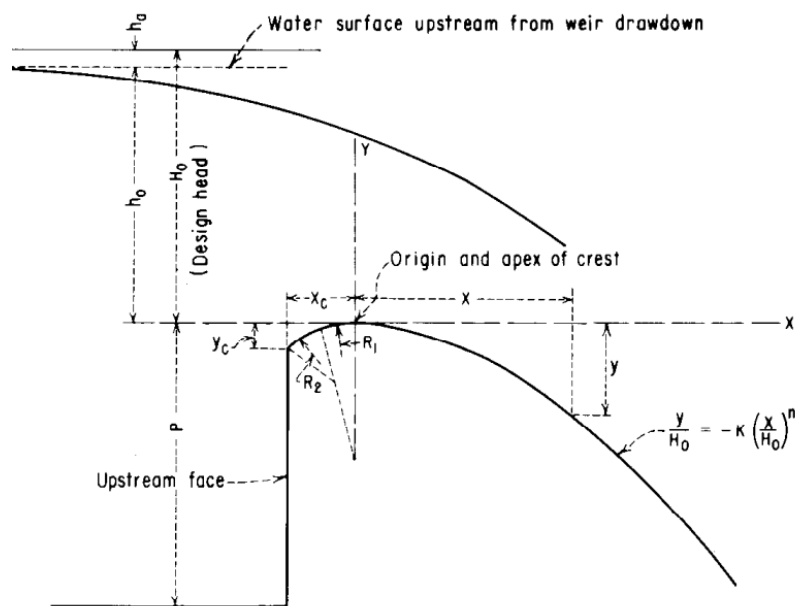


Ilustración 34. Elementos de la cresta del azud

Fuente: (United States Department of the interior, 1987)

Por lo tanto, el centro del radio 1 será el siguiente:

$$C1 (0; 0.52)$$

Mediante la ecuación de la circunferencia podemos obtener la ecuación correspondiente a cada radio y encontrar las coordenadas del azul

$$(x - h)^2 + (y - k)^2 = r^2$$

Se reemplaza en la ecuación de circunferencia en función de y, dando la siguiente ecuación:

$$y = \sqrt{r^2 - (x - h)^2} + k$$

$$y = \sqrt{0.52^2 - (x - 0)^2} + 0.52$$

RADIO 1	
X	Y
-0.1462	-0.021
-0.14	-0.019
-0.12	-0.014
-0.1	-0.009
-0.08	-0.006
-0.06	-0.003
-0.04	-0.001
-0.02	0.000
0	0

Tabla 9. Coordenadas del Radio 1- perfil aguas arriba

Fuente: Elaboración propia

Con los valores obtenidos en los ábacos de Yc, Xc, R1 y R2, podemos encontrar el centro de curvatura del radio 2 que está ubicado en la intersección los arcos ab y ac como se muestra en el siguiente gráfico:

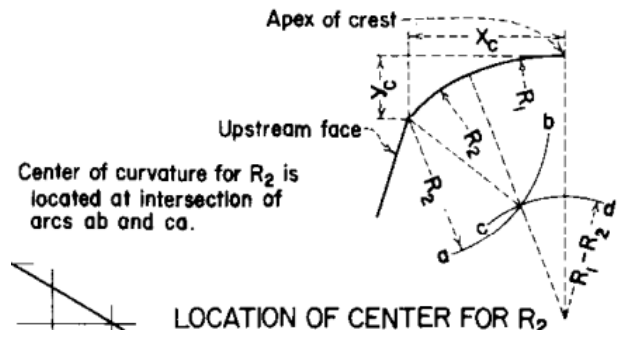


Ilustración 35. Localización del centro del radio 2

Fuente: (United States Department of the interior, 1987)

Remplazando los datos en el grafico se obtienen el siguiente resultado:

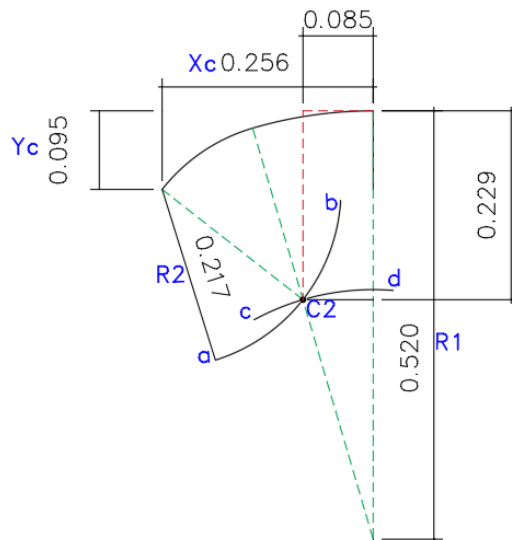


Ilustración 36. Localización del centro del radio 2 del azud

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, el centro del radio 2 y sus coordenadas serán las siguientes:

$C_2 (0.0852; 0.2292)$

RADIO 2	
X	Y
-0.256	-0.095
-0.255	-0.094
-0.25	-0.088
-0.245	-0.083
-0.24	-0.077
-0.235	-0.072

-0.23	-0.068
-0.225	-0.063
-0.22	-0.059
-0.215	-0.056
-0.21	-0.052
-0.205	-0.048
-0.2	-0.045
-0.195	-0.042
-0.19	-0.039
-0.185	-0.037
-0.18	-0.034
-0.175	-0.032
-0.17	-0.030
-0.165	-0.028
-0.16	-0.026
-0.155	-0.024
-0.15	-0.022
-0.1462	-0.021

Tabla 10. Coordenadas de Radio 2- perfil aguas arriba

Fuente: Elaboración propia

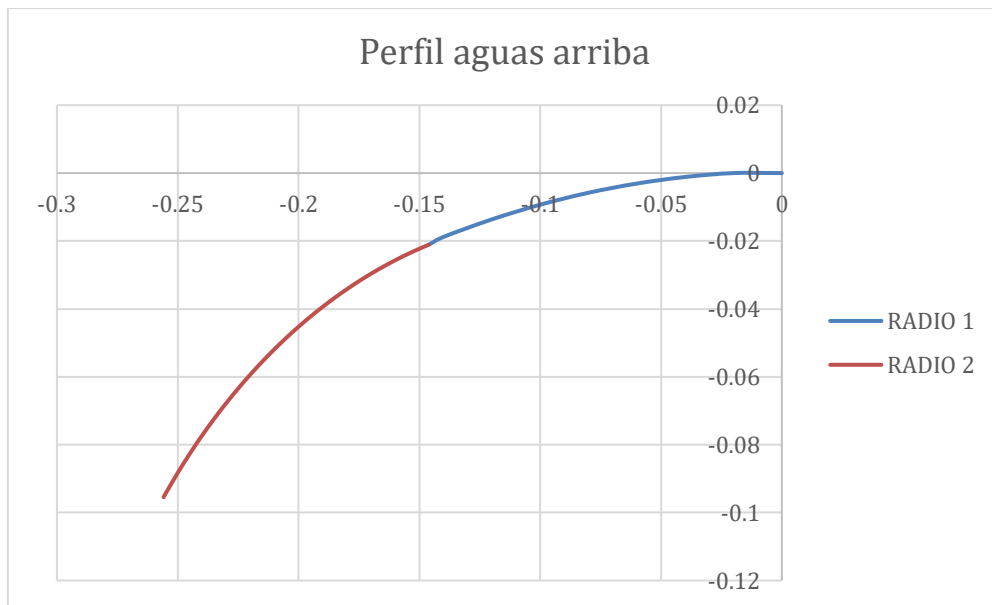


Ilustración 37. Perfil aguas arriba del azud

Fuente: Elaboración propia

Pie del Azud

Es la unión entre el azud y el colchón disipador, se logra disipar la energía al conseguir la formación del resalto hidráulico de esa manera se reduce la velocidad para no causar daño; según Krochin (1986, pág. 57) se calcula el calado en el pie del azud con la siguiente expresión:

$$Y_1 = \frac{q}{k * \sqrt{2g(T_o - Y_1)}}$$

Y_1	Calado en el pie del azud
q	Caudal unitario
k	Coefficiente de perdida
g	Gravedad
T_o	Altura desde el nivel de aguas arriba hasta la solera

Se despeja de la ecuación para poder encontrar el valor del calado (Y_1) e iteramos el valor del calado hasta que sea igual al caudal unitario; de esa manera encontramos el verdadero valor del calado Y_1 ; el coeficiente de perdida (k) para un azud sin compuerta los valores oscilan entre [0.9 – 1], asumiremos un valor de 1, (T_o) es la altura desde el nivel aguas arriba hasta la solera del zampeado.

$$T_o = H_o + P$$

H_o	Carga de
q	Caudal unitario

$$T_o = 1.084 + 1.8 = 2.884 \text{ m}$$

Se rempazan los valores en la ecuación:

$$Y_1 * k * \sqrt{2g(T_o - Y_1)} = q$$

$$Y_1 * \sqrt{2(9.81) * (2.884 - Y_1)} = 3.852$$

Y1	q
0.5	3.420
0.51	3.481
0.52	3.542
0.53	3.602
0.54	3.662
0.55	3.722
0.56	3.782
0.572	3.852
0.58	3.900
0.59	3.958

Tabla 11. Iteración para determinar el calado en el pie del azud

Fuente: Elaboración propia

Según (Khatsuria, 2005) se recomienda que el radio mínimo sea 3 veces la profundidad del calado al inicio del pie del azud, obteniendo el siguiente valor:

$$R = 3 * Y1$$

$$R = 3 * 0.572 = 1.72 \text{ m}$$

Teniendo el radio del pie de azud se puede crear un arco que sea tangencial al perfil del azud y al colcho disipador, de esa manera encontramos el inicio del pie del azud; Se determina la tangente del circulo con la siguiente ecuación:

$$Tc = R * \tan\left(\frac{\beta}{2}\right)$$

Tc	Tangente desde el pie del azud
β	Ángulo de la tangente del azud
R	Radio del pie del azud

Según (Khatsuria, 2005) las pendientes de la tangente de un azud se encuentran en el rango de 0.6:1 a 1:1, Para este caso se tomará una relación de 1:1 dando un ángulo de tangente del azud de 45°.

Remplazando los datos en la ecuación, se obtiene el siguiente resultado:

$$Tc = 1.72 * \tan\left(\frac{45}{2}\right)$$

$$Tc = 0.7125$$

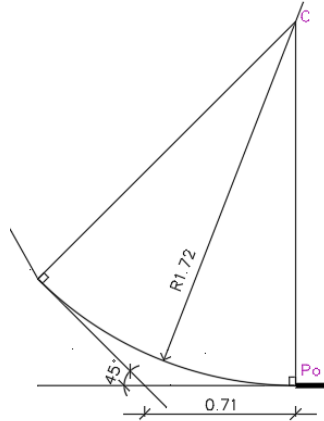


Ilustración 38. Formación del pie del azud con las tangentes del perfil del azud y el colchón disipador

