

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**Estimación caudal máximo de cuatro quebradas que desembocan
en Canal Margen Izquierda para diseño infraestructura de control
de avenidas – Tumbes 2025.**

TESIS

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Agrícola

Autor: Br. César Alberto Dios Pazos

Tumbes, 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**Estimación caudal máximo de cuatro quebradas que desembocan en
Canal Margen Izquierda para diseño infraestructura de control de
avenidas – Tumbes 2025.**

Dr. José Modesto Carrillo Sarango (Presidente)

Dr. Eber Gines Tafur (Secretario)

Dr. Napoleón Puño Lecarnaque (Vocal)

Tumbes, 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



Estimación caudal máximo de cuatro quebradas que desembocan en Canal Margen Izquierda para diseño infraestructura de control de avenidas – Tumbes 2025.

Los suscritos declaramos que el proyecto de tesis es original en su contenido y forma

Br. César Alberto Dios Pazos

Dr. Napoleón Puño Lecarnaqué (asesor)
Código ORCID: 0000-0002-5008-8085

Tumbes, 2025

ACTA DE SUSTENTACIÓN



Universidad Nacional de Tumbes



Facultad de Ciencias Agrarias
Programa Académico de Ingeniería Agrícola
Ex Fundo Fiscal La Cruz – Campus Universitario

"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PRESENCIAL

En Tumbes, a los Veintidos días del mes de Abril del dos mil veintiséis, siendo las Doce horas con Cero minutos, en el Campus Universitario, de la Facultad de Ciencias Agrarias en el aula 2, del **Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto de forma**, se reunieron el Jurados Calificador designados por **RESOLUCIÓN N°195-2025/UNTUMBES-VRACAD-FCA-D**, de fecha **15 de agosto del 2025**, **Dr. José Modesto Carrillo Sarango** (Presidente); **Dr. Eber Gines Tafur** (secretario); **Dr. Napoleón Puño Lecarnaque** (Vocal) y el **Ing. Deciderio Atoche Ortiz** (Accesitario); reconociendo en la misma resolución, al **Dr. Napoleón Puño Lecarnaque** como (**Asesor**), se procedió a evaluar, calificar y deliberar la sustentación de la tesis, titulada: "**Estimación caudal máximo de cuatro quebradas que desembocan en Canal Margen Izquierda para diseño infraestructura de control de avenidas – Tumbes 2025**", presentado por el **Br. Cesar Alberto Dios Pazos**, Concluida la sustentación y absueltas las preguntas, por parte del sustentante y después de la deliberación, el jurado según el artículo N° 75 del Reglamento de Tesis para Pregrado y Posgrado de la Universidad Nacional de Tumbes, declaro Aprobado, por Unanimidad, con el calificativo Sobre Saliente. Se hace conocer al sustentante, que deberá levantar las observaciones finales echas al informe final de tesis, que el jurado le indica.

En consecuencia, queda Apto para continuar con los trámites correspondientes a la obtención del título profesional de **Ingeniero Agrícola**, de conformidad con lo estipulado en la Ley Universitaria N° 30220, el Estatuto, Reglamento General, Reglamento General de Grados y Títulos y Reglamento de Tesis de la Universidad Nacional de Tumbes.

Siendo las Doce horas con cuarentay cinco minutos del mismo día, se dio por concluida la ceremonia académica, procediendo a firmar el acta en presencia del público asistente.

Tumbes, 22 de Abril del año 2026

Dr. José Modesto Carrillo Sarango DNI N° <u>00223850</u> CODIGO ORCID: <u>0000-0003-0841-3064</u> Presidente	Dr. Eber Gines Tafur DNI N° <u>17542025</u> CODIGO ORCID: <u>0000 0003 0365 4457</u> Secretario
Dr. Napoleón Puño Lecarnaque DNI N° : <u>00225904</u> CODIGO ORCID: <u>0000 0025 008 8085</u> VOCAL	Ing. Deciderio Atoche Ortiz DNI N° : _____ CODIGO ORCID : _____ Accesitario

C.C. – Jurados (04) -Asesor y (CO)-Interesado - Decanato - Archivo


RESUMEN DE ORIGINALIDAD TURNITIN



César Alberto Dios Pazos

TESIS - DIOS PAZOS

 informe Final deTesis


Dr. Napoleón Puño Lecarnaque
CÓDIGO ORCID: 0000-0002-5008-8085

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid::3117:544671495

Fecha de entrega
7 ene 2026, 18:47 GMT-5

Fecha de descarga
7 ene 2026, 20:10 GMT-5

Nombre del archivo
TESIS - DIOS PAZOS.docx

Tamaño del archivo
8.2 MB

138 páginas

23.368 palabras

117.582 caracteres



17% Similitud general

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




Filtrado desde el informe

- ▶ Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

Exclusiones

- ▶ N.º de fuentes excluidas
- ▶ N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales


- 17%  Fuentes de Internet
- 3%  Publicaciones
- 10%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad




N.º de alertas de integridad para revisión

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

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


Dr. Napoleón Puño Lecarnaque
CÓDIGO ORCID: 0000-0002-5008-8085

Fuentes principales

- 17%  Fuentes de Internet
- 3%  Publicaciones
- 10%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.


1	Internet	archive.org	2%
2	Internet	1library.co	2%
3	Internet	repositorio.upao.edu.pe	1%
4	Internet	repositorio.unap.edu.pe	1%
5	Internet	vsip.info	1%
6	Internet	vbook.pub	<1%
7	Internet	www.scribd.com	<1%
8	Internet	vdocumento.com	<1%
9	Internet	idoc.tips	<1%
10	Internet	repositorio.unc.edu.pe	<1%
11	Internet	repositorio.ana.gob.pe	<1%


 Dr. Napoleón Puño Lecarnaque
 CÓDIGO ORCID: 0000-0002-5008-8085

12	Internet	alicia.concytec.gob.pe	<1%
13	Internet	repositorio.upla.edu.pe	<1%
14	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Tumbes on 2025-07-20	<1%
15	Trabajos del estudiante	uni on 2025-06-04	<1%
16	Internet	repositorio.umsa.bo	<1%
17	Internet	docslide.us	<1%
18	Internet	core.ac.uk	<1%
19	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Tumbes on 2019-06-04	<1%
20	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional Hermilio Valdizan on 2021-08-06	<1%
21	Internet	social.desa.un.org	<1%
22	Internet	bibliotecavirtualoducal.uc.cl	<1%
23	Internet	repositorio.udh.edu.pe	<1%
24	Internet	bibdigital.epn.edu.ec	<1%
25	Internet	repositorio.ucv.edu.pe	<1%

Dr. Napoleón Puño Lecarmaque
CÓDIGO ORCID: 0000-0002-5008-8085

26	Internet	dspace.ucacue.edu.ec	<1%
27	Internet	repositorio.urp.edu.pe	<1%
28	Internet	www.slideshare.net	<1%
29	Internet	repositorio.unsm.edu.pe	<1%
30	Trabajos del estudiante	UTECH Universidad de Ingeniería & Tecnología on 2021-08-03	<1%
31	Internet	documentos.una.ac.cr	<1%
32	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga on 2022-10-25	<1%
33	Trabajos del estudiante	Universidad Privada Antenor Orrego on 2019-12-03	<1%
34	Internet	es.scribd.com	<1%
35	Internet	repositorio.uss.edu.pe	<1%
36	Internet	pdfcookie.com	<1%
37	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Tumbes on 2023-02-15	<1%
38	Internet	documents.mx	<1%
39	Internet	repositorio.uni.edu.pe	<1%


Dr. Napoleón Puño Lecarnaque
CÓDIGO ORCID: 0000-0002-5008-8085

40 Internet
www.geologiadelparaguay.com.py

<1%

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres, por su amor incondicional, apoyo constante y sacrificio a lo largo de toda mi formación.

A mi familia, por ser mi fortaleza y acompañarme en cada paso de este camino.

A mi novia, por su paciencia, comprensión y por creer en mí incluso en los momentos más difíciles.

Y de manera muy especial, a mi abuela, cuyo cariño, consejos y ejemplo de vida han sido una fuente de inspiración permanente.

Así mismo mi eterno agradecimiento al DR ING Napoleón Puño Lecarnaque, asesor de esta investigación por su acompañamiento permanente en campo y gabinete.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mis padres, por su amor incondicional, apoyo constante y sacrificio a lo largo de toda mi formación académica. Gracias por creer en mí incluso en los momentos más difíciles y por ser mi mayor motivación para seguir adelante.

A mis hermanos, les agradezco profundamente por su comprensión, apoyo y ánimo permanente. Su compañía y palabras de aliento han sido fundamentales durante este proceso.

A mis tíos, gracias por su apoyo, consejos y muestras de cariño, que han contribuido de manera significativa a mi crecimiento personal y profesional.

De manera muy especial, agradezco a mi abuela, por su amor, sabiduría y ejemplo de fortaleza. Su apoyo y bendiciones han sido una fuente constante de inspiración para alcanzar esta meta.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	XVIII
ABSTRACT	XIX
1. INTRODUCCION.....	20
2. REVISION DE LITERATURA.....	24
2.1. <i>Antecedentes</i>	24
2.2. <i>Marco teórico</i>	29
3.1. MATERIALES Y MÉTODOS	50
3.1. <i>Ubicación</i>	50
3.2. <i>Materiales y métodos</i>	52
3.3. <i>Métodos, Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos Técnicas</i>	52
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	55
4.1. <i>Resultados</i>	55
4.2. <i>Discusiones</i>	134
5. CONCLUSIONES.....	140
6. RECOMENDACIONES	142
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	143
ANEXOS.....	145
Certificado de originalidad	153

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Coeficientes y exponentes a usar en CREAGER.....	35
Tabla 2: Valores recomendados de riesgos admisibles para algunas estructuras	47
Tabla 3: Clases de valores de longitud de cauce principal de la quebrada cedros 1	55
Tabla 4: Clases de valores de orden de jerarquización de la quebrada cedros 1	56
Tabla 5: Clase de valores de elevación media (m) de la quebrada cedros 1	57
Tabla 6: Clase de valores de pendiente de cauce de la quebrada cedros 1	58
Tabla 7: Clase de valores de densidad de drenaje de la quebrada cedros 1	60
Tabla 8: Clases de valores de compacidad de la quebrada cedros 1	61
Tabla 9: Clases de valores de forma de la quebrada cedros 1	61
Tabla 10: Clases de valores de longitud de cauce principal de la quebrada cedros 2 ...	62
Tabla 11: Clases de valores de orden de jerarquización la quebrada cedros 2	63
Tabla 12: Clase de valores de elevación media (m) de la quebrada cedros 2	64
Tabla 13: Clase de valores de pendiente de cauce de la quebrada cedros 2	65
Tabla 14: Clase de valores de densidad de drenaje de la quebrada cedros 2	67
Tabla 15: Clases de valores de compacidad de la quebrada cedros 2	68
Tabla 16: Clases de valores de forma de la quebrada cedros 2	68
Tabla 17: Clases de valores de longitud de cauce principal de la quebrada San isidro .	69
Tabla 18: Clases de valores de orden de jerarquización de la quebrada San isidro	70
Tabla 19: Clase de valores de elevación media (m) de la quebrada San isidro	71
Tabla 20: Clase de valores de pendiente de cauce de la quebrada San Isidro	72
Tabla 21: Clase de valores de densidad de drenaje de la quebrada San isidro	74
Tabla 22: Clases de valores de compacidad de la quebrada San isidro	74
Tabla 23: Clases de valores de forma de la quebrada San isidro	75
Tabla 24: Clases de valores de longitud de cauce principal de la quebrada Urcos	76
Tabla 25: Clases de valores de orden de jerarquización de la quebrada Urcos	77
Tabla 26: Clase de valores de elevación media (m) de la quebrada Urcos	78
Tabla 27: Clase de valores de pendiente de cauce de la quebrada Urcos	79
Tabla 28: Clase de valores de densidad de drenaje de la quebrada Urcos	81
Tabla 29: Clases de valores de compacidad de la quebrada Urcos	81
Tabla 30: Clases de valores de forma de la quebrada Urcos	82
Tabla 31: Datos obtenidos para el método de Creager de la quebrada cedros 1	84
Tabla 32: Datos estimados de caudales por método de Creager de la quebrada cedros 1	84
Tabla 33: Datos obtenidos para el método de Creager de la quebrada cedros 2	85
Tabla 34: Datos estimados de caudales por método de Creager de la quebrada cedros 2	

.....	85
Tabla 35: Datos obtenidos para el método de Creager de la quebrada San isidro	86
Tabla 36: Datos estimados de caudales por método de Creager de la quebrada San Isidro	86
Tabla 37: Datos obtenidos para el método de Creager de la quebrada Urcos.....	87
Tabla 38: Datos estimados de caudales por método de Creager de la quebrada Urcos	87
Tabla 39: Coordenadas UTM (WGS 84 – Z 17M) de estructura propuesta	88
Tabla 40: Parámetros morfométricos quebrada cedros 1	89
Tabla 41: Coordenadas UTM (WGS 84 – Z 17M) de estructura propuesta	99
Tabla 42: Parámetros morfométricos quebrada cedros 2	100
Tabla 43: Coordenadas UTM (WGS 84 – Z 17M) de estructura propuesta	110
Tabla 44: Parámetros morfométricos quebrada San Isidro	111
Tabla 45: Coordenadas UTM (WGS 84 – Z 17M) de estructura propuesta	121
Tabla 46: Parámetros morfométricos quebrada Urcos	122
Tabla 47: Características de diseño Hidráulico del Dique Transversal	132