Fuente: Elaboración propia

Tomando como punto de origen la cresta del azud, el punto inicial del pie del azud y su centro son los siguientes:

$$P_0 (2.425; -2.420)$$

$$C (3.641; -1.203)$$

PIE DE AZUD	
X	Y
2.425	-2.420
2.538	-2.518
2.783	-2.689
3.054	-2.816
3.343	-2.893
3.614	-2.919

Tabla 12. Coordenadas del pie del azud

Fuente: Elaboración propia

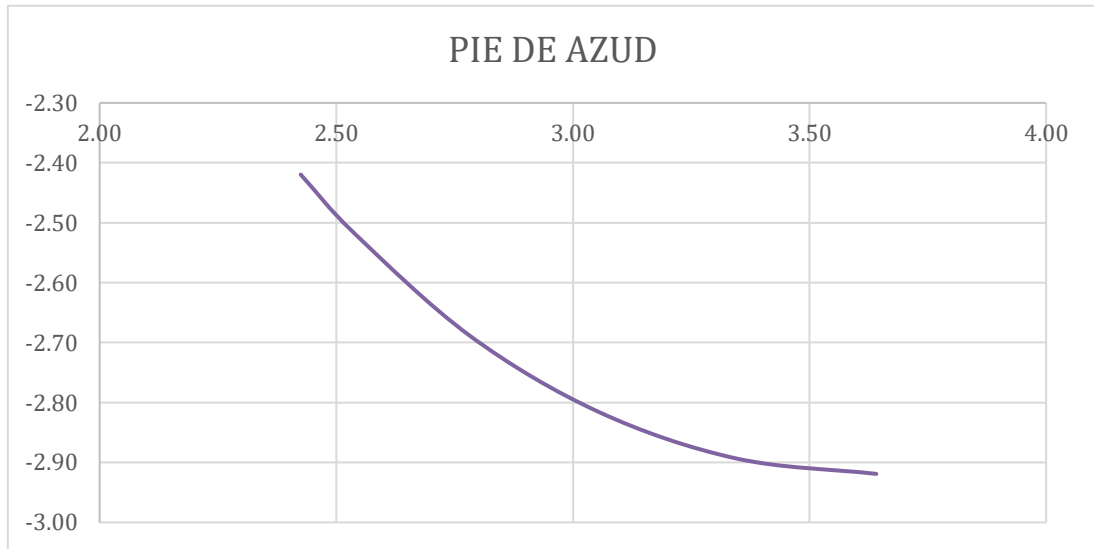


Ilustración 39. Pie de azud

Fuente: Elaboración propia

Perfil completo

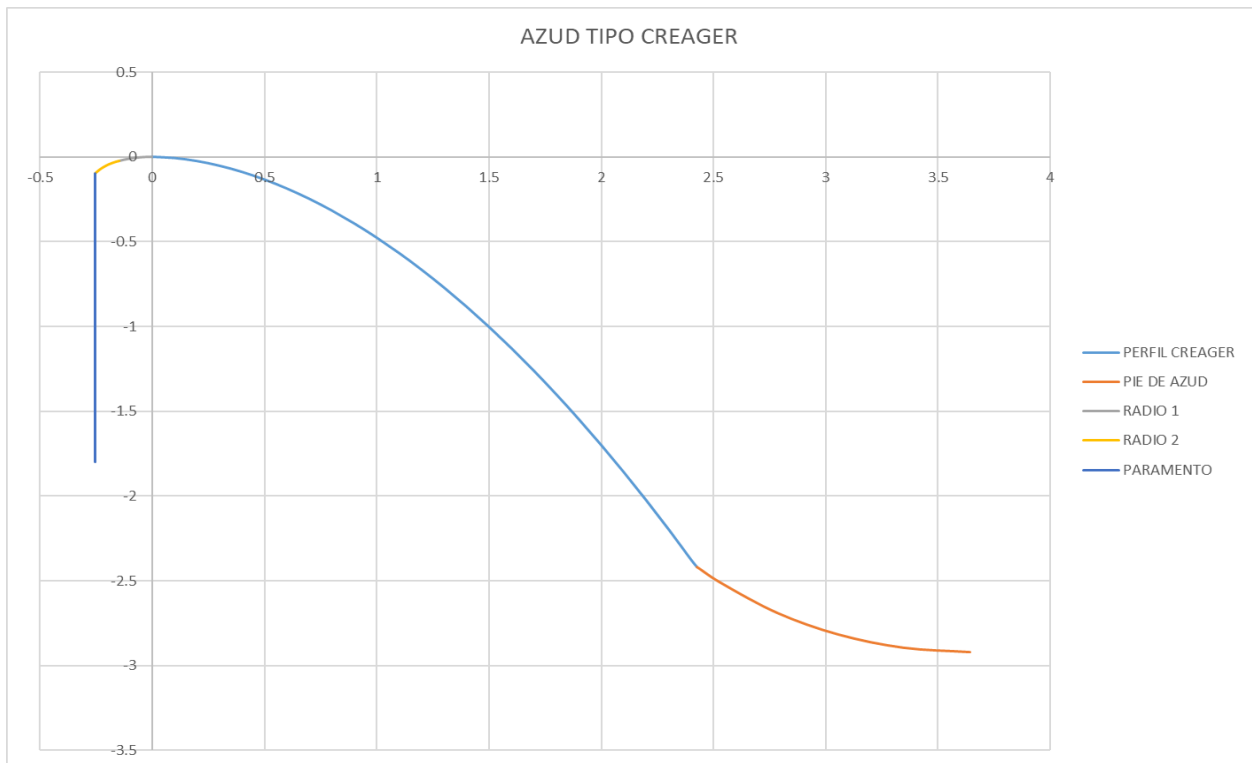


Ilustración 40. Azud tipo Creager

Fuente: Elaboración propia

4.3 Diseño computacional de la malla Coanda aplicando el Software Hydraulic Performance of Coanda-Effect Screens (HPCES).

4.3.1 Estructura de la pantalla

Estructura		
Ancho de la rejilla Coanda	9	m
Curvatura de la pantalla		
Radio de la pantalla	3	m
Angulo interno del arco	6.68	grados
Longitud de arco de la pantalla	0.35	m

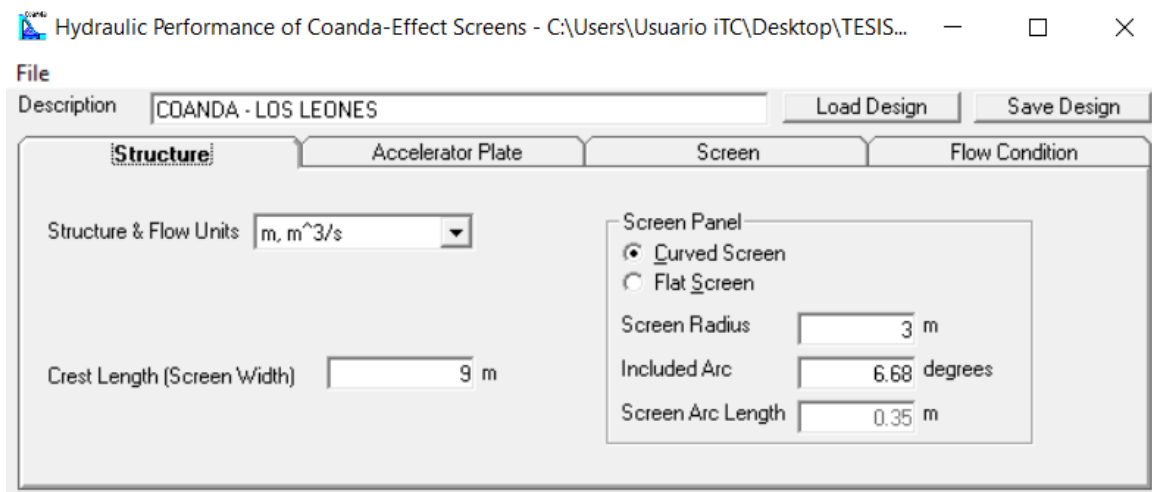


Ilustración 41. Estructura de la pantalla Coanda usando el software HPCES

Fuente: Elaboración propia

4.3.2 Placa de aceleración

Al utilizar un Perfil Creager se utiliza la opción (Generic Crest); donde se debe determinar el coeficiente de descarga del azud; el coeficiente que se obtuvo anteriormente fue el siguiente:

$$C = 3.93$$

Según (Ortiz Flórez, 2022) los proveedores de este tipo de mallado utilizan un ángulo de inclinación de la pantalla que oscila entre (40°-60°), para este caso se asumirá de 55°.

Para determinar la distancia entre la cresta y la pantalla (H_a), se activará la opción Accelerator Drop en el apartado de Solve for.

Se introducen los siguientes datos en el programa:

Caudal de diseño	0.6	m ³ /s
Inclinación de la pantalla (Asumido)	55	grados
Canal de acceso del vertedero P - altura	1.8	m

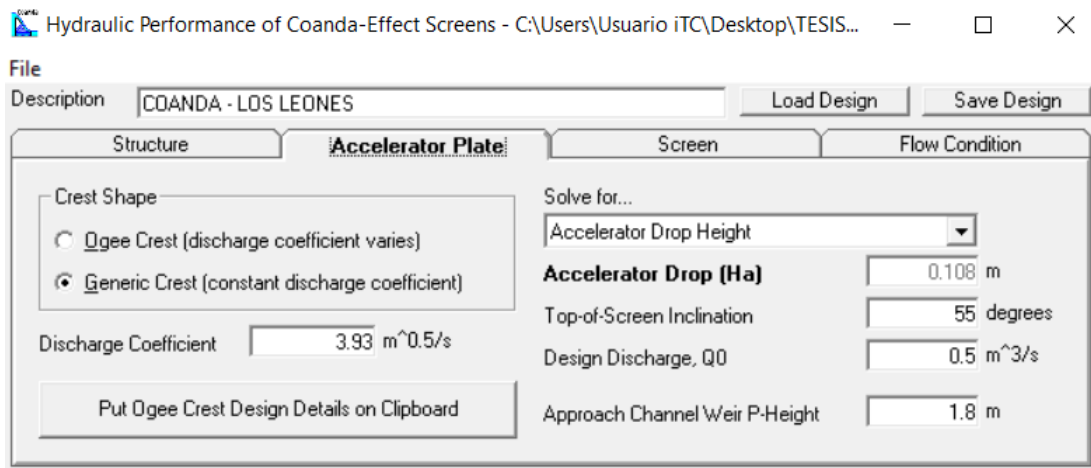


Ilustración 42. Placa aceleradora de la pantalla Coanda usando el software HPCES

Fuente: Elaboración propia

Se determina la distancia de entre la cresta y la pantalla (H_a)

$$H_a = 0.108\text{m}$$

Se adopta el valor de:

$$H_a = 0.11\text{m}$$

4.3.3 Datos del mallado

Separación entre barras (s)	1	mm
Ancho de la barra (w)	3	mm
Inclinación entre barrotes (ϕ)	6	grados

4.3.4 Condición del flujo

Caudal de entrada	0.5	m ³ /s
Altura de carga en pantalla	0.166	m

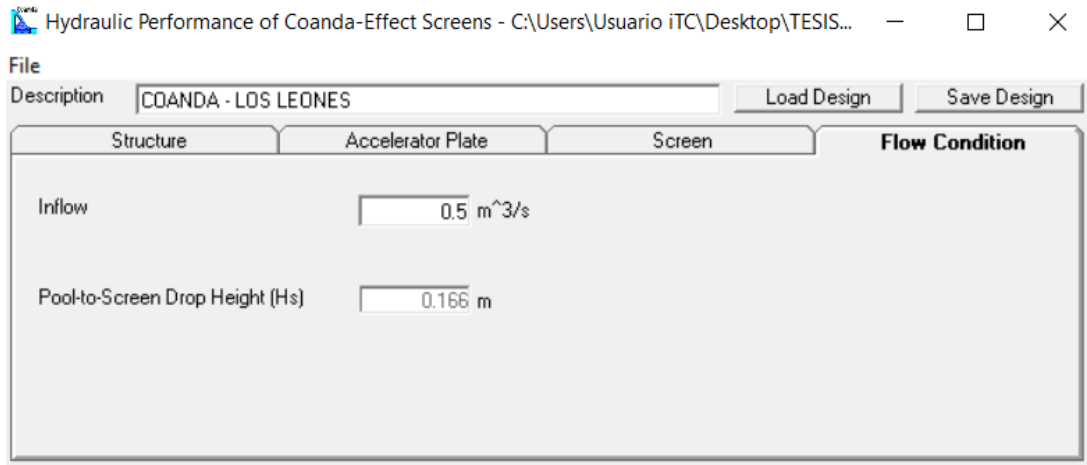


Ilustración 45. Condición de flujo para la pantalla Coanda usando el software HPCES

Fuente: Elaboración propia

Resultados del software HPCES

Results																	
Q Through Screen		0.5		m ³ /s		Q Bypass		0		m ³ /s		Wetted Screen Length		0.3176		m	
Distance	Depth	Velocity	Q Thru	V Thru	V Ratio	Bypass Q	Slot_Re	Froude	Attack								
m	m	m/s	cms	m/s	---	cms	---	---	---								
0	0.0326	1.7032	0	0	0	0.5	1619	3.6719	37.9258								
0.004	0.0319	1.7245	0.0055	0.6106	2.8241	0.4945	1639	3.7516	37.5166								
0.008	0.0311	1.7454	0.011	0.6144	2.8408	0.489	1659	3.8314	37.1216								

Ilustración 46. Resultados de la pantalla Coanda usando el software HPCES

Fuente: Elaboración propia

4.4 Diseño de la malla Coanda.

4.4.1 Galería

Es una estructura subterránea utilizada para recolectar y conducir el agua que es captada por una rejilla, se debe garantizar una cierta velocidad para el arrastre de sedimentos.

Estas fueron las dimensiones obtenidas del diseño de la malla Coanda con las cual podemos calcular la galería:

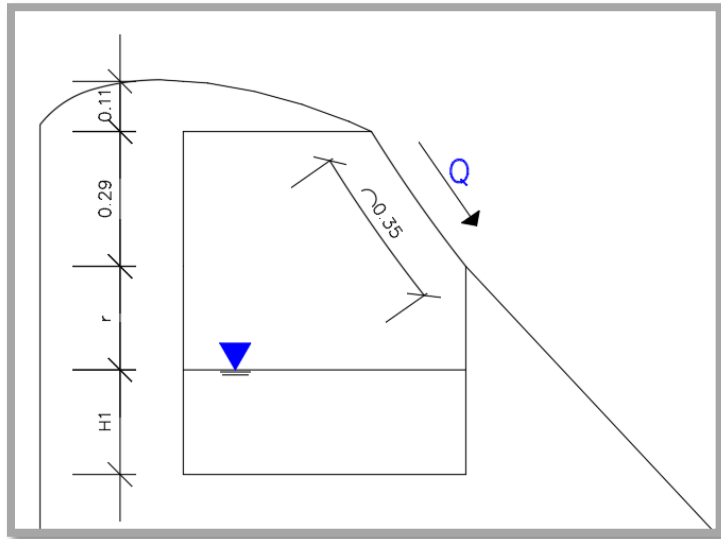


Ilustración 47. Vista de perfil de la Galería conociendo el ancho de la malla

Fuente: Elaboración propia

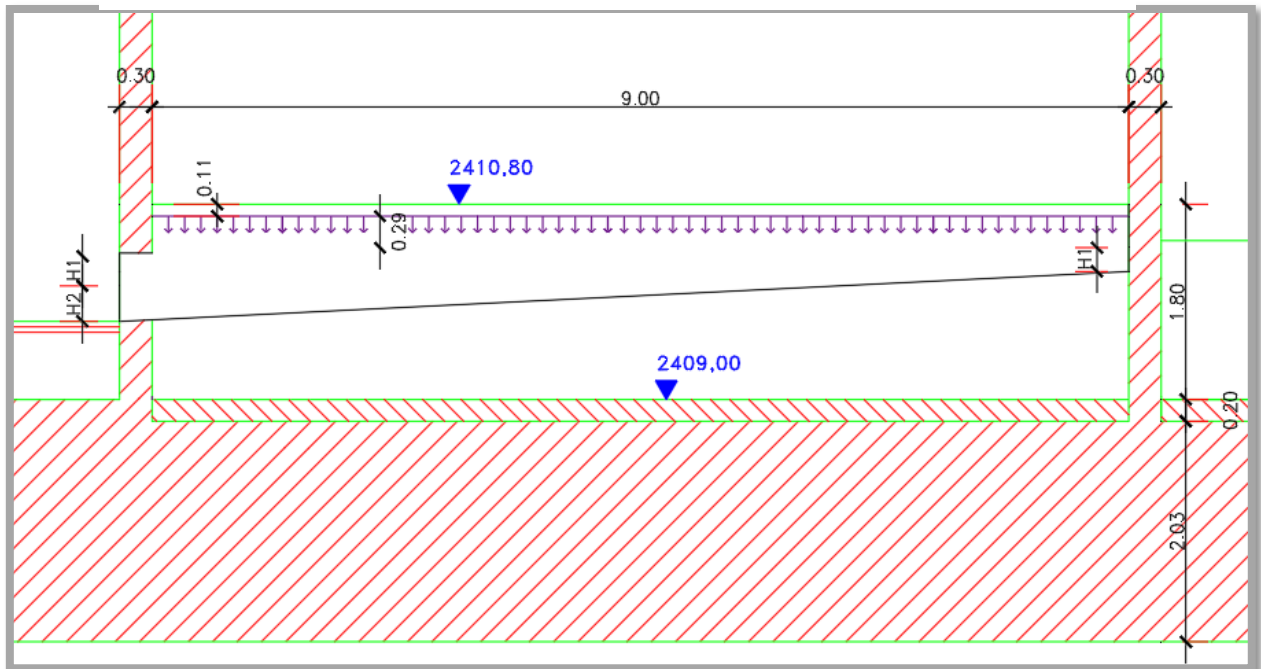


Ilustración 48. Vista de corte de la Galería conociendo el ancho de la malla

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con las figuras mostradas del diseño de la malla Coanda, las distancias y datos que se tendrán en cuenta para el diseño de la galería serán las siguientes:

Caudal de entrada (Q)	0.5	m ³ /s
Longitud de la rejilla (L)	0.35	m
Longitud de la galería (Lg)	9.30	m
Ancho del canal recolector (B)	0.6	m
Espesor o altura de la ranura (c)	3	mm
Altura de seguridad o borde libre	5	cm
Gravedad (g)	9.81	m/s ²

Calculo de la profundidad crítica (Yc)

$$Yc = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g * B^2}}$$

$$Yc = \sqrt[3]{\frac{0.5^2}{9.81 * 0.60^2}}$$

$$Yc = 0.414 \text{ m}$$

Calculo de velocidad crítica (Vc)

$$Vc = \sqrt{g * Yc}$$

$$Vc = \sqrt{9.81 * 0.414}$$

$$Vc = 2.014 \text{ m/s}$$

Se determina la altura al final del canal recolector (H2) tomando un factor de seguridad del 10% de la profundidad crítica.

$$H2 = 1.1 * Yc$$

$$H2 = 45.5 \text{ cm}$$

Determinar la altura del agua al inicio del canal recolector (H1)

$$H1 = \sqrt{\frac{2 * Yc^3}{H2} + \left(H2 - \frac{L * S}{3}\right)^2} - \frac{2 * L * S}{3}$$

Se asume una pendiente del canal de aproximación de 2% al 8% con el fin de tener autolimpieza de sedimentos

Pendiente (s)	7%
----------------------	-----------

$$H1 = \sqrt{\frac{2 * 0.414^3}{45.5} + \left(45.5 - \frac{9.30 * 0.07}{3}\right)^2 - \frac{2 * 9.30 * 0.07}{3}}$$

$$H1 = 17.25 \text{ cm}$$

Se calcula la velocidad al final del canal recolector para asegurar sus condiciones de flujo, por lo que se calcula la velocidad mediante la ecuación de continuidad

$$A = B * H2$$

$$A = 0.60 * 0.455$$

$$A = 0.273 \text{ m}^2$$

$$V2 = \frac{Q}{A}$$

$$V2 = \frac{0.5}{0.273}$$

$$V2 = 1.831 \text{ m/s}$$

El flujo debe ser sub-crítico para que no se produzca un resalto hidráulico, ya que si se llega a formar el resalto provocaría una súbita transición generando una discontinuidad en el flujo, además de crear turbulencia, ondas y remolinos; por lo tanto, al final de la galería se debe cumplir con la siguiente condición:

$$V2 < Vc$$

$$Vc = 2.014 \text{ m/s}$$

$$V2 < Vc \rightarrow 1.831 \text{ m/s} < 2.014 \text{ m/s}$$

Por lo tanto, se mantiene el flujo sub crítico

Como las condiciones de flujo se cumplieron, se pueden tomar las medidas propuestas de la galería; la geometría de la malla Coanda sería de la siguiente forma:

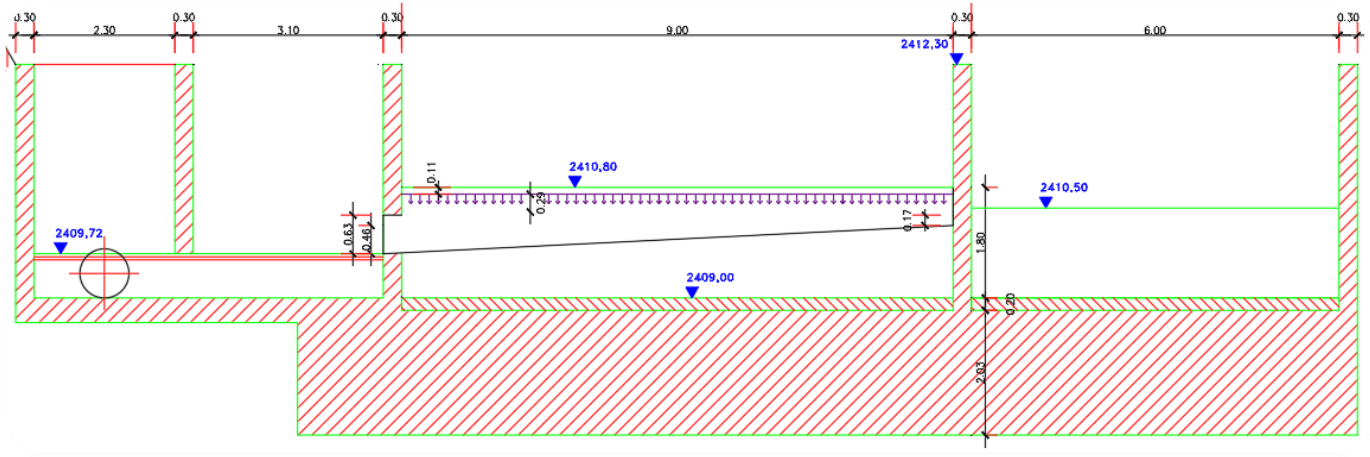


Ilustración 49. Vista de corte de la galería de la malla Coanda

Fuente: Elaboración propia

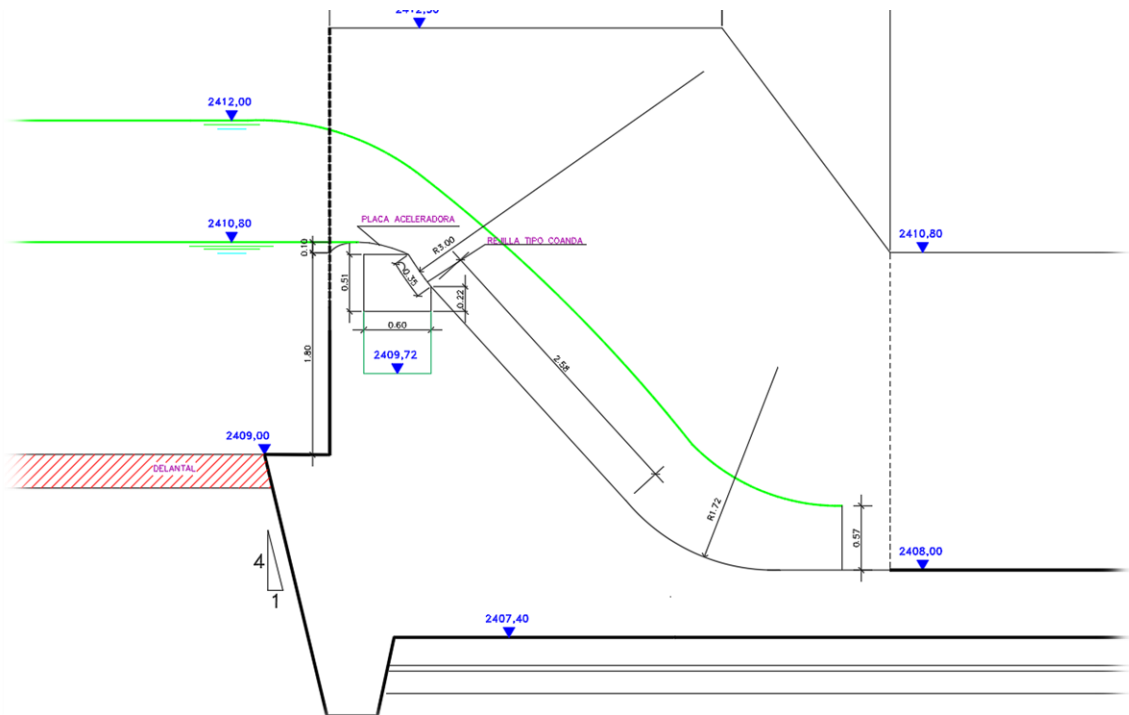


Ilustración 50. Vista de perfil de la galería de la malla Coanda

Fuente: Elaboración propia

5 PRESUPUESTO, PROGRAMACIÓN Y ESPECIFICACIONES

5.1 Presupuesto.

5.1.1 Análisis de precios unitarios

El precio unitario de cada rubro se define por la suma de los costos unitarios directos de mano de obra, equipo, materiales y transporte, así como los costos indirectos; El análisis de precios unitarios se adjuntará en los anexos.