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1: Regiones hidráulicas Método de Creager	35
Fig. 2: Curvas de IDF	38
Fig. 3: Dique transversal	39
Fig. 4: Lamina vertiente	41
Fig. 5: Socavación al pie del dique.....	44
Fig. 6: Mecanismo de la erosión por agua	48
Fig. 7: Ubicación (04) quebradas: (cedros 1, Cedros 2, San isidro, Urcos).....	51
Fig. 8: Orden de jerarquización de la quebrada Cedros 1	56
Fig. 9: Desnivel altitudinal de la quebrada cedros 1	57
Fig. 10: Curva Hipsométrica de la quebrada Cedros 1.....	58
Fig. 11: Rectángulo Equivalente de la quebrada Cedros 1	60
Fig. 12: Orden de jerarquización de la quebrada Cedros 2.....	63
Fig. 13: Desnivel altitudinal de la quebrada cedros 2	64
Fig. 14: Curva Hipsométrica de la quebrada Cedros 2.....	65
Fig. 15: Rectángulo Equivalente de la quebrada Cedros 2	67
Fig. 16: Orden de jerarquización de la quebrada San isidro	70
Fig. 17: Desnivel altitudinal de la quebrada San isidro.....	71
Fig. 18: Curva Hipsométrica de la quebrada San isidro	72
Fig. 19: Rectángulo Equivalente de la quebrada San isidro.....	73
Fig. 20: Orden de jerarquización de la quebrada Urcos	77
Fig. 21: Desnivel altitudinal de la quebrada Urcos	78
Fig. 22: Curva Hipsométrica de la quebrada Urcos.....	79
Fig. 23: Rectángulo Equivalente de la quebrada Urcos	80
Fig. 24: Mapa de método de creager	83
Fig. 25: Vista Frontal Dique Transversal	133
Fig. 26: Lámina vertiente	134

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Mapa del Perú.....	146
Anexo 2: Región Tumbes.....	146
Anexo 3: Provincia de Tumbes.....	147
Anexo 4: Distrito Corrales.....	147
Anexo 5: Cuenca de Quebrada Urcos en Malvaes Distrito de Corrales.....	148
Anexo 6: Qda. Urcos desemboca directamente al canal principal de la irrigación margen izquierda, al fondo campos agrícolas.....	148
Anexo 7: Qda Urcos desfoga directamente a la caja hidráulica del canal principal margen izquierda.....	149
Anexo 8: Qda. San Isidro.....	149
Anexo 9: Qda. San Isidro desemboca directamente a la caja hidráulica del canal principal de la irrigación margen izquierda, aguas abajo Campos Agrícolas.....	149
Anexo 10: Qda Cedros 1.....	150
Anexo 11: Qda Cedros 1 desemboca directamente a la caja hidráulica del canal de la irrigación margen izquierda río Tumbes, aguas abajo Campos Agrícolas.....	151
Anexo 12: Qda. Cedros 2.....	151
Anexo 13: Qda Cedros 2 desemboca directamente a la caja hidráulica del canal de la irrigación margen izquierda, aguas abajo centro de investigación INIA.....	152
Anexo 14: Estación de procesamiento de agua potable los cedros, afectada ante una colmatación de la caja hidráulica del canal principal de la irrigación margen izquierda.....	152

RESUMEN

La presente investigación “Estimación caudal máximo de cuatro quebradas que desembocan en Canal Margen Izquierda para diseño de infraestructura de control de avenidas – Tumbes 2025” tuvo como objetivo estimar este caudal usando el método de Creager, en cuatro quebradas que desembocan en el canal principal de la Irrigación margen izquierda del río Tumbes y después, y después del análisis geomorfológico de cada quebrada estimar estos caudales cuyos resultados son Cedros 1, 15.17 m³/s; Cedros 2, 44.21 m³/s; San isidro, 22.81 m³/s; y Urcos, 52.57 m³/s; con ello se logró obtener los parámetros hidráulicos del diseño de cuatro diques transversales como infraestructuras de control de sedimentos a la caja hidráulica del canal destacando su longitud dada por el ancho más estrecho del cauce y una altura uniforme de 0.5 m por encima del tirante hidráulico de esa sección y permita la sedimentación normal.

Palabras clave: Control de avenidas en torrentes, caudales en cuencas secas, máximas avenidas

ABSTRACT

The present research, “Estimation of the maximum flow of four streams that flow into the Left Bank Canal for the design of flood control infrastructure – Tumbes 2025,” aimed to estimate this flow using the Creager method in four streams that flow into the main canal of the left bank irrigation system of the Tumbes River. After the geomorphological analysis of each stream, the flows were estimated, with the following results: Cedros 1, 15.17 m³/s; Cedros 2, 44.21 m³/s; San Isidro, 22.81 m³/s; and Urcos, 52.57 m³/s. This allowed for the determination of the hydraulic parameters for the design of four transverse dikes as sediment control infrastructure for the canal's hydraulic channel. The dikes' length was determined by the narrowest width of the channel, and they had a uniform height of 0.5 m above the hydraulic depth of that section to allow for normal sedimentation.

Keywords: Flood control in torrents, flows in dry basins, peak floods

1. INTRODUCCION

La presente investigación permitirá, mediante el uso de modelos hidrológicos de Cuencas Secas (quebradas) estimar el caudal máximo de diseño que permitirá a su vez el diseño de infraestructura hidráulica de control de avenidas en el propio cauce de las quebradas que se analizarán; dado que estas quebradas desfogan directamente a la caja hidráulica del canal principal de la Irrigación margen izquierda del río Tumbes; y en este punto de contacto entre el cauce de la quebrada y el canal ya no es posible construir obras hidráulicas de cruce del Canal ya que aguas debajo de ellas existen áreas agrícolas. Se priorizarán obras hidráulicas de control de avenidas, diques transversales y/o traviesas en los lugares más angostos de la cuenca a base de gaviones rellenos con piedra de río.

En la actualidad a lo largo de las áreas regadas por el canal margen izquierda del río Tumbes (que abarcan los distritos de Corrales, la Cruz y San Jacinto), los cultivos especialmente de arroz se producen en dos campañas definidas una llamada Campaña grande de enero a julio; y la otra llamada Campaña Chica que va de agosto a diciembre; y el banano que es un cultivo permanente. Como en toda la costa del país la falta de agua es la característica principal de la zona, especialmente en la campaña chica, los rendimientos alcanzados no están a la par con el promedio y se presentan problemas en la conducción y distribución del recurso hídrico puesto que no se cuenta con un canal revestido al 100% (MIDAGRI, 2010); sin embargo se debe indicar que en su recorrido total de este canal, es cruzado y/o es receptor de 24 quebradas y quebradillas que en época de lluvias cuando éstas son actividades desfogan directamente sus aguas a la caja hidráulica del canal colmatándolo y/o destruyéndolo totalmente, y en algunos otras donde si ha sido posible construir obras de cruce como canoas y/o superpasajes hidráulicos el agua de lluvia si puede pasar directamente a esteros o al mismo río Tumbes.

El canal Margen Izquierda del río Tumbes, es un canal excavado en tierra, y actualmente ha sido revestido con concreto en un tramo de 14 km de sus 24,5 km de recorrido total, ósea un 57%; y el resto del canal está sin revestir, unos 10,5 km, 43%; el caudal promedio de 8,00 a 10 m^3/s , cual conduce sus aguas captadas en la bocatoma La Peña (San Jacinto). A lo largo del canal sobre todo en sus tramos no revestidos, el canal ha perdido su sección de diseño (MIDAGRI, 2010).

Con la presente investigación se pretende lograr, que al menos en cuatro (04) quebradas, consideradas como cuencas pequeñas (Urcos en el distrito de Corrales, San Isidro, Cedros 1 y Cedros 2 en el mismo distrito) y que desembocan directamente en tramos del canal Margen Izquierda, y no siendo posible el diseño de infraestructura hidráulica de pase como canoas o superpasajes hidráulicos, estimados sus caudales máximos con modelos de cuencas secas, proyectar el diseño de obras de regulación de caudales, como son los muros transversales o traviesos, que construidos en los lugares más estrechos de estas cuencas, en base a gaviones rellenos con piedra de río; permitan bajar la fuerza erosiva de estas aguas en épocas de lluvias, generando pequeños embalsamientos de agua que servirían para el ganado principalmente; y permitirán disminuir y/o regular los fuertes caudales erosivos, el agua llegue con menos sedimentos a la caja hidráulica del Canal.

En la Región de Tumbes, se han realizado varias investigaciones de estimaciones de caudales máximos de diseño en cuencas, subcuencas o microcuencas, con los modelos hidrológicos de Creager, Racional Modificado e Iszkowski; así tenemos que Garabito, S. (2020) usando los métodos de Creager e Iszkowski obtuvo un caudal máximo de diseño de 1848,83 m^3/s ; y 661,08 m^3/s ; respectivamente para la cuenca de la quebrada Casitas – Bocapan en la Provincia de Contralmirante Villar; así mismo Atoche, G y Alemán, W (2019) para la subcuenca de la quebrada Angostura – Cabuyal en la provincia de Tumbes; usando el método racional modificado y el método de Creager, para un tiempo de retorno de 50 años se obtuvo un promedio de 1213,33 m^3/s , y 802,17 m^3/s ; respectivamente Chapoñan, R. (2024) para la subcuenca de la quebrada Faical en la provincia de Zarumilla usando estos mismos modelos hidrológicos

anteriormente indicados y comparándolos con métodos estadísticos; obtuvo un caudal máximo de diseño de 340,62 m³/s para un tiempo de retorno de 50 años.

En la presente investigación el objeto de estudio donde se centrará la misma son las 04 (cuatro) microcuencas Urcos, San Isidro, Cedros 1 y Cedros 2 que desembocan directamente en el canal de Irrigación Margen Izquierda, serán estudiadas de forma precisa y objetiva; será precisa porque estas están claramente definidas y delimitadas; y será objetiva porque se estudiarán tal cual como están en la realidad.

La importancia en la presente investigación radica en que es posible en cuencas secas sin registrar los caudales ni de lluvias dentro de su territorio, estimar los caudales máximos con modelos hidrológicos estudiados y que han dado ya los resultados adecuados para el diseño de infraestructura hidráulica de defensa ribereñas y para este estudio el diseño de obras de regulación de las fuerzas erosivas del agua como son los diques transversales o traviesas.

En la Región de Tumbes, a pesar de tener gran cantidad de Cuencas secas, las mismas que se activan sólo en épocas de lluvias, no ha existido mucho interés para estimar sus caudales máximos de diseño y proyectos por ejemplo obras de cosecha de agua, como cochas, zanjas de infiltración, etc; quebradas muy importantes como son las quebradas de corrales; La Jardina en el distrito de San Jacinto; y la quebrada Angostura – Cabuyal en el Distrito de Pampas de Hospital; en los últimos años el Estado a través de ANIN (Autoridad Nacional de Infraestructura) ha intervenido en estas subcuencas del río Tumbes, construyendo importantes obras de defensa ribereña como son muros de concreto y también estructuras de regulación como son los diques transversales; pero se desconoce que método hidrológico fue usado para calcular y/o estimar el caudal máximo de diseño; sin embargo si se indica que para el diseño de los diques longitudinales se ha usado un caudal de 1750 m³/s; estos para los diques en el río Tumbes más no para los de las quebradas; por lo tanto en la presente investigación se pretende dejar una metodología técnica que permita estimar los caudales máximos en cuencas secas y poder plantear diseños hidráulicos más convincentes y seguros que soportarán y evitar inundaciones de campos y pueblos. Por lo tanto el objeto principal de la presente investigación es estimar

el caudal máximo de diseño para cuencas secas usando modelos hidrológicos probados como son el método racional, creager, iszkowski y con ese caudal plantear el diseño hidráulico de diques transversales y regular el caudal y reducir el impacto del agua en caso de crecidas en la caja hidráulica del Canal Margen Izquierda en cuatro tramos; todos ellos ubicados en el distrito de Corrales donde por efecto de ello se ven perjudicadas unas 40 mil personas; (usuarios agrarios y no agrarios del Canal Margen Izquierda) por problemas de inundaciones y falta de agua para el procesamiento del agua potable en la planta de Los Cedros.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

En el presente proyecto citaremos diferentes investigaciones que nos permitirán ampliar nuestro conocimiento en la comunidad Científica de Caudales Máximos de diseño.

Internacionales

Suárez F. & Almeida. R. (2017) Tesis: “Análisis de correlación entre parámetros morfométricos, precipitaciones máximas y caudales máximos asociados a diferentes periodos de retorno en cuencas rurales”.

Estableció como objetivos establecer para 36 cuencas rurales de Colombia una correlación matemática entre las precipitaciones máximas, parámetros morfométricos y caudales máximos. Empleando una metodología aplicada mediante la cual determina las características geomorfológicas, la precipitación máxima en 24 horas y caudales del área en estudio, se obtuvo los resultados siguientes: que en función al caudal máximo existe una buena correlación entre los parámetros morfométricos y la precipitación máxima de la cuenca. Finalmente, establece como conclusiones que, para un amplio rango de aplicación es posible establecer relaciones matemáticas ya que es factible la correlación entre máximos caudales con tiempos de retorno diferentes, parámetros morfométricos y precipitaciones máximas.