5.1.2 Presupuesto General

OFERENTE: LUIS ANDRÉS ROJAS ACARO

PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE EL DESARENADOR DE LAVADO CONTINUO Y LA MALLA COANDA, PARA LA APLICACIÓN EN UN RÍO DE MONTAÑA. CAPTACIÓN LOS LEONES, PARROQUIA JIMBILLA, CANTÓN LOJA

TABLA DE DESCRIPCIÓN DE RUBROS, UNIDADES, CANTIDADES Y PRECIOS

<u>No.</u>	<u>Rubro / Descripción</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Precio unitario</u>	<u>Precio global</u>
1	Excavación a mano	m3	20.00	14.17	283.40
2	Excavación a máquina	m3	50.00	5.32	266.00
3	Desalojo de material de excavación	m3	105.93	5.61	594.27
4	Ataguías en desvío de quebrada	m3	15.00	45.64	684.60
5	Derrocamiento de hormigón	m3	96.93	67.23	6,516.60
6	Rejilla Coanda	m	3.15	6,715.94	21,155.21
7	Acero de refuerzo f'c=4200 Kg/cm ²	Kg	1,248.00	2.45	3,057.60
8	Encofrado de azud	m ²	145.89	20.32	2,964.48
9	Hormigón simple f'c= 240 kg/cm ²	m ³	86.59	247.94	21,469.12
10	Retiro de compuertas existentes	u	2.00	60.75	121.50
				TOTAL:	57,112.78

SON : CINCUENTA Y SIETE MIL CIENTO DOCE DOLARES, 78/100 CENTAVOS

Ilustración 51. Presupuesto general de la captación de los leones incorporando una malla Coanda

Fuente: Elaboración propia

5.2 Especificaciones técnicas

5.2.1 Descripción del rubro

Las rejillas tipo Coanda tiene como función filtrar el caudal captado, impidiendo el ingreso de partículas tan pequeñas como 1mm de diámetro; Se las cataloga como mallas auto limpiantes, ya que prácticamente no requieren mantenimiento y son ideales para sitios remotos donde la rutina de mantenimiento puede ser complicada.

5.2.2 Especificaciones

5.2.2.1 Almacenamiento

La rejilla tipo Coanda y sujetadores son fabricadas totalmente de acero inoxidable, no es necesario tener una mayor preocupación en su almacenamiento; se recomienda mantener en su embalaje original hasta ser montadas para evitar daños.

5.2.2.2 Elevación y manipulación

La manipulación, izaje y manejo deben regirse de acuerdo a la ley de salud y seguridad local, se debe levantar la malla Coanda con el equipo y maquinaria adecuada como grúas de elevación; para quitar, levantar y colocar la malla se recomienda el instalar 4 pernos en los agujeros cáncamos en las cartelas y tener cuidado de no dañar la superficie de la pantalla

5.2.2.3 Nivelación

Una vez que los marcos de las rejillas Coanda estén unidos entre sí, se debe nivelar los módulos mediante el ajuste de pernos de nivelación que se encuentran en las placas de pie y de pared superior; primero se ajustan los tornillos inferiores hasta lograr el nivel y se aprieta las tuercas para evitar que se mueva, después se debe nivelar la parte superior y no se deben apretar los pernos de anclaje hasta que el ultimo hormigo o montero hayan sido vertidos.

5.2.2.4 Instalación de separadores sello lateral

Cuando todas las mallas Coanda se han instalado, se debe establecer el separador lateral de sellado en la parte superior de la malla y se perforan agujeros laterales en el concreto para instalar los anclajes y apretar las tuercas hexagonales.

5.2.2.5 Instalación de sello de neoprenos en la conexión

Se debe instalar el sello de neoprenos entre las conexiones de la pantalla, luego de 4 meses es necesario inspeccionar y reemplazar si el sello se ha perdido o se ha dañado.

5.2.2.6 Limpieza

En el caso de que se encuentren escombros atrapados en la rejilla Coanda, se debe realizar su limpieza por medio de la utilización de cepillo de cerdas firmes para barrer la cara de la Coanda de lado o a lado o se puede utilizar un limpiador pulverizador de alta presión para lavar los residuos; es muy importante este mantenimiento ocasional, porque el taponamiento puede provocar un flujo irregular de agua y generar salpicaduras por acumulación de restos.

5.2.3 Herramientas y equipos necesarios

Separador de sello lateral derecho
Separador de sello lateral izquierdo
Rejilla de captación Coanda, (de acuerdo a la contratada)
Tornillos de unión: ½ «x 1-1/2» de largo de acero inoxidable
tornillos de cabeza hexagonal, arandelas planas y tuercas hexagonales
Tornillos de nivelación: ½ «de diámetro x 4»
Pernos de anclaje tuercas hexagonales: ½ «de diámetro, de acero inoxidable
Arandelas de anclaje planos: ½ «de diámetro arandelas planas
Hilti o Ultra Bond de doble cartucho epoxico para instalación
Hilti o Ultra Bond de doble cartucho de epoxico mezclado por boquilla
Conexión Junta de 1-1/4 «x 2» esponja de goma x 6 'de largo

Tabla 13. Herramientas y equipos utilizados para montar la malla Coanda

Fuente: (CBS INGENIERIA S.A., 2010)

5.2.3.1 Herramientas menores

Martillo, Broca con mango de diámetro de 16 mm
Taladro percutor
Eslingas o cables de izar y grilletes
¾ «Llave inglesa o llaves ajustables
Teodolito de nivel para Coanda o nivel láser
Aire comprimido para limpiar los agujeros perforados de hormigón, antes de la instalación del epóxido
Martillos, barras de palanca, abrazaderas

Tabla 14. Herramienta menores utilizadas para el montaje de una malla Coanda

Fuente: (CBS INGENIERIA S.A., 2010)

5.2.4 Forma de pago

La malla Coanda se medirá en m² instalados en obra y por medio de un fiscalizador será el encargado de aprobar y pagar el correspondiente rubro.

5.3 Programación de obra.

La programación de obra se adjunta en Anexos

6 ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LA MALLA COANDA Y EL DESARENADOR DE LAVADO CONTINUO

6.1 Análisis de resultados.

El funcionamiento del desarenador actual es eficaz al sedimentar partículas, ya que como se observó en los resultados de los sólidos totales antes y después del desarenador, se ha removido un 0.008% de sedimentos con respecto agua del cauce de la captación, cabe resaltar que estos resultados son en una época de poca lluvia y poco arrastre de sedimentos; Sin embargo, teniendo en cuenta que el desarenador aproximadamente sedimenta partículas de hasta 0.5 mm y la malla Coanda diseñada no da paso a partículas mayores a 1 mm, por lo que se puede estimar que los valores que se removería al llegar a la tubería de distribución serian ligeramente favorables al desarenador, pero al tener en cuenta que debido al taponamiento en la rejilla lateral de la captación de Los Leones provoca que no funcione correctamente el desarenador genera una inversión de mantenimiento constante; la malla Coanda tiene la ventaja de ser auto limpiante por lo que los procesos de mantenimiento son menores y eso supone un menor costo de inversión a largo plazo.

6.2 Comparación de los métodos.

Se compara la malla Coanda con un desarenador de lavado continuo porque ambos son métodos para sedimentar partículas en una captación; aunque ambos métodos tienen la

función de sedimentar partículas no son elementos complementarios, ya que al tener una malla Coanda esta sería la encargada de filtrar las partículas por sus ranuras pequeñas y por medio del efecto Coanda se captaría el agua de una manera simultánea.

Una captación tipo Coanda tiene la capacidad de filtrar partículas mayores de 0.5 a 2 mm, por lo que no necesita de una estructura adicional de una toma convencional como la de un desarenador; debido a que el efecto Coanda le permite filtrar eficazmente partículas de hasta 0.5 mm y devolver al río todas las partículas mayores simultáneamente; el hecho de que no necesite una estructura así, implica que tendrá un menor costo de inversión hacia cualquier tipo proyecto.

La malla Coanda tiene la propiedad de auto limpieza lo que optimiza la cantidad de ingreso de agua, ya que obtendrá una mayor cantidad de agua continuamente a la de una toma convencional.

EL mantenimiento de un desarenador de lavado continuo es semanalmente o dependiendo del estado de los sedimentos atrapados en su fondo, por lo cual un operador debe estar monitoreando constantemente el desarenador; La malla Coanda tiene un bajo mantenimiento ya que es auto limpiante y el agua se encarga de empujar las partículas que se queden atascadas en algún filamento, además al no poseer partes móviles como compuertas, desagües entre más elementos que tendría una toma convencional, los costos de mantenimiento serían más bajos.

Un desarenador tiene un primer filtro como los es una rejilla, esta puede ser de fondo o lateral dependiendo del diseño de la captación; pero generalmente los anchos de estas rejillas son grandes en comparación a las de una malla Coanda, al ser dimensiones muy pequeñas

las de la malla Coanda evita el ingreso de la vida acuática por lo que cualquier tipo de pez, anfibios, alevines y entre más puede continuar normalmente en el curso del río sin ser afectados como lo sería al ingresar a un desarenador.

La malla Coanda se diseña para aprovechar el efecto Coanda, lo que supone que el fluido se tienda a adherir a la superficie curva de la malla; esto puede interpretarse a que se genera una distribución uniforme del flujo a lo largo de la malla pero hay factores como la velocidad, viscosidad y geometría de la malla que influyen en la uniformidad del flujo; por ello se usó el software HPCES (Hydraulic performance of Coanda-Effect screen) para crear una simulación óptima donde se logre minimizar estas variaciones de velocidad y distribución de agua para captar el caudal requerido de manera controlada, el diseño logra captar un caudal de 0.5 m³/s para la captación de Los Leones al igual que la toma de rejilla lateral existente.

La malla Coanda es similar a una captación caucasiana, debido a que ambas tienen una rejilla de fondo para captar el agua y filtrar elementos de arrastre; sin embargo, su gran diferencia se basa en la rejilla; la malla Coanda tiene la función de captar y sedimentar partículas muy pequeñas simultáneamente; una toma caucasiana tiene una rejilla con ranuras grandes, donde incluso se pueden taponar la rejilla por el arrastre de sedimentos del río, no tiene la función sedimentar partículas pequeñas por lo que necesita la ayuda de un filtro adicional como lo es un desarenador.

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones.

La incorporación de una malla Coanda a la captación de Los Leones es beneficioso a largo plazo; el municipio de Loja actualmente mediante UMAPAL hace un mantenimiento constante de la captación de Los Leones debido a su taponamiento en la rejilla lateral y los procesos de limpieza normales que tiene el desarenador de lavado continuo; esto genera costos de transporte ya que la mayoría de operarios son de la ciudad Loja y tienen que viajar un aproximado de 80 km entre ida y vuelta. La malla Coanda al ser auto limpiante no necesita de un mantenimiento constante lo que provocaría que los trabajadores no tengan que ir casi todos los días a la captación sino una vez por mes, ahorrando gastos de transporte mensualmente y optimizando a los trabajos para incorporarlos a otras áreas de más prioridad.

Se necesita rediseñar el azud actual para poder incorporar la malla Coanda, debido a que la tubería de conducción hacia el desarenador no se llenara por completo, lo que provocaría que la carga de agua sea menor y no es recomendable.

Mediante el programa COANDA HPCES aseguramos que la malla Coanda con dimensiones de 0.35 m x 9.0 m y aberturas de 1 mm puede captar un caudal mínimo de 500 l/s; lo que virtualmente elimina la necesidad de utilizar un desarenador, sin embargo, como existe actualmente un desarenador en la captación de Los Leones, éste pasaría a ser un segundo filtro adicional.

De acuerdo al análisis de precios unitarios obtenidos de los volúmenes de obra e implementación de la malla Coanda, se dio como resultado el presupuesto con un valor neto de \$ 57,112.78.

7.2 Recomendaciones.

El mantenimiento de la Coanda debe ser cada mes y se recomienda el uso de un cepillo de cerdas firmes o un pulverizador de alta presión para limpiar posibles escombros o hojas atrapadas en la malla Coanda; si se dejan acumular escombros en las ranuras de la malla, el flujo de agua a captar será irregular.

Se recomienda realizar la obra de rediseño de la captación de Los Leones en épocas de estiaje y colocar las ataguías en desvío hacia el otro azud existente, también se debe prever de una conducción por tubería del cauce natural hacia la rejilla lateral para que no existan cortes de agua en la ciudad.

8 BIBLIOGRAFÍA

Aguila, F. C. (2020). El Desarenador. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.

CBS INGENIERIA S.A. (2010). Coanda. Retrieved Marzo 2, 2022 from Coanda para la Construcción de Hidroeléctricas en Ecuador: <http://www.centralhidroelectrica.com/coanda.html>

CBS INGENIERIA S.A. (2010). Coanda. Coanda para la Construcción de Hidroeléctricas en Ecuador. From <http://www.centralhidroelectrica.com/coanda.html>

Corcho Romero. (2005). Acueductos: teoría y diseño. Universidad de Medellín. From <https://books.google.hn/books?id=194g9lx5vpcC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>

Corcho Romero, F. H. (2005). Acueductos: teoría y diseño. Universidad de Medellín. From <https://books.google.hn/books?id=194g9lx5vpcC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>

Cornelius, E. J. (2011, Mayo 17). FILTRACION PRIMARIA DE AGUA BASADA EN EL EFECTO COANDA REJAS AUTOLIMPIANTES EN OBRAS DE TOMA. Santiago, Chile. Retrieved Febrero 28, 2022 from <http://www.coandascreen.cl/Doc%20HydroSieve%202011%20rev1.pdf>

Cornelius, E. J. (2011). FILTRACION PRIMARIA DE AGUA BASADA EN EL EFECTO COANDA REJAS AUTOLIMPIANTES EN OBRAS DE TOMA. From <http://www.coandascreen.cl/Doc%20HydroSieve%202011%20rev1.pdf>

- Cornelius, E. J. (2011). FILTRACION PRIMARIA DE AGUA BASADA EN EL EFECTO COANDA REJAS AUTOLIMPIANTES EN OBRAS DE TOMA. From <http://www.coandascreen.cl/Doc%20HydroSieve%202011%20rev1.pdf>
- Diaz, J. (2019, Junio 24). Umapal repara daños presentados en captación de agua durante el fin de semana. Retrieved Marzo 14, 2022 from Municipio de Loja: <https://www.loja.gob.ec/noticia/2019-06/umapal-repara-danos-presentados-en-captacion-de-agua-durante-el-fin-de-semana>
- Diaz, Y. (2019, Febrero 25). Municipio de Loja. From <https://www.loja.gob.ec/noticia/2019-02/infraestructuras-de-agua-potable-en-buen-estado>
- Diaz, Y. (2021, Abril 29). Problemática del sistema de agua de la ciudad se analizó en un foro. Retrieved Marzo 121, 2022 from Municipio de Loja: <https://www.loja.gob.ec/noticia/2021-04/problematika-del-sistema-de-agua-de-la-ciudad-se-analizo-en-un-foro>
- Espinoza, J. (2017). EL EFECTO COANDA. Revista de Marina. From <https://revistamarina.cl/revistas/2017/2/jespinozall.pdf>
- Espinoza, J. (2017). EL EFECTO COANDA. Retrieved Febrero 28, 2022 from Revista de Marina: <https://revistamarina.cl/revistas/2017/2/jespinozall.pdf>
- Food and Agriculture Organization of the United Nation. (2016, Noviembre 24). From https://www.fao.org/fishery/static/FAO_Training/FAO_Training/General/x6708s/x6708s07.htm
- Krochin, S. (1986). Diseño Hidraulico. Quito: Escuela Politecnica Nacional.

Mamani Marcia, Masias Rocio. (2017). EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL DE LA AV. LA CULTURA EN EL TRAMO: GARCILASO – RIO CACHIMAYO, CUSCO. From

https://node2.123dok.com/dt02pdf/123dok_es/000/693/693878.pdf.pdf?

X-Amz-Content-Sha256=UNSIGNED-PAYLOAD&X-Amz-

Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-

Credential=aa5vJ7sqx6H8Hq4u%2F20220908%2F%2Fs3%2Faws4_req

uest&X-Amz-Date=20220908T233515Z&X-Amz-SignedHeaders=ho

Mijares, F. A. (1989). Fundamentos de hidrologia de superficie. Ciudad de Mexico: LIMUSA S.A.

Mundo Molina, M. D. (2016). .Vive la ciencia, experimentos científicos Volumen II. espacioimasd@unach.mx. Consultado Febrero 28,. From https://espacioimasd.unach.mx/libro/num12//vive-la-ciencia_2016_ebook.pdf

Mundo Molina, M. D. (2016). Vive la ciencia, experimentos científicos Volumen II. Retrieved Febrero 28, 2022 from espacioimasd@unach.mx: https://espacioimasd.unach.mx/libro/num12//vive-la-ciencia_2016_ebook.pdf

Municipio de Loja. (2014, Noviembre). PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL. Loja, Ecuador. Retrieved Marzo 18, 2022 from <http://app.sni.gob.ec/sni->

link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/11600002
40001_1%20Diagnostico_13-03-2015_09-34-51.pdf

Municipio de Loja. (2014). PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL [Fase I: DIAGNOSTICO]. From <https://www.loja.gob.ec/files/image/LOTAIP/podt2014.pdf>

Ortiz Flórez. (2011). Pequeñas centrales hidroeléctricas (Primera edición ed.). Ediciones de la U. From <https://elibro.puce.elogim.com/es/ereader/puce/70972?page=208>

Ortiz Flórez. (2022). Pequeñas centrales hidroeléctricas (Segunda edición). Bogotá: Colombia.

Ortiz Vera, O. (2004). Evaluación hidrológica. Revista Hidrored.

Ortiz, F. (2011). Pequeñas centrales hidroeléctricas (Primera edición ed.). Ediciones de la U. From <https://elibro.puce.elogim.com/es/ereader/puce/70972?page=208>

Piñeiro, D. J. (2009, Octubre 16). Henry Marie Coanda y el "efecto Coanda". Retrieved Marzo 2, 2022 from SciELO México: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-99402010000100012&script=sci_arttext

PROAGRO. (2010, Febrero). Tomas Tirolasas: Criterios de Diseño y Construcción de Obras de Captación de riego. From <https://www.bivica.org/files/captacion-riego.pdf>

Rocha Felices. (2003). LA BOCATOMA, ESTRUCTURA CLAVE EN UN PROYECTO DE APROVECHAMIENTO HIDRÁULICO. From http://www.imefen.uni.edu.pe/Temas_interes/ROCHA/La_bocatoma.PDF

Rocha Felices, A. (2003, Agosto). LA BOCATOMA, ESTRUCTURA CLAVE EN UN PROYECTO DE APROVECHAMIENTO HIDRÁULICO. Retrieved Marzo 15, 2022 from imefen: http://www.imefen.uni.edu.pe/Temas_interes/ROCHA/La_bocatoma.PDF

Sanz Osorio, J. F. (2016). Energía hidroeléctrica: Serie Energías renovables. Prensas de la Universidad de Zaragoza. From <https://elibro.net/es/ereader/puce/44824?page=100>

Sanz Osorio, J. F. (2016). Energía hidroeléctrica: Serie Energías renovables. Prensas de la Universidad de Zaragoza. From <https://elibro.net/es/ereader/puce/44824?page=100>

SIGTIERRAS. (2015, Diciembre). Mapa Geopedológico hoja LAS JUNTAS NVI-F2. Proyecto: Levantamiento de Cartografía Temática a escala 1:25.000 Lote 2. Ecuador.

UMAPAL & Diaz. (2019). Umapal repara daños presentados en captación de agua durante el fin de semana. Municipio de Loja. From <https://www.loja.gob.ec/noticia/2019-06/umapal-repara-danos-presentados-en-captaci>

UMAPAL & Diaz. (2021). Problemática del sistema de agua de la ciudad se analizó en un foro. From <https://www.loja.gob.ec/noticia/2021-04/problematICA-del-sistema-de-agua-de-la-ciudad-se-analizo-en-un-foro>

UMAPAL. (2000, Octubre 12). Plan maestro de agua potable. Loja, Ecuador.

United States Department of the interior. (1987). Design of small dams. A Water Resources Technical Publication.

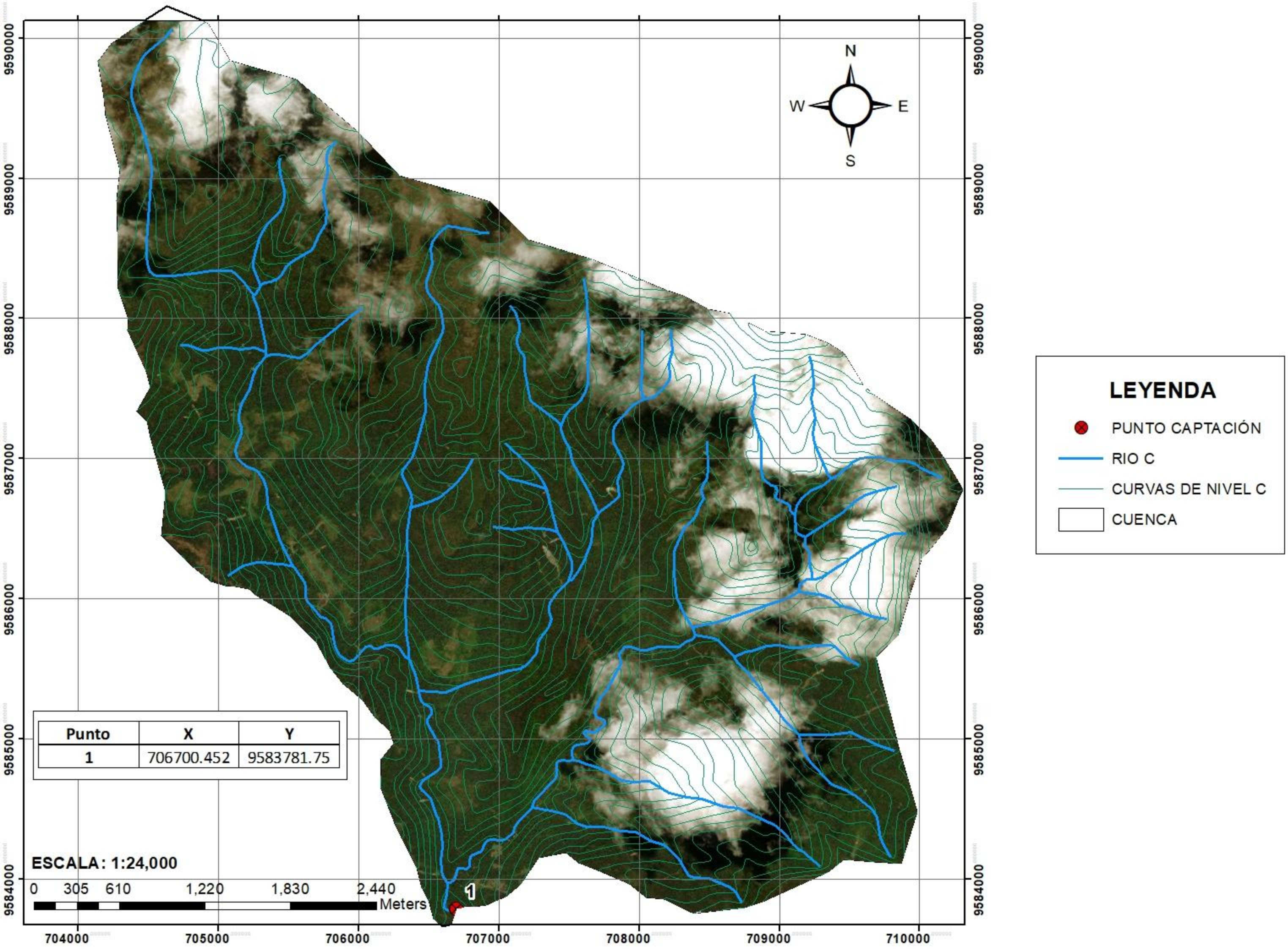
Villegas, F. L. (2011, Julio 25). ANÁLISIS Y REVISIÓN DEL FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO DE LAS. From https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/8512/FernandoLeon_CastanoVillegas_2011.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Wahl, T. L. (2003). Julio). DESIGN GUIDANCE FOR COANDA-EFFECT SCREENS. From <https://www.reseau-cicle.org/wp-content/uploads/riaed/pdf/R-2003-03.pdf>