Bermeo et al (2018) Tesis: “Estimación de los caudales máximos y caracterización morfométrica de la subcuenca del cauce en el sector

hidrodependiente del Municipio de San Francisco – Cundinamarca”

Estableció como objetivos aplicar el método de rendimiento de área y el software HEC-HMS para establecer el rango de los valores de los máximos caudales que se presentan en la cuenca. Empleando una metodología aplicada, mediante la cual determina las características geomorfológicas, la precipitación máxima en 24 horas y tormenta de diseño para el cálculo de caudales con el software HEC-HMS de la subcuenca en estudio, se obtuvo los resultados siguientes: el rango de los valores de los máximos caudales para los años 50 y 100 (tiempos de retorno), se encuentran entre 96.75 - 124.00 m³ /s y 121.328 - 161.30 m³ /s respectivamente. Finalmente, establece como conclusiones que, los resultados obtenidos del cálculo de los valores de los máximos caudales considerando tiempos de retorno diferentes y aplicando los métodos estudiados, no muestran desviaciones significativas.

Nacionales

Quispe, A. (2023): Evaluación de Caudales máximos de diseño mediante modelos hidrológicos en Subcuencas Alto Andinas con escasa información, Subcuenca Yacus, Junín 2021. Concluyó:

Los caudales máximos de diseño estimados por el modelo hidrológico, para la subcuenca Yacus son de 224.50-662.20 m³ /s, y para las microcuencas Paca (W800), Huambo (W680), Huala (W780), Masma (W1040), Yacus (W1130) y Molinos (W810) son de 26.50-72.00 m³ /s, 52.90-155.10 m³ /s, 31.10-90.10 m³ /s, 17.20-50.90 m³ /s, 66.30-198.50 m³ /s y 46.10-136.50 m³ /s, para los periodos de retorno de 25 a 500 años respectivamente. De acuerdo con el análisis comparativo con los valores generados por el Método de regionalización de caudales – Método de la Envolvente de Creager para la Subcuenca Yacus, el modelo hidrológico es representativo solo para las microcuencas Masma (W1040) y Molinos (W810). Estas

microcuencas son mediana y pequeña respectivamente, con áreas de 80.57-125.65 km² , pendientes de 25.92-33.56% (terrenos fuertemente accidentados), tiempos de concentración de 2.01-3.21 h y de formas alargadas, con baja probabilidad de ser cubiertas totalmente por una tormenta, por lo que la aplicación del modelo hidrológico está relacionada directamente a estas características físicas.

Avellaneda, C. Montalvo, E. (2019): “Análisis comparativo de los métodos Racional modificado Témez, Hidrogramas unitarios SCS, Clark y Snyder en la obtención de caudales máximos para las subcuencas Cañad y Alto Chancay Lambayeque – Cuenca Chancay Lambayeque”

estableció como objetivos analizar comparativamente los caudales máximos generados por los diferentes métodos, teniendo en cuenta los parámetros geomorfológicos del área de estudio. Empleando una metodología aplicada, mediante la cual determina las características geomorfológicas, la precipitación máxima en 24 horas y tormenta de diseño para el cálculo de caudales de las subcuencas en estudio, se obtuvo los resultados siguientes: que a partir de la modelación hidrológica en HEC-HMS determinó los caudales máximos para los periodos de retorno de 2, 5, 20, 25, 50, 100, 200, 500 y 1000 años por los métodos racional modificado, hidrograma unitario SCS y Clark, mediante los cuales obtuvo valores sobre estimados del caudal. Finalmente, establece como conclusiones que, el método del IILA - SENAMHI genera valores adecuados que permiten determinar las intensidades de diseño para el cálculo de los caudales máximos obtenidos por el método del hidrograma unitario de Snyder desarrollado mediante la modelación hidrológica en HEC-HMS, considerando finalmente que este método es el más recomendable para el cálculo de caudales en la zona de estudio.

Regionales

Garabito. A (2020): “Estimación del caudal máximo en cuencas secas

para diseño de defensa ribereña - caso quebrada Casitas - Bocapán Tumbes-2020". Concluyó:

El caudal máximo de diseño para un periodo de retorno de 50 años en la cuenca seca caso quebrada Casitas Bocapán es de: 635.84 m³/s.

Se aplicó el método Creager para determinar el caudal máximo, donde se obtuvieron 1843.82 m³/s para un tiempo de retorno de 50 años, es necesario mencionar que Creager es un método general con parámetros a utilizar a nivel nacional, el único dato que requiere es el área de cuenca y no considera datos de precipitación ni las características fisiografías de la cuenca; por lo tanto, los resultados difieren considerablemente respecto a los métodos estadísticos de frecuencia y la validación de los mismos; teniendo en cuenta además que son métodos empíricos, siendo prácticos para cuencas pequeñas.

Con el método empírico de Iszkowski a través de información de precipitación se logró elaborar una data histórica de 30 años, teniendo un caudal máximo de 661.08 m³/s en el año de 1998 y un caudal mínimo 29.10 m³/s en el año de 1996. Mediante el método de Manning se validó la información obtenida por Gumbel y Log Pearson III obteniendo un caudal de 615.95m³/s y 635.84 m³/s respectivamente.

Atoche. M & Alemán, W. (2019). Tesis: Estimación de caudales máximos en Cuencas secas y aplicación en diseños obras de defensas ribereñas: caso Quebrada Angostura, Tumbes, 2019. Concluyó:

Los caudales máximos obtenidos a partir de los modelos hidrológicos en la Cuenca Angostura Cabuyal resultan del promedio de los resultados entre los métodos Racional Modificado y el Método de Creager definido para cada periodo de retorno obteniendo caudales en un rango desde los 227.41 m³/s hasta alcanzar 1213.33 m³/s entre 2 y 500 años de periodo de retorno de 50 años que es de 802. 17 m³/s

y una pendiente de la parte Baja de La cuenca de 0.5 % como datos base para calcular los parámetros hidráulicos de una Defensa Ribereña, obteniendo: Un ancho Estable (B) de 106 m, una Superficie libre de (T) 114.02m, Un talud (Z) de 2, Un Área Húmeda de 220.57 m². Un perímetro Húmedo de 114.97 m, Un Bordo libre (Bl) de 0.8 m, una velocidad de 3.639 m/s y una profundidad de socavación es de 2.5 m que al sumarle el tirante hidráulico de 2 m nos general el tirante de socavación de 4.5 m.

Chapoñan. R (2024): Estimación del caudal máximo en cuencas secas para diseño de defensas ribereñas - caso quebrada Faical - Tumbes 2024.Concluyó:

La Sub Cuenca Faical posee una superficie de 139,989 *km*² y un perímetro de 74,8964 km, una longitud total del cauce de 46,06 km, una longitud de cauce de principal de 27,51 km que nos indica que es un cauce largo, una longitud de cauces secundarios de 18,55 km; un ancho medio de 5,09 km; una longitud total de curvas de nivel de 822417,63 m, un orden de jerarquización de orden 2 que nos indica que el orden de jerarquización es bajo, un número de escurrimientos de 29 que nos indica que el número de escurrimientos es bajo, un desnivel altitudinal de 765,24 m.s.n.m que nos indica que la clase de elevación es alta, una pendiente media del cauce principal de 2,78 % que nos indica que la clase de pendiente de cauce principal es suave, una pendiente media de la Sub cuenca de 15,43 % que nos indica que es una pendiente moderada, una curva hipsométrica, un perfil longitudinal, una pendiente por tramos (parte baja, parte media, parte alta), un rectángulo equivalente con un lado mayor de 32,69 km y un lado menor de 4,28 km, una densidad de drenaje de 0,33 *km/km*² que nos indica que la densidad de drenaje es baja, un índice de Gravelius de 1,75 que nos indica que es oval oblonga a rectangular oblonga, un coeficiente de forma de 0,1849 que nos indica que es muy poco achatada.

El caudal máximo de diseño es de 340,62 *m*³/s, para un periodo de

retorno de 50 años en la Sub cuenca Faical.

Se consideró el caudal máximo de diseño $340,62 \text{ m}^3/\text{s}$; para la Sub Cuenca Faical para un periodo de retorno de 50 años, y una pendiente de la parte Baja de La Sub cuenca de 0,95 %, como datos base para calcular los parámetros hidráulicos de una Defensa Ribereña, obteniendo: Las características de la sesión Típica para una Obra de Defensa Ribereña para un Dique Lateral son: Un ancho Estable (B) de 72 m, una profundidad media (H) de 3,85 m; una profundidad de socavación de 3,00 m; un tirante hidráulico de 1,61 m; una profundidad de uña de 1,00 m para tramos rectos, un ancho de uña de 1,50 m; una altura de muro de 2,10 m; una Superficie libre de (T) 78,44 m; un talud (Z) de 2, un Área Hidráulica (A) de $142,03 \text{ m}^2$; un Perímetro Húmedo de 92,20 m; un Radio Hidráulico (R) de 1,54 m; un Bordo libre (Bl) de 0,46 m; una velocidad de 2,86 m/s; y un numero de Froude (F) de 0,6786 que nos dice que es un flujo subcrítico.

2.2. Marco teórico

Cuenca hidrográfica

se compone básicamente de un conjunto de superficies vertientes a una red de drenaje formada por cursos de agua que confluyen hasta resultar en un único lecho colector.

Desde el punto de vista de la salida: existen dos tipos de cuencas: Endorreicas: el punto de salida está dentro de los límites de la cuenca ejemplo: lago

Exorreicas: el punto de salida se encuentra en los límites de la cuenca y está en otra corriente o en el mar. **(Campomanes, 2015)**.

Delimitación de una cuenca

Es la parte más importante de la caracterización de una cuenca. Esta delimitación se obtiene, al trazar una línea imaginaria sobre las divisorias de aguas en las llanuras de un cauce, la misma permite

observar con claridades cual es el límite que separa a las cuencas vecinas, permitiendo así distribuir el escurrimiento a consecuencia de las precipitaciones producidas en la parte alta de dichas llanuras **(Campomanes, 2015)**.

Perímetro de la Cuenca (P)

Es la longitud total de los límites de la cuenca; El perímetro (P) es la longitud del límite externo de la cuenca y depende del área y la forma que tenga la cuenca **(Campomanes, 2015)**.

Pendiente media de una Cuenca (S)

Es el promedio ponderado entre todas las pendientes que corresponden a las áreas fundamentales en las que se pueda considerar constante a la pendiente Máxima. Esta pendiente se calcula desde tiempos antiguos al dividir el desnivel de cotas con la longitud del cauce **(Campomanes, 2015)**. Su fórmula matemática es:

$$S = \frac{\Delta H}{L}$$

Pendiente media del cauce principal (S)

Tenazoa, (2018) sostiene:

El agua superficial concentrada en los lechos fluviales, escurre con una velocidad que depende directamente del declive de éstos, así a mayor declividad habrá mayor velocidad de escurrimiento. La pendiente media de la quebrada, es un parámetro empleado para determinar la declividad del curso del agua entre dos puntos, que generalmente lo constituye la naciente y su desembocadura en otro río.

$$S = \frac{HM - Hm}{L}$$

Donde:

S = Pendiente media de la quebrada
 L = Longitud del cauce principal en m
 HM = Altitud maxima msnm
 Hm = Altitud minima msnm

Índice de Compacidad o Coeficiente de Gravelius (K_c)

Campomanes (2015) afirma que este índice, es la relación que existe entre el perímetro de la cuenca respecto al perímetro de un círculo de la misma área.

Villón, M. (2002) manifiesta que este índice de compacidad, trata de expresar la influencia del perímetro y el área de la cuenca en la esorrentía, particularmente las características del hidrograma. También se le conoce como factor de forma de la cuenca, pues si $K_c=1$, la cuenca será de forma redonda, pero si K_c mayor que 1 esta será una cuenca alargada. Haciendo un análisis matemático obtenemos lo siguiente:

$$K_c = \frac{\text{Perímetro de la cuenca (P)}}{\text{Perímetro de un Círculo de igual área al de la cuenca (P_0)}}$$

$$K_c = \frac{P}{2\pi r} \dots\dots\dots(1)$$

Hallando radio:

$$A = \pi r^2 \dots\dots\dots(2)$$

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} \dots\dots\dots(3)$$

Sustituimos 3 en 1:

$$K_c = \frac{P}{2\pi \sqrt{\frac{A}{\pi}}} = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}}$$

$$K_c = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Orden de la Cuenca

Villon, M. (2002) manifiesta,

Que antes de enfocarnos en el orden de las corrientes que pertenecen a la cuenca, debemos conocer la clasificación de cada una de ellas, que dependen exclusivamente del escurrimiento y condiciones

climáticas de la conocida Cuenca Hidrográfica.

Estas corrientes pueden ser:

✓ **“Corriente Efímera:** Esta corriente sólo conduce agua cuando hay precipitaciones, luego se seca

✓ **Corriente Intermitente:** Lleva agua la mayor parte del año, principalmente en épocas de precipitaciones fuertes, este aporte desciende cuando el Nivel Freático o la también conocida Tabla de Agua desciende por debajo del lecho del cauce

✓ **Corriente Perenne:** Contiene agua todo el año, ya que aún en épocas de sequía es abastecida por el Nivel Freático que se encuentra por encima del lecho del Cauce.”

Por lo que llega a la conclusión, “de que el orden de la cuenca, es una clasificación que nos da como resultado el grado de ramificación dentro de la cuenta. Para hacer esto debemos contar con unos planos donde estén bien definidos cada corriente o afluente ya sean” Efímeras, Intermitentes o perennes.

Densidad de Drenaje

Villón, M. (2002) nos expresa que esta característica nos da como resultado una información real y concisa de la longitud de los afluentes por unidad de área, es decir: $Dd = L/A$

Donde:

Dd: Densidad de drenaje

L: longitud de las corrientes perennes o intermitentes en Km.