Wahl, T. L., & Coanda, H. (2003, Julio). Retrieved Marzo 2, 2022 from DESIGN GUIDANCE FOR COANDA-EFFECT SCREENS: <https://www.reseau-cicle.org/wp-content/uploads/riaed/pdf/R-2003-03.pdf>

9 ANEXOS

ANEXO 1: MAPA DE UBICACIÓN DE LA CAPTACIÓN DE LOS LEONES



**ANEXO 2: ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS, PRESUPUESTO Y
PROGRAMACIÓN DE OBRA**

NOMBRE DEL OFERENTE: LUIS ANDRES ROJAS ACARO

PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE EL DESARENADOR DE LAVADO CONTINUO Y LA MALLA COANDA, PARA LA APLICACIÓN EN UN RÍO DE MONTAÑA.-CAPTACIÓN LOS LEONES, PARROQUIA JIMBILLA, CANTÓN LOJA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

HOJA 1 DE 10

RUBRO : 1

UNIDAD: m3

DETALLE : Excavación a mano

<i>EQUIPO DESCRIPCION</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>TARIFA B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.54
SUBTOTAL M					0.54
<i>MANO DE OBRA DESCRIPCION</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>JORNAL/HR B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>
Peon EO E2	1.00	4.05	4.05	2.667	10.80
SUBTOTAL N					10.80
<i>MATERIALES DESCRIPCION</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>PRECIO UNIT. B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>	
SUBTOTAL O					0.00
<i>TRANSPORTE DESCRIPCION</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>TARIFA B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>	
SUBTOTAL P					0.00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	11.34
INDIRECTOS (%)	10.00% 1.13
UTILIDAD (%)	15.00% 1.70
COSTO TOTAL DEL RUBRO	14.17
VALOR OFERTADO	14.17

SON: CATORCE DOLARES, 17/100 CENTAVOS

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

FECHA: 13 DE AGOSTO DE 2023

LUIS ANDRÉS ROJAS ACARO

FIRMA DEL OFERENTE

NOMBRE DEL OFERENTE: LUIS ANDRES ROJAS ACARO

PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE EL DESARENADOR DE LAVADO CONTINUO Y LA MALLA COANDA, PARA LA APLICACIÓN EN UN RÍO DE MONTAÑA.-CAPTACIÓN LOS LEONES, PARROQUIA JIMBILLA, CANTÓN LOJA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

HOJA 2 DE 10

RUBRO : 2

UNIDAD: m3

DETALLE : Excavación a máquina

<i>EQUIPO DESCRIPCION</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>TARIFA B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.04
Retroexcavadora	1.00	25.00	25.00	0.133	3.33
SUBTOTAL M					3.37
<i>MANO DE OBRA DESCRIPCION</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>JORNAL/HR B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>
Peon EO E2	0.50	4.05	2.03	0.133	0.27
Operador equipo pesado Grupo 1 OP C1	1.00	4.55	4.55	0.133	0.61
SUBTOTAL N					0.88
<i>MATERIALES DESCRIPCION</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>PRECIO UNIT. B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>	
SUBTOTAL O					0.00
<i>TRANSPORTE DESCRIPCION</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>TARIFA B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>	
SUBTOTAL P					0.00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	4.25
INDIRECTOS (%)	10.00%
UTILIDAD (%)	15.00%
COSTO TOTAL DEL RUBRO	5.32
VALOR OFERTADO	5.32

SON: CINCO DOLARES, 32/100 CENTAVOS

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

FECHA: 13 DE AGOSTO DE 2023

LUIS ANDRÉS ROJAS ACARO

FIRMA DEL OFERENTE

NOMBRE DEL OFERENTE: LUIS ANDRES ROJAS ACARO

PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE EL DESARENADOR DE LAVADO CONTINUO Y LA MALLA COANDA, PARA LA APLICACIÓN EN UN RÍO DE MONTAÑA.-CAPTACIÓN LOS LEONES, PARROQUIA JIMBILLA, CANTÓN LOJA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

HOJA 3 DE 10

RUBRO : 3

UNIDAD: m3

DETALLE : Desalojo de material de excavación

EQUIPO DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D=CxR
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.05
Retroexcavadora	1.00	25.00	25.00	0.088	2.20
Volqueta	1.00	15.00	15.00	0.088	1.32
SUBTOTAL M					3.57
MANO DE OBRA DESCRIPCION	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D=CxR
Operador equipo pesado Grupo 1 OP C1	1.00	4.55	4.55	0.088	0.40
Chofer volquetas CH C1	1.00	5.95	5.95	0.088	0.52
SUBTOTAL N					0.92
MATERIALES DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=AxB	
SUBTOTAL O				0.00	
TRANSPORTE DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=AxB	
SUBTOTAL P				0.00	

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	4.49
INDIRECTOS (%)	10.00% 0.45
UTILIDAD (%)	15.00% 0.67
COSTO TOTAL DEL RUBRO	5.61
VALOR OFERTADO	5.61

SON: CINCO DOLARES, 61/100 CENTAVOS

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

FECHA: 13 DE AGOSTO DE 2023

LUIS ANDRÉS ROJAS ACARO

FIRMA DEL OFERENTE

NOMBRE DEL OFERENTE: LUIS ANDRES ROJAS ACARO

PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE EL DESARENADOR DE LAVADO CONTINUO Y LA MALLA COANDA, PARA LA APLICACIÓN EN UN RÍO DE MONTAÑA.-CAPTACIÓN LOS LEONES, PARROQUIA JIMBILLA, CANTÓN LOJA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

HOJA 4 DE 10

RUBRO : 4

UNIDAD: m3

DETALLE : Ataguías en desvío de quebrada

<i>EQUIPO DESCRIPCION</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>TARIFA B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.81
SUBTOTAL M					0.81
<i>MANO DE OBRA DESCRIPCION</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>JORNAL/HR B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>
Peon EO E2	2.00	4.05	8.10	2.000	16.20
SUBTOTAL N					16.20
<i>MATERIALES DESCRIPCION</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>PRECIO UNIT. B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>	
Arena gruesa	m3	1.000	14.00	14.00	
Costal de nylon	u	10.000	0.35	3.50	
SUBTOTAL O				17.50	
<i>TRANSPORTE DESCRIPCION</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>TARIFA B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>	
Arena gruesa	m3	1.000	2.00	2.00	
SUBTOTAL P				2.00	

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	36.51
INDIRECTOS (%) 10.00%	3.65
UTILIDAD (%) 15.00%	5.48
COSTO TOTAL DEL RUBRO	45.64
VALOR OFERTADO	45.64

SON: CUARENTA Y CINCO DOLARES, 64/100 CENTAVOS

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

FECHA: 13 DE AGOSTO DE 2023

LUIS ANDRÉS ROJAS ACARO

FIRMA DEL OFERENTE

NOMBRE DEL OFERENTE: LUIS ANDRES ROJAS ACARO

PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE EL DESARENADOR DE LAVADO CONTINUO Y LA MALLA COANDA, PARA LA APLICACIÓN EN UN RÍO DE MONTAÑA.-CAPTACIÓN LOS LEONES, PARROQUIA JIMBILLA, CANTÓN LOJA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

HOJA 5 DE 10

RUBRO : 5

UNIDAD: m3

DETALLE : Derrocamiento de hormigón

<i>EQUIPO DESCRIPCION</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>TARIFA B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.66
Martillo demoledor	1.00	6.25	6.25	3.200	20.00
Generador	1.00	6.25	6.25	3.200	20.00
SUBTOTAL M					40.66
<i>MANO DE OBRA DESCRIPCION</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>JORNAL/HR B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>
Operador de equipo liviano EO D2	1.00	4.10	4.10	3.200	13.12
SUBTOTAL N					13.12
<i>MATERIALES DESCRIPCION</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>PRECIO UNIT. B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>	
SUBTOTAL O				0.00	
<i>TRANSPORTE DESCRIPCION</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>TARIFA B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>	
SUBTOTAL P				0.00	

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	53.78
INDIRECTOS (%)	10.00% 5.38
UTILIDAD (%)	15.00% 8.07
COSTO TOTAL DEL RUBRO	67.23
VALOR OFERTADO	67.23

SON: SESENTA Y SIETE DOLARES, 23/100 CENTAVOS

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

FECHA: 13 DE AGOSTO DE 2023

LUIS ANDRÉS ROJAS ACARO

FIRMA DEL OFERENTE

NOMBRE DEL OFERENTE: LUIS ANDRES ROJAS ACARO

PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE EL DESARENADOR DE LAVADO CONTINUO Y LA MALLA COANDA, PARA LA APLICACIÓN EN UN RÍO DE MONTAÑA.-CAPTACIÓN LOS LEONES, PARROQUIA JIMBILLA, CANTÓN LOJA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

HOJA 6 DE 10

RUBRO : 6

UNIDAD: m

DETALLE : Rejilla Coanda

EQUIPO DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D=CxR
Herramienta Menor 5% de M.O.					3.34
Soldadora	1.00	3.75	3.75	5.260	19.73
Generador	1.00	6.25	6.25	5.260	32.88
SUBTOTAL M					55.95
MANO DE OBRA DESCRIPCION	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D=CxR
Operador de equipo liviano EO D2	1.00	4.10	4.10	5.260	21.57
Peon EO E2	1.00	4.05	4.05	5.260	21.30
Maestro Soldador especializado EO C1	1.00	4.55	4.55	5.260	23.93
SUBTOTAL N					66.80
MATERIALES DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=AxB	
Rejilla coanda (incluye marcos, pernos, accesorios)	m2	1.000	5,250.00	5,250.00	
SUBTOTAL O				5,250.00	
TRANSPORTE DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=AxB	
SUBTOTAL P				0.00	

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	5,372.75
INDIRECTOS (%)	10.00% 537.28
UTILIDAD (%)	15.00% 805.91
COSTO TOTAL DEL RUBRO	6,715.94
VALOR OFERTADO	6,715.94

SON: SEIS MIL SETECIENTOS QUINCE DOLARES, 94/100 CENTAVOS

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

FECHA: 13 DE AGOSTO DE 2023

LUIS ANDRÉS ROJAS ACARO

FIRMA DEL OFERENTE

NOMBRE DEL OFERENTE: LUIS ANDRES ROJAS ACARO

PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE EL DESARENADOR DE LAVADO CONTINUO Y LA MALLA COANDA, PARA LA APLICACIÓN EN UN RÍO DE MONTAÑA.-CAPTACIÓN LOS LEONES, PARROQUIA JIMBILLA, CANTÓN LOJA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

HOJA 7 DE 10

RUBRO : 7

UNIDAD: Kg

DETALLE : Acero de refuerzo f'c=4200 Kg/cm2

EQUIPO DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D=CxR
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.02
SUBTOTAL M					0.02
MANO DE OBRA DESCRIPCION	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D=CxR
Albañil EO D2	1.00	4.10	4.10	0.100	0.41
SUBTOTAL N					0.41
MATERIALES DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=AxB	
Acero de refuerzo f'y= 4200 Kg/cm2	kg	1.050	1.30	1.37	
SUBTOTAL O				1.37	
TRANSPORTE DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=AxB	
Acero de refuerzo f'y= 4200 Kg/cm2	kg	1.050	0.15	0.16	
SUBTOTAL P				0.16	

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	1.96
INDIRECTOS (%)	10.00% 0.20
UTILIDAD (%)	15.00% 0.29
COSTO TOTAL DEL RUBRO	2.45
VALOR OFERTADO	2.45

SON: DOS DOLARES, 45/100 CENTAVOS

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

FECHA: 13 DE AGOSTO DE 2023

LUIS ANDRÉS ROJAS ACARO

FIRMA DEL OFERENTE

NOMBRE DEL OFERENTE: LUIS ANDRES ROJAS ACARO

PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE EL DESARENADOR DE LAVADO CONTINUO Y LA MALLA COANDA, PARA LA APLICACIÓN EN UN RÍO DE MONTAÑA.-CAPTACIÓN LOS LEONES, PARROQUIA JIMBILLA, CANTÓN LOJA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