A: Área de la cuenca en Km²

Campomanes (2015) afirma: “Una densidad alta refleja una cuenca muy bien drenada que debería responder relativamente rápido al

influjo de la precipitación; una cuenca con baja densidad refleja un área pobremente drenada con respuesta hidrológica muy lenta.

Curva Hipsométrica

Es la curva que, puesta en coordenadas rectangulares, representa la relación entre la altitud y la superficie de la cuenca que queda por debajo de dicha altitud.

El investigador **Villón, M. (2002)**. Para realizar esta curva se siguen los siguientes pasos:

- ✓ “Se marcan sub áreas de la cuenca siguiendo las curvas o también llamadas ondas de nivel, por ejemplo, de 100 en 100 m.
- ✓ Con el planímetro o balanza analítica, se determinan las áreas parciales de esos contornos.
- ✓ Se determinan las áreas acumuladas, de las porciones de la cuenca.
- ✓ Se determina el área acumulada que queda sobre la altitud del contorno.
- ✓ Se plotean las altitudes, versus las correspondientes áreas acumuladas que quedan sobre las altitudes.”

Perfil Longitudinal

Los perfiles longitudinales, son los planos en los que se reflejan las diferencias altimétricas de un itinerario o de dos puntos en concreto, reflejando en dichos planos las distintas pendientes y distancias parciales y a origen de la traza (trayecto). Dichos perfiles nos servirán como reflejo del comportamiento del terreno tanto en (proyectos de viviendas, terrazas y bancales) como en ingeniería (proyectos de trazados de vías públicas, canalizaciones etc)

Escorrentía

La escorrentía es un proceso físico que consiste en el escurrimiento del agua de lluvia por la red de drenaje hasta alcanzar la red fluvial. La escorrentía es uno de los procesos básicos que se incluye en el ciclo del agua. (<https://www.iagua.es/respuestas/que-es-escorrentia>).

Máximas Avenidas

(Villon, M. 2002) Indica que los “Caudales máximos permiten diseñar: las dimensiones de un cauce, sistema de drenaje, muros de encauzamiento para proteger ciudades plantaciones, alcantarillas, vertederos de demasía, luz de puentes, debe estimar el caudal de diseño, que, para esos casos, son los caudales máximos.”

La magnitud del caudal de diseño, es función directa del período de retorno que se le asigne, el que a su vez depende de la importancia de la obra y de la vida útil de la misma.

Métodos de determinación de Máximas Avenidas

➤ Método de Creager

García M., (2011)

“Este método, originalmente desarrollado por Creager, fue adaptado para el territorio peruano por Wolfgang Trau y Raúl Gutiérrez Yrigoyen.” Así mismo indica que “La aplicación de este método permite la estimación de los caudales máximos diarios en cuencas sin información, para diferentes periodos de retorno, tomando el área de la cuenca como el parámetro de mayor incidencia en la ocurrencia de

$$Q_{max} = (C_1 + C_2) * \log T * A^{m*A^{-n}}$$

caudales máximos.”

Donde:

Q_{max} : caudal máximo para un período de retorno Tr , en m^3/s

A : área de la cuenca aportante, en km^2

T : período de retorno, en años

C_1 , C_2 : coeficientes adimensionales de escala, por regiones hidráulicas m ,

n : exponentes adimensionales, por regiones hidráulicas.



Fig. 1: Regiones hidráulicas Método de Creager

Para cada una de las zonas que se identifican, se establecerá el conjunto de coeficientes y exponentes indicados en la tabla 1:

Tabla 1: Coeficientes y exponentes a usar en CREAGER

Región	C_1	C_2	m	n
1	1.01	4.37	1.02	0.04
2	0.10	1.28	1.02	0.04
3	0.27	1.48	1.02	0.04
4	0.09	0.36	1.24	0.04
5	0.11	0.26	1.24	0.04
6	0.18	0.31	1.24	0.04
7	0.22	0.37	1.24	0.04

Fuente. García, M. 2011

- Método de Iszkowski

$$Q = m * C * P (A * 10^{-3})$$

Donde:

Q: descarga máxima (m³/s)

A: área de la Sub cuenca (Km²)

P: precipitación total anual promedio (mm)

m: factor por el tamaño de la cuenca

C: coeficiente de la morfología de la cuenca

- **Fórmula racional**

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{360}$$

Donde:

Q máx.: caudal de diseño, en m³/s

A: Superficie de la cuenca (Ha)

I: Intensidad de lluvia en mm/h, con duración igual al tiempo de concentración de la cuenca y con frecuencia igual al período de retorno seleccionado para el diseño

C: Coeficiente de escorrentía.

Caudal máximo de diseño

Se debe considerar en primer lugar la distancia de inicio y descarga de los sub drenes, dado que, a mayor distancia de recorrido, su capacidad de transporte deberá incrementarse debido al aporte de caudales a lo largo de su recorrido.

Los posibles caudales de aporte, que conforman el caudal total, los cuales pueden afectar la estructura del pavimento son:

El caudal generado por la infiltración de las aguas provenientes de precipitaciones pluviales y de sectores con régimen de riego permanente que discurren sobre el talud superior adyacente a la carretera.

El caudal generado por el abatimiento del nivel de agua subterránea, en lugares donde el nivel freático alcance una altura tal, que supere el nivel de subrasante afectando la estructura del pavimento. **(MTC, 2019).**

Precipitación

Es toda forma de humedad, que originándose. En las nubes, llega hasta la superficie terrestre. De acuerdo a esta definición, las lluvias, las granizadas las garúas, y las nevadas son formas distintas del mismo fenómeno de la precipitación. También se denomina precipitación al agua que proviene de la humedad atmosférica y cae a la superficie terrestre, principalmente en estado líquido (llovizna y lluvia) o en estado sólido (escarcha, nieve y granizo). **(Campomanes, 2015).**

Curvas de IDF

Las Curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia son de amplio uso en los métodos de diseño de drenajes pluviales, canales abiertos de drenaje y presas. También, son generalmente elaboradas por los organismos encargados del procesamiento de la información pluviográfica en cada país, convirtiéndose en prácticamente un aspecto normativo ligado al diseño en cuestión.

En todo caso, el procedimiento para la realización del análisis de Intensidad-Duración-Frecuencia, considerando que se cuentan con registros de precipitaciones máximas en una estación meteorológica (pluviométrica) cercana al sitio en el que se realizará el diseño de la Obra Hidráulica que requiera de esta herramienta Hidrológica.

En líneas generales, para ejecutar el análisis de Intensidad-Duración-Frecuencia, se tabulan los registros obtenidos de las bandas pluviográficas de la estación de medición para diversas duraciones. Dependiendo del tipo de diseño, estas duraciones podrán ser de 5, 10, 15, 30, 45 minutos y 1, 2, 3, 6, 12, 24 horas. (<https://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/creando-curvas-de-intensidad-duracion-frecuencia/>).

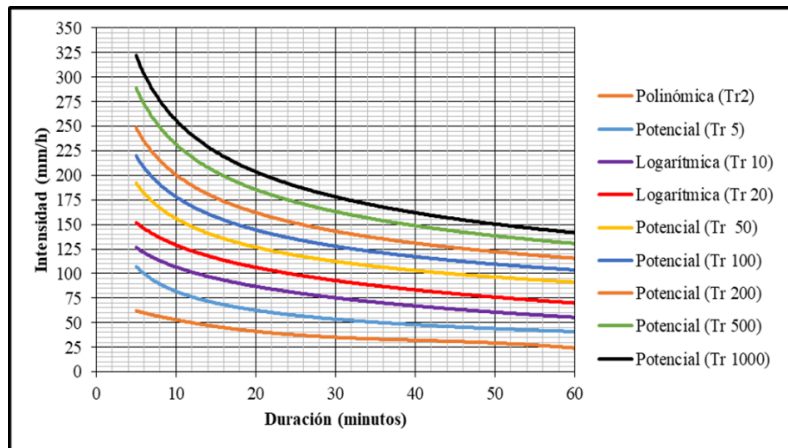


Fig. 2: Curvas de IDF

Socavación

Se refiere específicamente a la erosión hídrica en el lecho de un cauce, causada por la fuerza del agua en movimiento; puede ocurrir en diferentes lugares: como en la base de estructuras sub acuáticas (socavación local), en curvas de ríos (socavación en curvas) o en áreas donde el caudal del agua aumenta (socavación general).

Es llamada también erosión renovable, es un fenómeno que comprende el levantamiento y transporte de los materiales del lecho del río “en el momento” de una avenida o creciente.

La socavación es controlada por las características hidráulicas del cauce y las propiedades de los sedimentos del fondo (**Comisión Federal de electricidad s/f**).

Dique Transversal

Operan como pequeñas presas vertedero su objetivo principal es el de reducir la velocidad del flujo en un tramo específico, aguas arriba de la obra. Actúan como estructura de control (Nava, A. s/f).

Es una estructura lineal construida perpendicularmente al flujo de agua en un cauce, como un río o torrente con el objetivo de mitigar la erosión, controlar el flujo y en algunos casos, retener sedimentos; por lo tanto sus usos y funciones más importantes son: corrección de cauces torrenciales (pendientes pronunciadas, estabilizan el lecho y laderas, previniendo la erosión y deslizamientos de tierra); control de inundaciones (ayudan a retener temporalmente el agua y los sedimentos, reduciendo el impacto de estos eventos); control del sedimento (al reducir la velocidad del agua, los diques transversales permiten la sedimentación, lo que puede ser útil para la recuperación de terrenos o la estabilización de ríos); para la presente investigación, los diques transversales a proyectar permitirán controlar la inundación y control de sedimentos por efecto de las lluvias cuyas aguas llegan a la caja hidráulica del canal de irrigación de la margen izquierda del río



Tumbes.

Fig. 3: Dique transversal

Ancho estable de un cauce

En la presente investigación se utilizará el Método de Blench y Altunin, el cual considera un factor de fondo (F_b); y un factor de orilla (F_s); siendo el modelo el siguiente:

$$B = 1,81(Q * \frac{F_b}{F_s})^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

B: ancho del cauce en m

Fb: factor de fondo

0,80 materiales finos ($D_m < 0,50$ mm)

1,20 materiales gruesos ($D_m > 0,50$ mm)

Fs: factor de orilla

0,10 para materiales sueltos

0.20 para materiales ligeramente cohesivos

0,30 para materiales cohesivos

Q: caudal máximo de diseño m^3/s

Diques Transversales**ANA (2023)****Criterios de diseño**

Para la propuesta de ingeniería se ha considerado los siguientes criterios generales en el diseño de las estructuras.

Se está considerando diques tipo cerrado, para retener sedimentos que se generan en la quebrada Panorama.

Para el diseño se ha considerado el caudal que corresponde a un periodo de retorno igual a 100 años.

La ubicación propuesta de cada una de las estructuras tiene que ver con las condiciones topográficas que existen en el tramo elegido, menor ancho de cauce y espacio aguas arriba para almacenar sedimentos.

Capacidad del vertedero

El vertedero se calcula para un cierto caudal de diseño, para el caso de los diques transversales propuestos se ha previsto calcular la lámina de agua que discurre sobre la estructura mediante la fórmula de vertedero de cresta ancha $Q = C * L * hr^{\frac{3}{2}}$, siendo el coeficiente $C=1.45$, para cresta ancha, con inclinación de las paredes laterales. **(ANA, 2023)**

Donde:

Q = caudal de diseño (m³/s)

C = coeficiente de descarga

hr = altura de la lámina de agua (m)

Lámina vertiente

La trayectoria de la lámina vertiente sirve para determinar su energía y la zona de impacto en la fundación, dicha trayectoria corresponde a la de una parábola. **(ANA, 2023).**

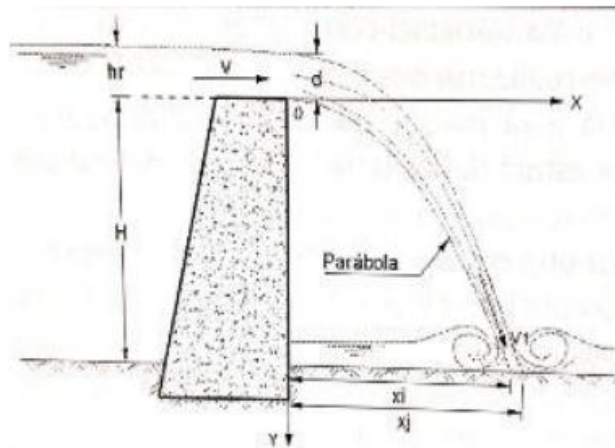


Fig. 4: Lamina vertiente

Para el cálculo se realizó mediante el siguiente procedimiento.

$$q = \frac{Q}{Lv}$$

Donde:

Q = caudal de diseño (m³/s)

Lv= longitud del vertedero (m)

Luego la velocidad V, viene definida por la siguiente expresión:

$$V = \frac{q}{hr}$$

Donde:

q= caudal unitario (m³/s/m)

hr= altura de la lámina de agua (m)

La distancia Xi y Xj que definen el área de impacto de la lámina,

$$X_i = V * \sqrt{\frac{2H}{g}}$$
$$X_j = V * \sqrt{\frac{2(H + hr)}{g}}$$

vienen expresadas con:

Donde:

V= velocidad horizontal del flujo (m/s)

g= aceleración de la gravedad (m/s²)

hr= altura de la lámina de agua (m)

H= altura total del dique, desde la rasante del cauce (m)

Por su parte, la velocidad del flujo cuando impacta sobre el lecho del cauce se puede calcular con la siguiente expresión:

$$V_1 = \sqrt{2 * g * (H + hr)}$$

Donde:

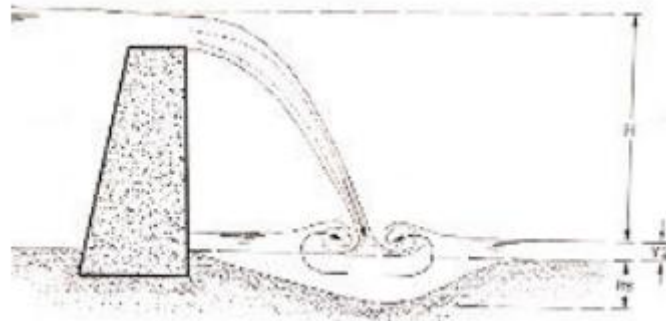
g= aceleración de la gravedad (m/s²)

hr= altura de la lámina de agua (m)

H= altura total del dique, desde la rasante del cauce (m)

Socavación al pie del dique

Al caer al pie del dique la lámina vertiente tiene una velocidad muy alta, que producirá arrastre de material de fondo en consecuencia la



socavación del lecho por los remolinos que se producen. (ANA, 2023).