HOJA 8 DE 10

RUBRO : 8

UNIDAD: m2

DETALLE : Encofrado de azud

EQUIPO DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D=CxR
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.41
SUBTOTAL M					0.41
MANO DE OBRA DESCRIPCION	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D=CxR
Carpintero EO D2	1.00	4.10	4.10	1.000	4.10
Peon EO E2	1.00	4.05	4.05	1.000	4.05
SUBTOTAL N					8.15
MATERIALES DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=AxB	
Tabla encofrado ancho 10 cm	m	3.250	1.75	5.69	
Listón de madera	m	4.000	0.50	2.00	
SUBTOTAL O					7.69
TRANSPORTE DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=AxB	
SUBTOTAL P					0.00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	16.25
INDIRECTOS (%) 10.00%	1.63
UTILIDAD (%) 15.00%	2.44
COSTO TOTAL DEL RUBRO	20.32
VALOR OFERTADO	20.32

SON: VEINTE DOLARES, 32/100 CENTAVOS

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

FECHA: 13 DE AGOSTO DE 2023

LUIS ANDRÉS ROJAS ACARO

FIRMA DEL OFERENTE

NOMBRE DEL OFERENTE: LUIS ANDRES ROJAS ACARO

PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE EL DESARENADOR DE LAVADO CONTINUO Y LA MALLA COANDA, PARA LA APLICACIÓN EN UN RÍO DE MONTAÑA.-CAPTACIÓN LOS LEONES, PARROQUIA JIMBILLA, CANTÓN LOJA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

HOJA 9 DE 10

RUBRO : 9

UNIDAD: m3

DETALLE : Hormigón simple f'c= 240 kg/cm2

EQUIPO DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D=CxR
Herramienta Menor 5% de M.O.					3.70
Concretetera	1.00	5.00	5.00	1.333	6.67
Vibrador	1.00	4.00	4.00	1.333	5.33
SUBTOTAL M					15.70

MANO DE OBRA DESCRIPCION	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D=CxR
Peon EO E2	10.00	4.05	40.50	1.333	53.99
Albañil EO D2	2.00	4.10	8.20	1.333	10.93
Maestro Mayor ejec. obra civil EO C1	1.00	4.55	4.55	1.333	6.07
Ingeniero Civil EO B1	0.50	4.56	2.28	1.333	3.04
SUBTOTAL N					74.03

MATERIALES DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=AxB
Cemento portland	kg	400.000	0.16	64.00
Arena gruesa	m3	0.650	14.00	9.10
Triturado 3/4"	m3	0.950	18.00	17.10
Agua	m3	0.220	1.00	0.22
Acelerante	kg	2.000	3.50	7.00
SUBTOTAL O				97.42

TRANSPORTE DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=AxB
Cemento portland	kg	400.000	0.02	8.00
Arena gruesa	m3	0.650	2.00	1.30
Triturado 3/4"	m3	0.950	2.00	1.90
SUBTOTAL P				11.20

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	198.35
INDIRECTOS (%)	10.00%
UTILIDAD (%)	15.00%
COSTO TOTAL DEL RUBRO	247.94
VALOR OFERTADO	247.94

SON: DOSCIENTOS CUARENTA Y SIETE DOLARES, 94/100 CENTAVOS

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

FECHA: 13 DE AGOSTO DE 2023

LUIS ANDRÉS ROJAS ACARO

FIRMA DEL OFERENTE

NOMBRE DEL OFERENTE: LUIS ANDRES ROJAS ACARO

PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE EL DESARENADOR DE LAVADO CONTINUO Y LA MALLA COANDA, PARA LA APLICACIÓN EN UN RÍO DE MONTAÑA.-CAPTACIÓN LOS LEONES, PARROQUIA JIMBILLA, CANTÓN LOJA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

HOJA 10 DE 10

RUBRO : 10

UNIDAD: u

DETALLE : Retiro de compuertas existentes

<i>EQUIPO DESCRIPCION</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>TARIFA B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>
Herramienta Menor 5% de M.O.					1.72
Generador	0.25	6.25	1.56	4.000	6.24
Martillo demoledor	0.25	6.25	1.56	4.000	6.24
SUBTOTAL M					14.20
<i>MANO DE OBRA DESCRIPCION</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>JORNAL/HR B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>
Peon EO E2	1.00	4.05	4.05	4.000	16.20
Maestro Soldador especializado EO C1	1.00	4.55	4.55	4.000	18.20
SUBTOTAL N					34.40
<i>MATERIALES DESCRIPCION</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>PRECIO UNIT. B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>	
SUBTOTAL O				0.00	
<i>TRANSPORTE DESCRIPCION</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>TARIFA B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>	
SUBTOTAL P				0.00	

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	48.60	
INDIRECTOS (%)	10.00%	4.86
UTILIDAD (%)	15.00%	7.29
COSTO TOTAL DEL RUBRO	60.75	
VALOR OFERTADO	60.75	

SON: SESENTA DOLARES, 75/100 CENTAVOS

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

FECHA: 13 DE AGOSTO DE 2023

LUIS ANDRÉS ROJAS ACARO

FIRMA DEL OFERENTE

OFERENTE: LUIS ANDRÉS ROJAS ACARO

PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE EL DESARENADOR DE LAVADO CONTINUO Y LA MALLA COANDA, PARA LA APLICACIÓN EN UN RÍO DE MONTAÑA. CAPTACIÓN LOS LEONES, PARROQUIA JIMBILLA, CANTÓN LOJA

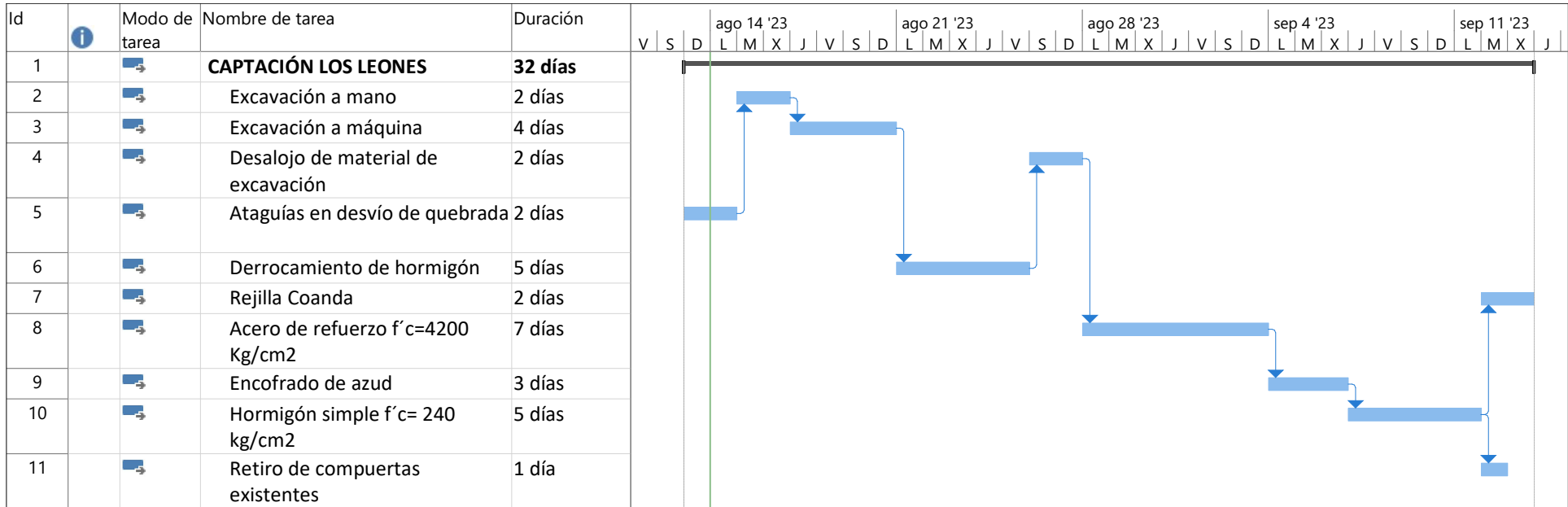
TABLA DE DESCRIPCION DE RUBROS, UNIDADES, CANTIDADES Y PRECIOS

<u>No.</u>	<u>Rubro / Descripción</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Precio unitario</u>	<u>Precio global</u>
1	Excavación a mano	m3	20.00	14.17	283.40
2	Excavación a máquina	m3	50.00	5.32	266.00
3	Desalojo de material de excavación	m3	105.93	5.61	594.27
4	Ataguías en desvío de quebrada	m3	15.00	45.64	684.60
5	Derrocamiento de hormigón	m3	96.93	67.23	6,516.60
6	Rejilla Coanda	m	3.15	6,715.94	21,155.21
7	Acero de refuerzo f'c=4200 Kg/cm2	Kg	1,248.00	2.45	3,057.60
8	Encofrado de azud	m2	145.89	20.32	2,964.48
9	Hormigón simple f'c= 240 kg/cm2	m3	86.59	247.94	21,469.12
10	Retiro de compuertas existentes	u	2.00	60.75	121.50
				TOTAL:	57,112.78

SON : CINCUENTA Y SIETE MIL CIENTO DOCE DOLARES, 78/100 CENTAVOS

LUIS ANDRÉS ROJAS ACARO
OFERENTE

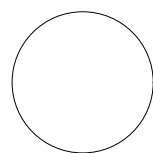
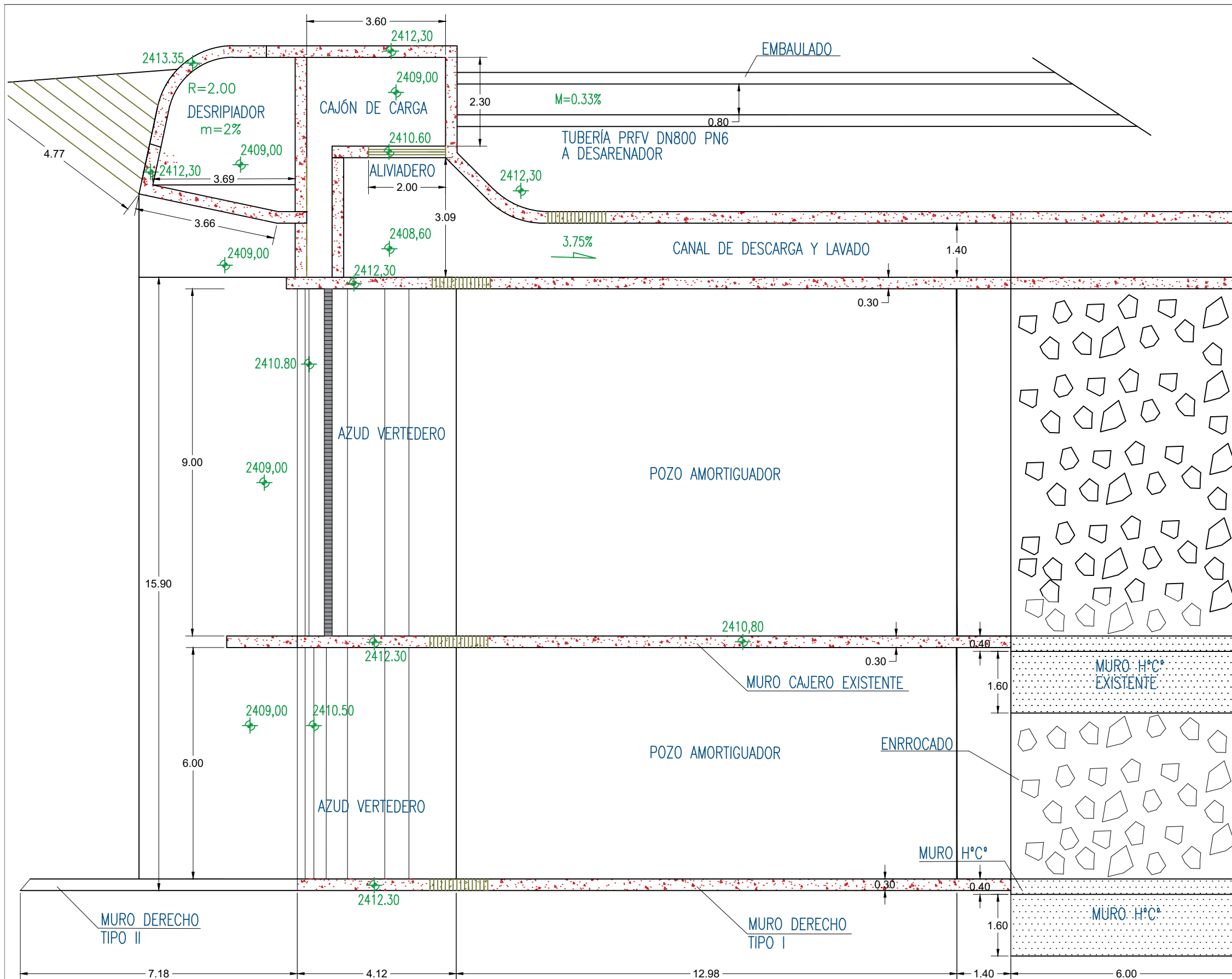
FECHA: 13 DE AGOSTO DE 2023