Fig. 5: Socavación al pie del dique

Existen muchas formas y fórmulas para calcular la socavación que produce una caída de agua en los materiales aluvionales de los cauces, una de las fórmulas utilizadas es la de Schokilttsch.

$$h_s = 4.75 * \frac{H^{0.20} * q^{0.57}}{D_{90}^{0.32}} - Y_2$$

Donde:

hs= socavación (m)

Y2= tirante aguas abajo del dique (m)

H= altura de carga hidráulica (m)

q= caudal unitario (m³/s/m)

D₉₀= diámetro del material de cauce (mm)

Poza disipadora de energía

Como se indicó anteriormente, la lámina de agua que cae desde el vertedero tiene una energía que está en función de la altura de la caída y del caudal, para ello se calcula la distancia necesaria para una

$$L_c = X_j + L_r$$

poza disipadora de energía. (ANA, 2023).

Donde:

X_j = distancia horizontal de impacto de la lámina (m)

L_r = longitud necesaria para alojar el resalto hidráulico (m)

La longitud L_r , puede aproximarse como:

$$L_r = 5Y_2$$

La profundidad inicial del resalto Y_1 , puede calcularse mediante:

$$Y_1 = \frac{q}{V_1}$$
$$V_1 = \sqrt{2g(H + hr)}$$

La profundidad conjugada del resalto Y_2 , es:

$$Y_2 = \frac{Y_1}{2} (\sqrt{1 + 8F_1} - 1)$$

Siendo F_1 el número de Froude del flujo al inicio del resalto:

$$F_1 = \frac{V_1}{\sqrt{g * Y_1}}$$

Pre dimensionamiento

En el pre dimensionamiento se determina el ancho del vertedero e , que depende de la altura del dique, se puede adoptar valores que varían entre 0.70 m y 1.50 m o aplicando las siguientes expresiones:

$$e = 0.40 \text{ (m)}$$

$$e = 1 + H/10 \text{ (m)}$$

para el cálculo del ancho de la base, se puede utilizar la siguiente expresión:

$$B = \sqrt{\frac{5}{4} * e^2 + \frac{H + (H + 3hr) * \gamma_w}{\gamma_c}} - \frac{e}{2}$$

Donde:

γ_w = peso específico del agua (T/m³)

gc= peso específico de la mampostería (T/m³)

Periodo de Retorno

Con la finalidad de adoptar un periodo de retorno a utilizar en el diseño de una obra, es necesario considerar la relación que existe entre la probabilidad de excedencia de un evento, la vida útil de la estructura y el riesgo de falla admisible, dependiendo este último, de factores económicos, sociales, técnicos y otros. Para esto se ha tenido en cuenta lo que se indica en el manual de hidrología, hidráulica y drenaje del MTC.

El criterio de riesgo es la fijación, a priori, del riesgo que se desea asumir por el caso de que la obra llegase a fallar dentro de su tiempo de su vida útil, lo cual implica que no ocurra un evento de magnitud superior a la utilizada en el diseño durante el primer año, durante el segundo, y así sucesivamente para cada uno de los años de vida de la obra. **(ANA, 2023)**.

El riesgo de falla admisible en función del periodo de retorno y vida útil de la obra está dado por:

$$R = 1 - (1 - 1/T)^n$$

Donde:

R= Riesgo de falla

n= Vida útil de la obra (años)

T= Periodo de retorno (años)

En el siguiente cuadro se presenta valores recomendados de riesgos admisibles para algunas estructuras, según manual de hidrología, hidráulica y drenaje del MTC.

Tabla 2: Valores recomendados de riesgos admisibles para algunas estructuras

TIPO DE OBRA	RIESGO ADMISIBLE (*) %
Puentes	25
Alcantarillas de paso de quebradas importantes y badenes	30
Alcantarillas de paso de quebradas menores y descarga de agua de cunetas	35
Drenaje de la plataforma (a nivel longitudinal)	40
Subdrenes	40
Defensas Ribereñas	25

Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje MTC

Vida útil considerado en el manual (n)

Puentes y defensas ribereñas: n= 40 años

Alcantarillas de quebradas importantes: n= 25 años

Alcantarillas de quebradas menores: n= 15 años

Drenaje de plataforma y sub drenes: n= 15 años

Para el caso del proyecto, se está considerando:

$r= 0.35$

n= 40 años

reemplazando en la formula se obtiene que $T= 93.36$, similar al T_r de 100 años asumido en la hidrología para el cálculo de los caudales en la quebrada.

Erosión

Teran, (1998) describe que:

Proceso destructivo de los materiales de la corteza terrestre por acción de los procesos geológicos, que implica fractura miento, fisura

miento. alteración física y/o química hasta el momento de arranque de los materiales, sin considerar el transporte. Los agentes erosivos son: agua, viento y el hombre mismo.

La erosión es una fase del proceso de degradación, el cual tiene 3 fases: erosión, transporte y sedimentación.

La erosión fluvial es un trabajo continuo que realizan las aguas corrientes sobre la superficie terrestre. La erosión fluvial considerando el drenaje socava el valle en forma de V (perfil transversal), causando la profundización del cauce, el ensanchamiento y el alargamiento; según el estado de desarrollo hará más o menos intenso el proceso.



Fig. 6: Mecanismo de la erosión por agua

Inundaciones

Según (INDECI, 2008) “Las inundaciones se producen cuando las lluvias intensas o continuas sobrepasan la capacidad de campo del suelo, el volumen máximo de transporte del río es superado y el cauce principal se desborda e inunda los terrenos circundantes”, las inundaciones generan daños para la vida de las personas, sus bienes e infraestructura, pero además causan daños sobre el medio ambiente y el suelo de las terrazas de los ríos. Las inundaciones son causas de la erosión y sedimentación de las fuentes de agua.

Temperatura

La temperatura es una magnitud referida a la noción de calor medible mediante un termómetro. En física, se define como una magnitud

escalar relacionada con la energía interna de un sistema termodinámico, definida por el principio cero de la termodinámica. Más específicamente, está relacionada directamente con la parte de la energía interna conocida como energía cinética, que es la energía asociada a los movimientos de las partículas del sistema, sea en un sentido traslacional, rotacional, o en forma de vibraciones. A medida que sea mayor la energía cinética de un sistema, se observa que este se encuentra más «caliente»; es decir, que su temperatura es mayor. (<https://es.wikipedia.org/wiki/Temperatura>).

Riesgo

(INDECI, 2008) “es la estimación o evaluación matemática de pérdidas de vidas, daños a bienes materiales, y a la propiedad, para un período específico y áreas conocidos, de un evento específico de emergencia. Se calcula en función del peligro y la vulnerabilidad”

Vulnerabilidad

(INDECI, 2008) Refiere como el grado de resistencia y exposición física social de un elemento o conjunto de elementos (vidas humanas, patrimonio, servicios vitales, infraestructura, áreas agrícolas y otros), como resultado de la ocurrencia de un peligro de origen natural o inducido por el hombre. Se expresa en términos de probabilidad en porcentaje de 0 a 100. Es el grado de facilidad con que estos elementos sufren daños por exposición al peligro.

3.1. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación

3.1.1. Ubicación Geopolítica

Región	Provincia	Distrito	Localidad o sector
Tumbes	Tumbes	Corrales	Urcos, San Isidro, Los Cedros

3.1.2. Ubicación Geodésica

Quebrada Urcos

Coordenadas UTM (m)		DATUM	Zona UTM	Altitud msnm
N	E	WGS 84	17 M	25
9599205	559327			

Quebrada Cedros 1

Coordenadas UTM (m)		DATUM	Zona UTM	Altitud msnm
N	E	WGS 84	17 M	28
9599737	552091			

Quebrada Cedros 2

Coordenadas UTM (m)		DATUM	Zona UTM	Altitud msnm
N	E	WGS 84	17 M	24
9599587	552966			

Quebrada San Isidro

Coordenadas UTM (m)		DATUM	Zona UTM	Altitud msnm
N	E	WGS 84	17 M	21
9600354	554522			

3.1.3. Mapa de Ubicación

MAPA DE UBICACIÓN DE CUATRO (04) QUEBRADAS: (CEDROS1, CEDROS2, SAN ISIDRO, URCOS)

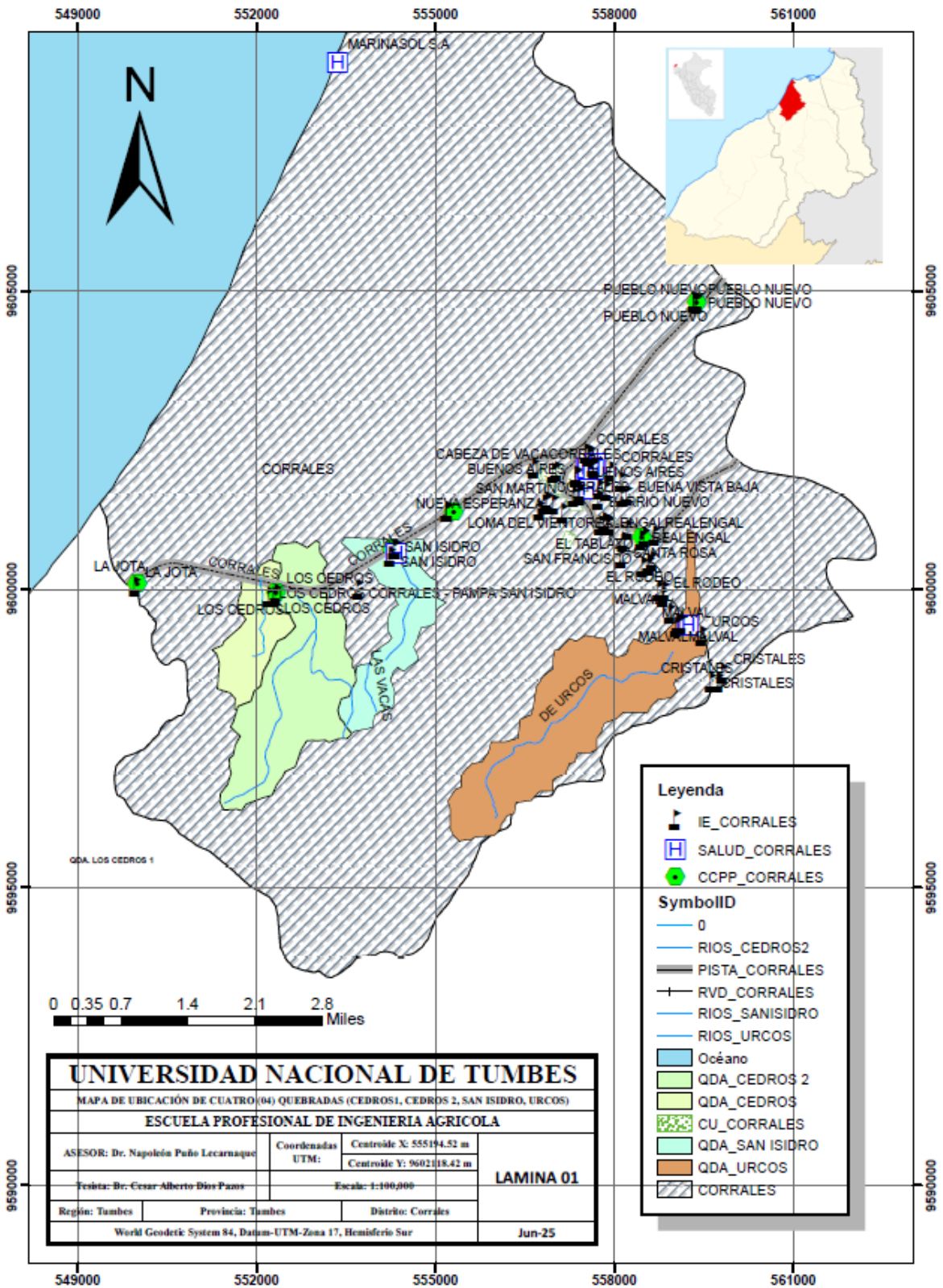


Fig. 7: Ubicación (04) quebradas: (cedros 1, Cedros 2, San isidro, Urcos)

3.2. Materiales y métodos

Materiales

- ✓ Data de precipitación (mediante esta información se procederá a calcular caudales máximos.)
- ✓ Cartas nacionales (para la parte Hidrológica)
- ✓ Imágenes satelitales (para georreferenciar)

Equipos

- ✓ Laptop (para procesar la información recolectada en el campo, realizar el informe, y uso de software, ArcGIS, Word, entre otros)
- ✓ Calculadora. (para sacar cálculos)
- ✓ Cámara fotográfica. (para capturar evidencias del trabajo realizado)

Software o programas

- ✓ Microsoft Word (para redactar el informe de tesis)
- ✓ Microsoft Excel (para realizar tablas y cálculos que se requiere)
- ✓ Power Point (para realizar las diapositivas de la tesis)
- ✓ ArcGis 10.8.2 (para hallar los parámetros geomorfológicos de la cuenca)
- ✓ Google Earth (Para ubicar satelitalmente la cuenca a estudiar)
- ✓ Hydrognomon (Para calcular las precipitaciones máximas diarias)

3.3. Métodos, Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos Técnicas

Métodos

Se analizará la presente investigación por el método científico específico inferencial deductivo ya que se partirá analizando las características generales de las microcuencas para la ubicación de la obra o infraestructura hidráulica de regulación de caudales. (Carrasco, 2019).

Técnicas

Las técnicas que se emplearon fueron los sistemas de información geográfica, hidrológica, ArcGIS 10.8.2, métodos empíricos como modelo de Creager, Racional Modificado e Iszkowski.

Instrumentos de recolección de datos

a. Cartas nacionales: Se utilizaron en la parte hidrológica, para la determinación

de parámetros de la Sub cuenca, se descargaron de la siguiente página: <https://www.geogpsperu.com/2013/09/cuadro-de-empalmede-la-cartografia.html> una vez descargado el cuadrante 8C, zona 17M donde se encuentra ubicada la Sub

cuenca Faical, se procesó la información en el software “ArcGIS 10.8.2” en donde se obtuvieron los parámetros de cuenca, principalmente se necesitó el área de la quebrada, dato indispensable para continuar con los métodos de estimación de caudal como Creager, Racional Modificado e Iszkowski y posteriormente calcular un caudal de diseño mediante Gumbel y Log Pearson tipo III.

b. Data de precipitación: El ámbito de la Sub cuenca Faical, presentada que tenemos es el registro que brinda la estación meteorológica de Matapalo y Papayal,

el cual ha sido descargado de la página de SENAMHI (<https://www.senamhi.gob.pe/?&p=estaciones>) e información que brinda el Proyecto Especial Binacional Puyango Tumbes – PEBPT, La precipitación se

encuentra registrada por hora, la cual se procesó en el software Excel para obtener

una data de precipitación anual con esta información se pudo trabajar los métodos

como lo es Racional Modificado e Iszkowski y por medio de este obtener una data

de caudales máximos.

c. Data de caudales: Se obtuvo mediante los métodos de Creager, Racional Modificado e Iszkowski a base de la data de precipitación, esta información nos fue

útil para determinar el caudal máximo de diseño para defensas ribereñas en la quebrada Faical mediante los métodos de Gumbel y Pearson Tipo III.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Características geomorfológicas de las (04) microcuencas (cedros 1, cedros 2, san isidro, urcos)

4.1.1.1. Características geomorfológicas de la quebrada cedros 1

I. Variable superficial

Área de la Quebrada (A)

Área de la cuenca: 1,66 Km²

II. Variables lineales

Perímetro(P): 6,74 Km

Longitud total del cauce (Ltc): Es la sumatoria total de las longitudes de los ríos, la unidad de medida es en Km

$Ltc = 1,52Km$

Longitud de cauce principal (Lcp): Es la distancia del cauce principal desde el río receptor hasta su nacimiento cerca de la divisoria.

$Lcp = 1,52 Km$

Tabla 3: Clases de valores de longitud de cauce principal de la quebrada

Rangos de longitud (km)	Clases de longitud del cauce
< 11	Corto
11-15	Mediano
>15	Largo

cedros 1

Fuente: Delgado, E. 2011

Según el cálculo que resultó y en comparación con el cuadro la longitud del cauce principal de la quebrada cedros 1 es corto.

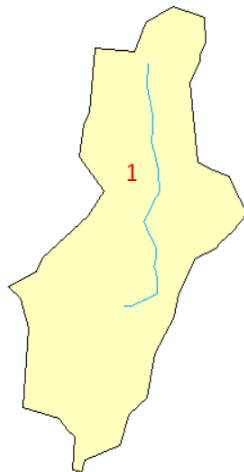
Ancho medio (A_m): Es el promedio del ancho medido en varias secciones de la cuenca. También se ha definido como el cociente entre el área y la longitud principal del cauce.

$$A_m = \frac{A}{L_{cp}}$$

$$A_m = \frac{1,66 \text{ Km}^2}{1,52 \text{ km}}$$

$$A_m = 1,09 \text{ Km}$$

Orden de Jerarquización (OJ): Este índice indica el grado de estructura de la red de drenaje.



$$OJ = 1$$

Fig. 8: Orden de jerarquización de la quebrada Cedros 1

Tabla 4: Clases de valores de orden de jerarquización de la quebrada cedros 1

Rangos de ordenes	Clases de orden
< 3	Bajo
3 - 6	Medio
> 6	Alto

Fuente: Delgado, E. 2011

Según el cálculo que resultó y en comparación con el cuadro el orden de jerarquización de la quebrada cedros 1 es bajo.

III. Variables de desnivel

Desnivel altitudinal: Es la diferencia entre la altitud del punto más alto y más bajo del cauce.

Punto más alto= 100 m.s.n.m

Punto más bajo= 50 m.s.n.m

DA = 50 m.s.n.m



Rowid	VALUE	COUNT	AREA	MIN	MAX	RANGE	MEAN	STD	SUM
1	1	1042	937800	50	52.251545	2.251545	50.028199	0.215918	52129.38356
2	2	13	11700	52.510311	54.837048	2.326736	53.848964	0.779875	700.036526
3	3	20	18000	55.09536	57.101181	2.005821	56.350784	0.553797	1127.015278
4	4	16	14400	57.650063	59.817238	2.167175	58.77088	0.589695	940.334084
5	5	20	18000	60.146568	62.492466	2.345898	61.437424	0.739513	1228.748489
6	6	18	16200	62.530636	64.85791	2.327274	63.698016	0.780304	1146.564293
7	7	21	18900	65.305481	67.476082	2.170601	66.311508	0.661831	1392.541664
8	8	19	17100	67.507904	69.965912	2.458008	68.885349	0.861506	1308.821625
9	9	19	17100	70.011978	72.426102	2.414124	70.984921	0.838446	1348.713493
10	10	28	25200	72.663528	74.990288	2.326759	73.738473	0.707428	2064.677246
11	11	16	14400	75.140167	77.493317	2.353149	76.646417	0.780375	1226.342674
12	12	28	25200	77.504745	79.869331	2.364586	78.530551	0.82273	2198.855431
13	13	25	22500	80.06266	82.427238	2.364578	81.330096	0.587904	2033.252396
14	14	29	26100	82.510864	84.974663	2.463799	83.975351	0.848263	2435.285187
15	15	21	18900	85.020729	87.488113	2.467384	86.255377	0.765477	1811.362923
16	16	33	29700	87.50589	89.920219	2.41433	88.71094	0.663741	2927.461006
17	17	25	22500	90.063797	92.456009	2.392212	91.630547	0.696813	2290.76368
18	18	27	24300	92.502075	94.951424	2.449348	93.659271	0.785003	2528.800316
19	19	30	27000	95.142448	97.388012	2.155563	96.312099	0.482938	2889.362961
20	20	395	355500	97.507027	100	2.492973	99.9318	0.319561	39473.061157

Fig. 9: Desnivel altitudinal de la quebrada cedros 1

Tabla 5: Clase de valores de elevación media (m) de la quebrada cedros 1

Rangos de elevación	Clases de elevación
< 200	Baja
200- 500	Media
>500	Alta

Fuente: Delgado, E. 2011

Según el cálculo que resultó y en comparación con el cuadro la clase de elevación es baja.

Pendiente media del cauce principal (Sc): La pendiente del cauce se la puede estimar por diferentes métodos, uno de ellos es el de los valores extremos, el cual consiste en determinar el desnivel H entre los puntos más elevado y más bajo del río en estudio y luego dividirlo entre la longitud del mismo cauce.

$$Sc = \frac{H_{m\acute{a}x} - H_{m\acute{i}n}}{L} \times 100$$

H máx: cota máxima de la cuenca

H min: cota mínima de la cuenca

L: Longitud de cauce principal en m

$$Sc = \frac{100 - 50}{1,52(1000)} \times 100$$

$$Sc = 3,28 \%$$

Tabla 6: Clase de valores de pendiente de cauce de la quebrada cedros 1

Rangos de pendiente (%)	Clases
<10	Suave
10-30	Moderada
>30	Fuerte

Fuente: Delgado, E. 2011

Según el cálculo que resultó y en comparación con el cuadro la clase de pendiente del cauce principal de la quebrada cedros 1 es suave.

Curva hipsométrica: La curva hipsométrica permite estimar la etapa de la cuenca en su desarrollo geomorfológico y analizar la cuenca según niveles altitudinales

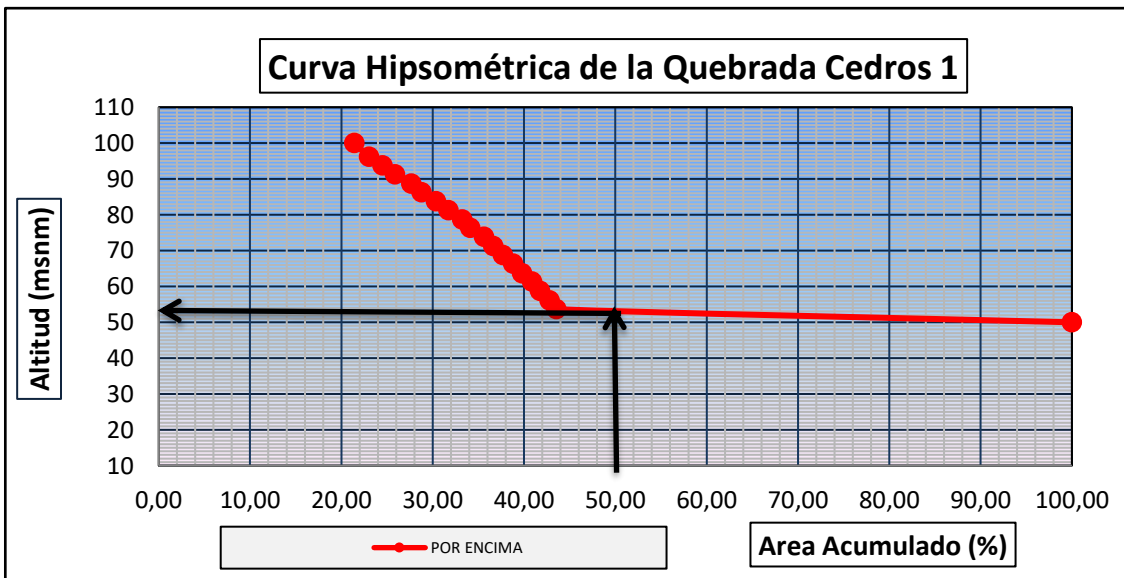


Fig. 10: Curva Hipsométrica de la quebrada Cedros 1

Rectángulo Equivalente

Lado mayor =

$$L = \frac{K\sqrt{A}}{1.12} \left(1 + \sqrt{1 - \frac{1.12^2}{K}} \right)$$

Lado menor =

$$l = \frac{K\sqrt{A}}{1.12} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{1.12^2}{K}} \right)$$

Donde:

$A =$ area de la cuenca (km^2)

$k =$ coeficiente de compacidad o indice de gravelius

$$L = \frac{K\sqrt{A}}{1.12} \left(1 + \sqrt{1 - \frac{1.12^2}{K}} \right)$$

$$L = \frac{1,46\sqrt{1,66}}{1,12} \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{1,46}\right)^2} \right)$$

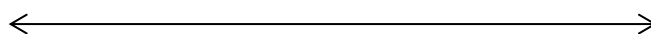
$$L = 2,77 \text{ km}$$

$$l = \frac{K\sqrt{A}}{1.12} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{1.12^2}{K}} \right)$$

$$l = \frac{1,46\sqrt{1,66}}{1,12} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{1,46}\right)^2} \right)$$

$$l = 0,60 \text{ km}$$

$$L = 2,77 \text{ km}$$



$$l = 0,60 \text{ km}$$

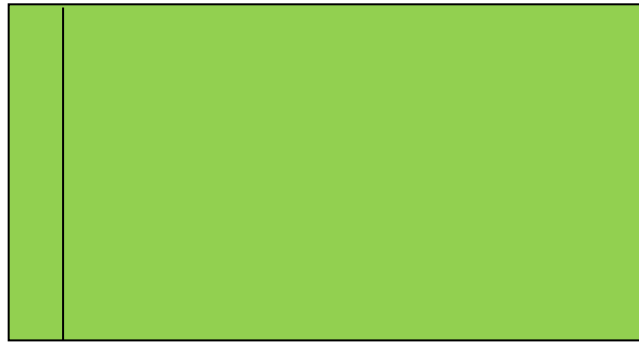


Fig. 11: Rectángulo Equivalente de la quebrada Cedros 1

IV. Variable de densidad

Densidad de drenaje (Dd):

$$D_d = \frac{\sum L_i}{A} \dots \dots \frac{\text{Km}}{\text{Km}^2}$$

L_i: Longitud total de los ríos

A: Área de la cuenca

$$D_d = \frac{1,52 \text{ Km}}{1,66 \text{ Km}^2}$$

$$D_d = 0,92 \text{ Km/Km}^2$$

Tabla 7: Clase de valores de densidad de drenaje de la quebrada cedros 1

Rangos de densidad	Clases
<5	Baja
5-10	Moderada
>10	Alta

Fuente: Delgado, E. 2011

Según el cálculo que resultó y en comparación con el cuadro la clase de densidad de drenaje de la quebrada cedros 1 es baja.