Proyecto: Captación de Los Leones Fecha: 13/08/2023	Tarea		Resumen inactivo		Tareas externas	
	División		Tarea manual		Hito externo	
	Hito		solo duración		Fecha límite	
	Resumen		Informe de resumen manual		Progreso	
	Resumen del proyecto		Resumen manual		Progreso manual	
	Tarea inactiva		solo el comienzo			
	Hito inactivo		solo fin			

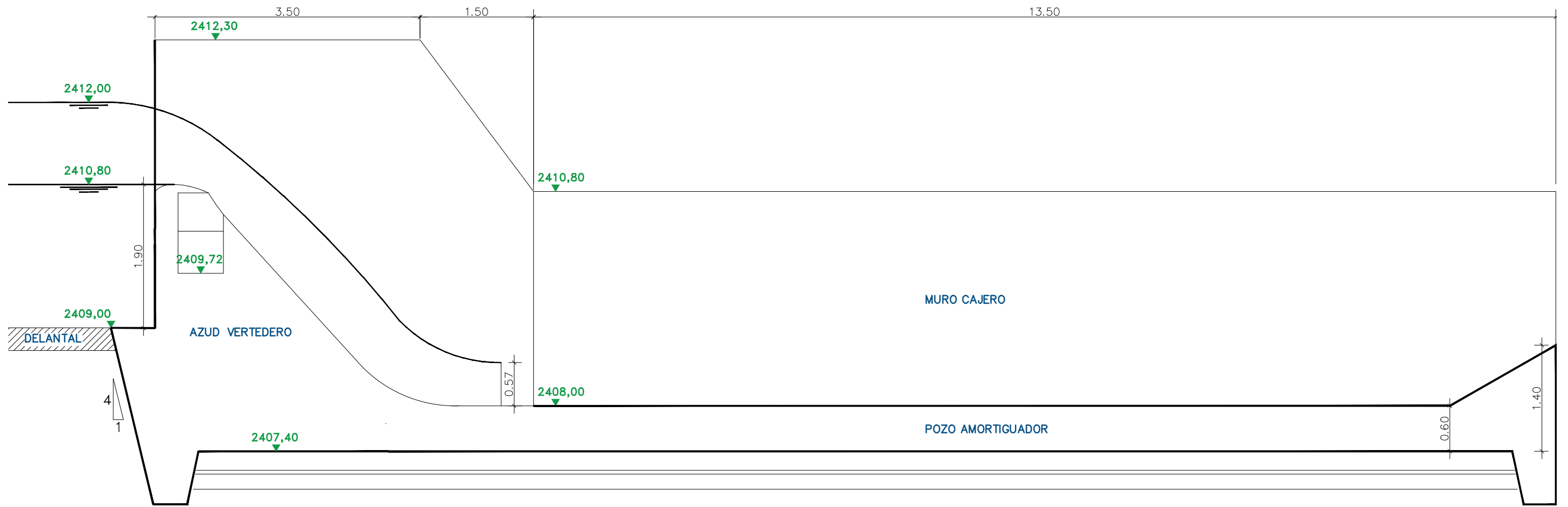
Elaborado: Luis Andrés Rojas Acaro

**ANEXO 3: PLANOS DE LA REJILLA COANDA PARA LA CAPTACIÓN DE
LOS LEONES**

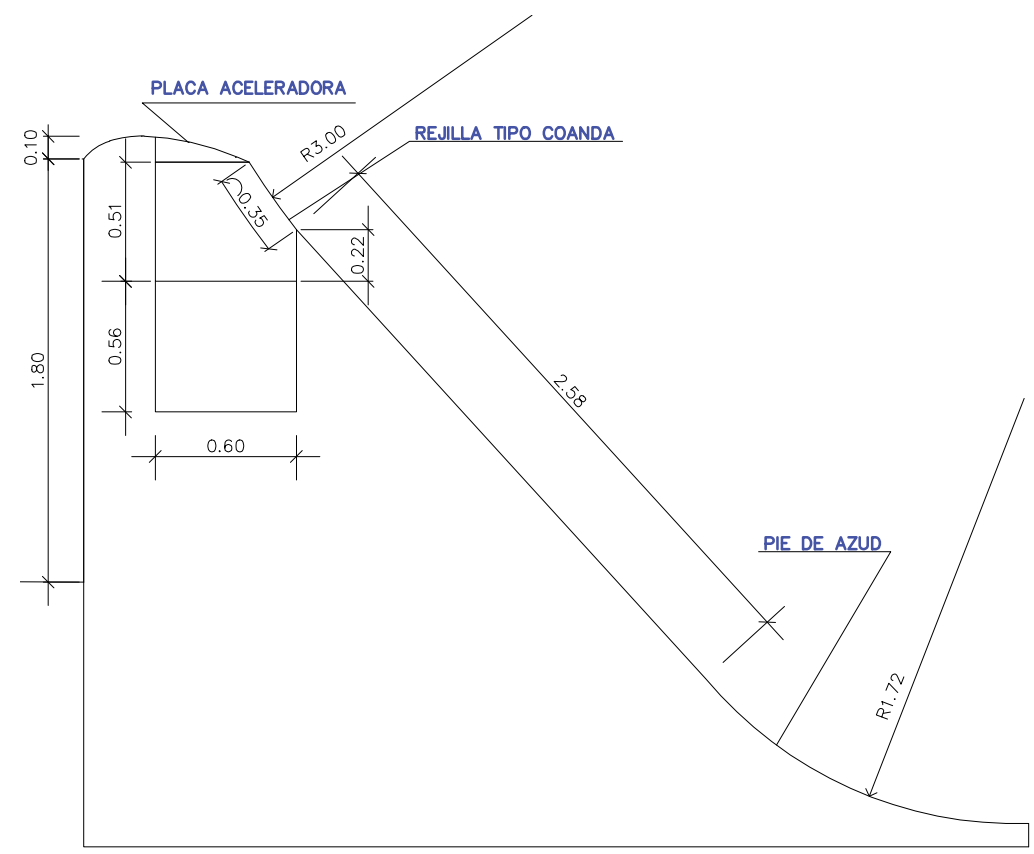


VISTA DE PLANTA DE LA CAPTACIÓN
 Esc. 1:100

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE CIVIL		
TEMA: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE EL DESARENADOR DE LAVADO CONTINUO Y LA MALLA COANDA, PARA LA APLICACIÓN EN UN RÍO DE MONTAÑA, CASO DE ESTUDIO CAPTACIÓN LOS LEONES DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE LOJA		
CONTIENE: CAPTACIÓN DE LOS LEONES - VISTA DE PLANTA	ELABORADO: Luis Andrés Rojas Acaro	
FECHA: 02 de agosto de 2023		
REVISOR: Ing. CARLOS LUIS NAVAS	ESCALA: INDICADA	LÁMINA 1/3

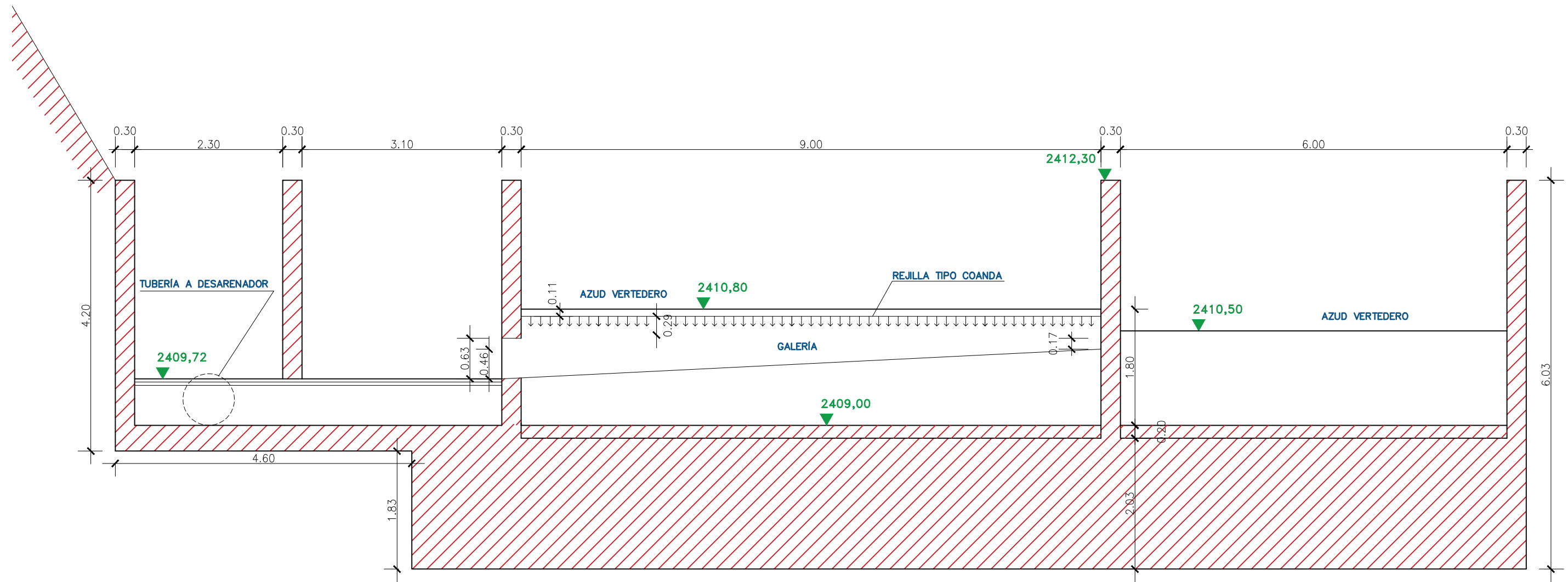


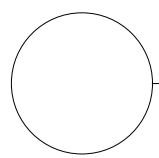
○ CORTE TRANSVERSAL DE LA CAPTACIÓN
Esc. 1:50



○ DETALLADO DEL AZUD
Esc. 1:30

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE CIVIL		
TEMA: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE EL DESARENADOR DE LAVADO CONTINUO Y LA MALLA COANDA, PARA LA APLICACIÓN EN UN RÍO DE MONTAÑA, CASO DE ESTUDIO CAPTACIÓN LOS LEONES DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE LOJA		
CONTIENE: CAPTACIÓN DE LOS LEONES - CORTE TRANSVERSAL - DETALLADO DEL AZUD	ELABORADO: Luis Andrés Rojas Acaro	
FECHA: 02 de agosto de 2023		
REVISOR: Ing. CARLOS LUIS NAVAS	ESCALA: INDICADA	LÁMINA: 2/3




CORTE LONGITUDINAL DE LA CAPTACIÓN
 Esc. 1:60

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE CIVIL		
TEMA: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE EL DESARENADOR DE LAVADO CONTINUO Y LA MALLA COANDA, PARA LA APLICACIÓN EN UN RÍO DE MONTAÑA, CASO DE ESTUDIO CAPTACIÓN LOS LEONES DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE LOJA		
CONTIENE: CAPTACIÓN DE LOS LEONES - CORTE LONGITUDINAL	ELABORADO: Luis Andrés Rojas Acaro	
FECHA: 02 de agosto de 2023		
REVISOR: Ing. CARLOS LUIS NAVAS	ESCALA: INDICADA	LÁMINA: 3/3