Coeficiente de compacidad (Kc) o de Gravelius

$$K_{c_g} = 0.28 \left(\frac{P}{\sqrt{A}} \right)$$

K_{cg}: Coeficiente de compacidad o de gravelius

P: Perímetro de la cuenca em Km

A: Área de la cuenca en Km²

$$Kc_g = 0.28 \left(\frac{6,74 \text{ Km}}{\sqrt{1,66 \text{ Km}^2}} \right)$$

$$Kc_g = 1,46$$

Tabla 8: Clases de valores de compacidad de la quebrada cedros 1

Rangos de K_c	Clases de compacidad
< 1.25	Redonda a oval redonda
1.25 – 1.50	De oval redonda a oval oblonga
1.50 – 1.75	De oval oblonga a rectangular oblonga

Fuente: Delgado, E. 2011

Según el cálculo que resultó y en comparación con el cuadro la clase de densidad de compacidad de la Quebrada cedros 1 es De oval redonda a oval oblonga

Coefficiente de forma (Kf):

$$K_f = \frac{A}{L_{cp}^2}$$

Kf: Coeficiente de forma

A: Área de la cuenca en Km²

Lcp: Longitud cauce principal km

$$K_f = \frac{1,66 \text{ Km}^2}{(1,52 \text{ Km})^2}$$

$$K_f = 0,72$$

Tabla 9: Clases de valores de forma de la quebrada cedros 1

Rangos de K_f	Clases de forma
<0,2	Muy poco achatada
0,2 – 0,5	Ligeramente achatada
>0,5	Moderadamente achatada

Fuente: Delgado, E. 2011

Según el cálculo que resultó y en comparación con el cuadro la Quebrada cedros 1 es moderadamente achatada.

4.1.1.2. Características geomorfológicas de la quebrada cedros 2

I. Variable superficial

Área de la Quebrada (A)

Área de la cuenca: 5,06 Km²

II. Variables lineales

Perímetro(P): 12,76 Km

Longitud total del cauce (Ltc): Es la sumatoria total de las longitudes de los ríos, la unidad de medida es en Km

Ltc = 6,22 Km

Longitud de cauce principal (Lcp): Es la distancia del cauce principal desde el río receptor hasta su nacimiento cerca de la divisoria.

Lcp = 4,45 Km

Tabla 10: Clases de valores de longitud de cauce principal de la quebrada cedros 2

Rangos de longitud (km)	Clases de longitud del cauce
< 11	Corto
11-15	Mediano
>15	Largo

Fuente: Delgado, E. 2011

Según el cálculo que resultó y en comparación con el cuadro la longitud del cauce principal de la quebrada cedros 2 es corto.

Longitud de cauces secundarios (Lcs): Es la diferencia de la longitud total del cauce con la longitud del cauce principal de los ríos.

$$Lcs = Ltc - lcp$$

$$Lcs = 6,22 \text{ km} - 4,45 \text{ km}$$

$$Lcs = 1,77 \text{ km}$$

Ancho medio (Am): Es el promedio del ancho medido en varias secciones de la cuenca. También se ha definido como el cociente entre el área y la longitud principal del cauce.

$$Am = \frac{A}{Lcp}$$

$$Am = \frac{5,06 \text{ km}^2}{4,45 \text{ km}}$$

$$Am = 1,13 \text{ km}$$

Orden de Jerarquización (OJ): Este índice indica el grado de estructura de la red de drenaje.

$$OJ = 2$$

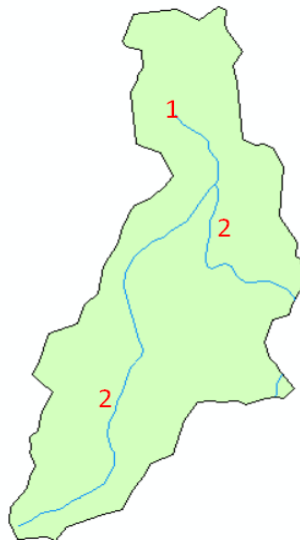


Fig. 12: Orden de jerarquización de la quebrada Cedros 2

Tabla 11: Clases de valores de orden de jerarquización la quebrada cedros 2

Rangos de ordenes	Clases de orden
< 3	Bajo
3 - 6	Medio
> 6	Alto

Fuente: Delgado, E. 2011

Según el cálculo que resultó y en comparación con el cuadro el orden de jerarquización de la quebrada cedros 2 es bajo.

III. Variables de desnivel

Desnivel altitudinal: Es la diferencia entre la altitud del punto más alto y más bajo del cauce.

Punto más alto= 150,00 m.s.n.m

Punto más bajo= 48,85 m.s.n.m

DA = 101,15 m.s.n.m

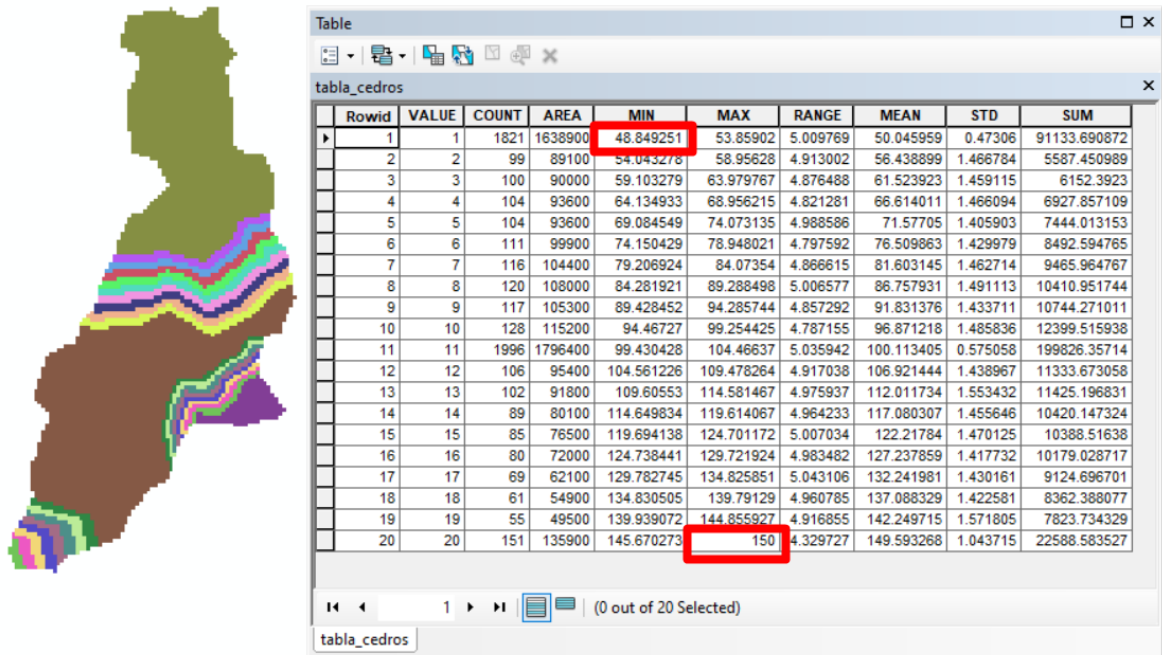


Fig. 13: Desnivel altitudinal de la quebrada cedros 2

Tabla 12: Clase de valores de elevación media (m) de la quebrada cedros 2

Rangos de elevación	Clases de elevación
< 200	Baja
200- 500	Media
>500	Alta

Fuente: Delgado, E. 2011

Según el cálculo que resultó y en comparación con el cuadro la clase de elevación es baja.

Pendiente media del cauce principal (Sc): La pendiente del cauce se la puede estimar por diferentes métodos, uno de ellos es el de los valores extremos, el cual consiste en determinar el desnivel H entre los puntos más

elevado y más bajo del río en estudio y luego dividirlo entre la longitud del mismo cauce.

$$Sc = \frac{H_{m\acute{a}x} - H_{min}}{L} \times 100$$

H máx: cota máxima de la cuenca

H min: cota mínima de la cuenca

L: Longitud de cauce principal en m

$$Sc = \frac{150 - 48.85}{4,45(1000)} \times 100$$

$$Sc = 2,27 \%$$

Tabla 13: Clase de valores de pendiente de cauce de la quebrada cedros 2

Rangos de pendiente (%)	Clases
<10	Suave
10-30	Moderada
>30	Fuerte

Fuente: Delgado, E. 2011

Según el cálculo que resultó y en comparación con el cuadro la clase de pendiente del cauce principal de la quebrada cedros 2 es suave.

Curva hipsométrica: La curva hipsométrica permite estimar la etapa de la cuenca en su desarrollo geomorfológico y analizar la cuenca según niveles altitudinales.

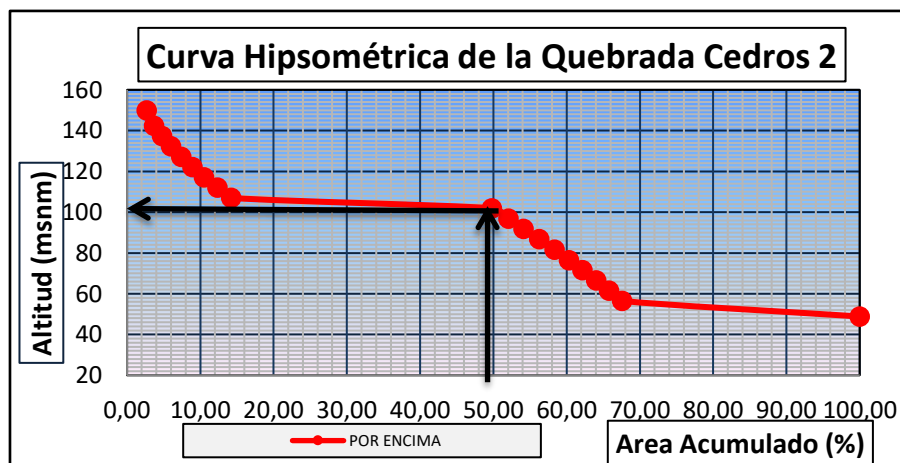


Fig. 14: Curva Hipsométrica de la quebrada Cedros 2

Rectángulo Equivalente

Lado mayor =

$$L = \frac{K\sqrt{A}}{1.12} \left(1 + \sqrt{1 - \frac{1.12^2}{K}} \right)$$

Lado menor =

$$l = \frac{K\sqrt{A}}{1.12} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{1.12^2}{K}} \right)$$

Donde:

$A =$ area de la cuenca (km^2)

$k =$ coeficiente de compacidad o indice de gravelius

$$L = \frac{K\sqrt{A}}{1.12} \left(1 + \sqrt{1 - \frac{1.12^2}{K}} \right)$$

$$L = \frac{1,59\sqrt{5,06}}{1,12} \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{1,59}\right)^2} \right)$$

$$L = 5.45 \text{ km}$$

$$l = \frac{K\sqrt{A}}{1.12} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{1.12^2}{K}} \right)$$

$$l = \frac{1,59\sqrt{5,06}}{1,12} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{1,59}\right)^2} \right)$$

$$l = 0,93 \text{ km}$$

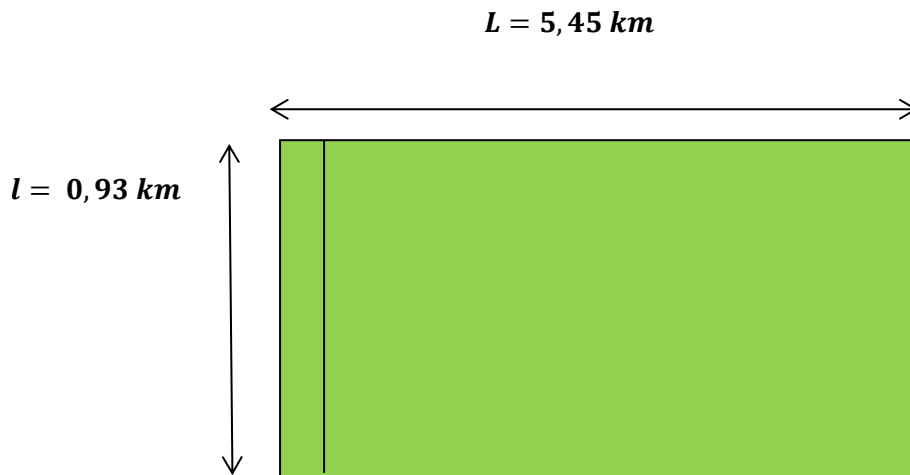


Fig. 15: Rectángulo Equivalente de la quebrada Cedros 2

IV. Variable de densidad

Densidad de drenaje (Dd):

$$D_d = \frac{\sum L_i}{A} \dots \dots \frac{Km}{Km^2}$$

L_i: Longitud total de los ríos

A: Área de la cuenca

$$D_d = \frac{6,22 Km}{5,06 Km^2}$$

$$D_d = 1,23 Km/Km^2$$

Tabla 14: Clase de valores de densidad de drenaje de la quebrada cedros 2

Rangos de densidad	Clases
<5	Baja
5-10	Moderada
>10	Alta

Fuente: Delgado, E. 2011

Según el cálculo que resultó y en comparación con el cuadro la clase de densidad de drenaje de la quebrada cedros 2 es baja.

Coefficiente de compacidad (Kc) o de Gravelius

$$K_{cg} = 0.28 \left(\frac{P}{\sqrt{A}} \right)$$

K_{cg}: Coeficiente de compacidad o de gravelius

P: Perímetro de la cuenca en Km

A: Área de la cuenca en Km²

$$Kc_g = 0.28 \left(\frac{12,76 \text{ Km}}{\sqrt{5,06 \text{ Km}^2}} \right)$$

$$Kc_g = 1,59$$

Tabla 15: Clases de valores de compacidad de la quebrada cedros 2

Rangos de K_c	Clases de compacidad
< 1.25	Redonda a oval redonda
1.25 – 1.50	De oval redonda a oval oblonga
1.50 – 1.75	De oval oblonga a rectangular oblonga

Fuente: Delgado, E. 2011

Según el cálculo que resultó y en comparación con el cuadro la clase de densidad de compacidad de la Quebrada cedros 2 es De oval oblonga a rectangular oblonga.

Coeficiente de forma (Kf):

$$K_f = \frac{A}{L_{cp}^2}$$

Kf: Coeficiente de forma

A: Área de la cuenca en Km²

Lcp: Longitud cauce principal km

$$K_f = \frac{5,06 \text{ Km}^2}{(4,45 \text{ Km})^2}$$

$$K_f = 0,26$$

Tabla 16: Clases de valores de forma de la quebrada cedros 2

Rangos de K_f	Clases de forma
<0,2	Muy poco achatada
0,2 – 0,5	Ligeramente achatada
>0,5	Moderadamente achatada

Fuente: Delgado, E. 2011

Según el cálculo que resultó y en comparación con el cuadro la Quebrada cedros 2 es ligeramente achatada.

4.1.1.3. Características geomorfológicas de la quebrada San Isidro

I. Variable superficial

Área de la Quebrada (A)

Área de la cuenca: 2,54 Km²

II. Variables lineales

Perímetro(P): 10,52 Km

Longitud total del cauce (Ltc): Es la sumatoria total de las longitudes de los ríos, la unidad de medida es en Km

Ltc = 1,84 Km

Longitud de cauce principal (Lcp): Es la distancia del cauce principal desde el río receptor hasta su nacimiento cerca de la divisoria.

Lcp = 1,84 Km

Tabla 17: Clases de valores de longitud de cauce principal de la quebrada San isidro

Rangos de longitud (km)	Clases de longitud del cauce
< 11	Corto
11-15	Mediano
>15	Largo

Fuente: Delgado, E. 2011

Según el cálculo que resultó y en comparación con el cuadro la longitud del cauce principal de la quebrada San isidro es corto.

Ancho medio (Am): Es el promedio del ancho medido en varias secciones de la cuenca. También se ha definido como el cociente entre el área y la longitud principal del cauce.

$$Am = \frac{A}{Lcp}$$

$$Am = \frac{2,54 \text{ km}^2}{1,84 \text{ km}}$$

$$Am = 1,38 \text{ km}$$

Orden de Jerarquización (OJ): Este índice indica el grado de estructura de la red de drenaje.

$$OJ = 1$$

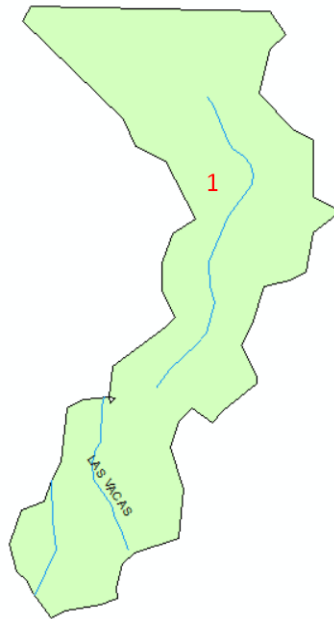


Fig. 16: Orden de jerarquización de la quebrada San isidro

Tabla 18: Clases de valores de orden de jerarquización de la quebrada San isidro

Rangos de ordenes	Clases de orden
< 3	Bajo
3 - 6	Medio
> 6	Alto

Fuente: Delgado, E. 2011

Según el cálculo que resultó y en comparación con el cuadro el orden de jerarquización de la quebrada San isidro es bajo.

III. Variables de desnivel

Desnivel altitudinal: Es la diferencia entre la altitud del punto más alto y más

bajo del cauce.

Punto más alto= 150,00 m.s.n.m

Punto más bajo= 49,59 m.s.n.m

DA = 100,41 m.s.n.m

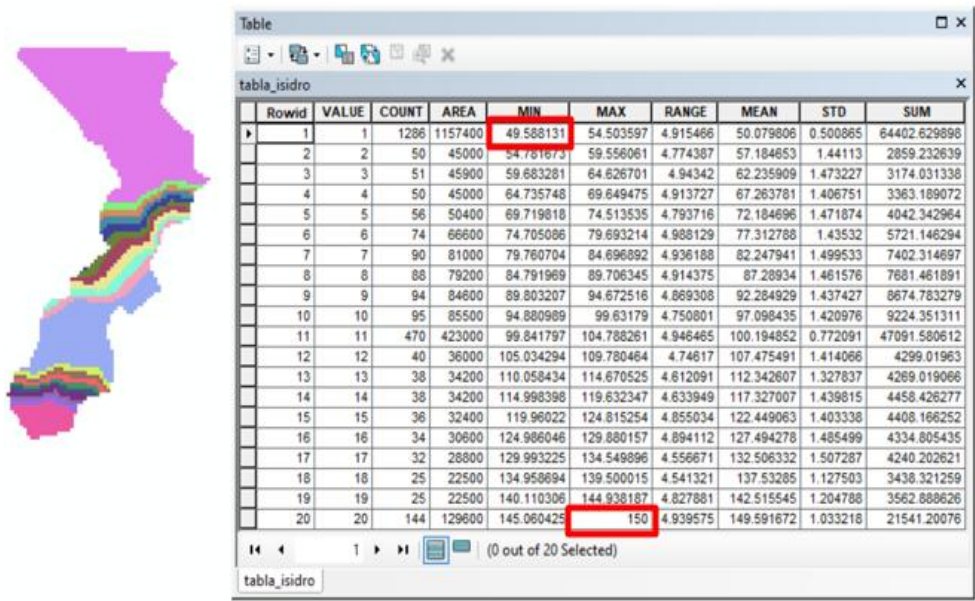


Fig. 17: Desnivel altitudinal de la quebrada San isidro

Tabla 19: Clase de valores de elevación media (m) de la quebrada San isidro

Rangos de elevación	Clases de elevación
< 200	Baja
200- 500	Media
>500	Alta

Fuente: Delgado, E. 2011

Según el cálculo que resultó y en comparación con el cuadro la clase de elevación es baja.

Pendiente media del cauce principal (Sc): La pendiente del cauce se la puede estimar por diferentes métodos, uno de ellos es el de los valores extremos, el cual consiste en determinar el desnivel H entre los puntos más elevado y más bajo del río en estudio y luego dividirlo entre la longitud del mismo cauce.

$$Sc = \frac{H_{m\acute{a}x} - H_{m\acute{i}n}}{L} \times 100$$

H máx: cota máxima de la cuenca

H min: cota mínima de la cuenca

L: Longitud de cauce principal en m

$$Sc = \frac{150 - 49,59}{1,84(1000)} \times 100$$

$$Sc = 5,46 \%$$

Tabla 20: Clase de valores de pendiente de cauce de la quebrada San Isidro

Rangos de pendiente (%)	Clases
<10	Suave
10-30	Moderada
>30	Fuerte

Fuente: Delgado, E. 2011

Según el cálculo que resultó y en comparación con el cuadro la clase de pendiente del cauce principal de la quebrada Urcos es suave.

Curva hipsométrica: La curva hipsométrica permite estimar la etapa de la cuenca en su desarrollo geomorfológico y analizar la cuenca según niveles altitudinales.

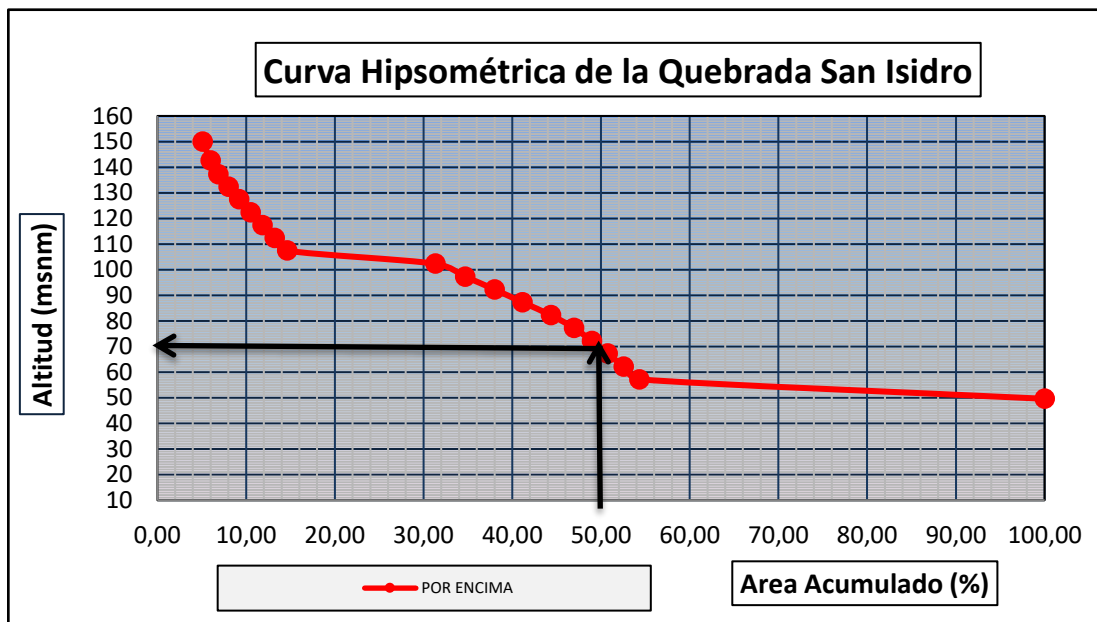


Fig. 18: Curva Hipsométrica de la quebrada San isidro

Rectángulo Equivalente

$$Lado\ mayor = L = \frac{K\sqrt{A}}{1.12} \left[1 + \sqrt{1 - \frac{1.12^2}{K}} \right]$$

$$Lado\ menor = l = \frac{K\sqrt{A}}{1.12} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{1.12^2}{K}} \right]$$

Donde:

$A = \text{area de la cuenca (km}^2\text{)}$

$k = \text{coeficiente de compacidad o indice de gravelius}$

$$L = \frac{K\sqrt{A}}{1.12} \left(1 + \sqrt{1 - \frac{1.12^2}{K}} \right)$$

$$L = \frac{1,85\sqrt{2,54}}{1,12} \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{1,85}\right)^2} \right)$$

$$L = 4,72 \text{ km}$$

$$l = \frac{K\sqrt{A}}{1.12} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{1.12^2}{K}} \right)$$

$$l = \frac{1,85\sqrt{2,54}}{1,12} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{1,85}\right)^2} \right)$$

$$l = 0,54 \text{ km}$$

$$L = 4,72 \text{ km}$$

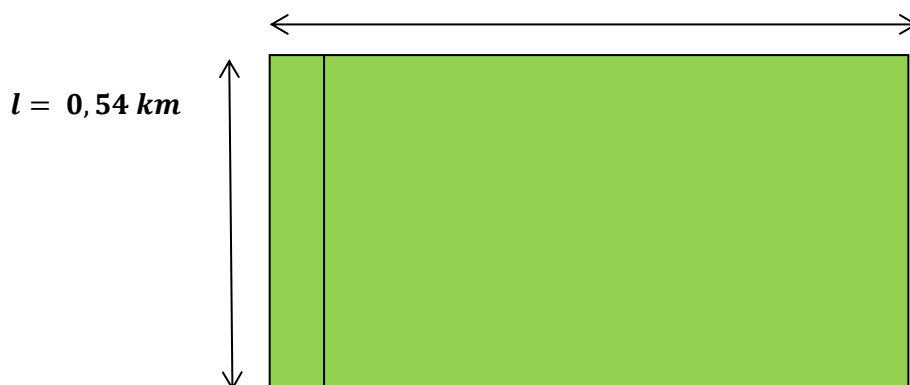


Fig. 19: Rectángulo Equivalente de la quebrada San isidro

IV. Variable de densidad

Densidad de drenaje (Dd):

$$D_d = \frac{\sum L_i}{A} \dots\dots \frac{Km}{Km^2}$$

Li: Longitud total de los ríos

A: Área de la cuenca

$$D_d = \frac{1,84 Km}{2,54 Km^2}$$

$$D_d = 0,72 Km/Km^2$$

Tabla 21: Clase de valores de densidad de drenaje de la quebrada San isidro

Rangos de densidad	Clases
<5	Baja
5-10	Moderada
>10	Alta

Fuente: Delgado, E. 2011

Según el cálculo que resultó y en comparación con el cuadro la clase de densidad de drenaje de la quebrada San Isidro es baja.

Coefficiente de compacidad (Kc) o de Gravelius

$$K_{c_g} = 0.28 \left(\frac{P}{\sqrt{A}} \right)$$

Kcg: Coeficiente de compacidad o de gravelius

P: Perímetro de la cuenca en Km

A: Área de la cuenca en Km²

$$K_{c_g} = 0.28 \left(\frac{10,52 Km}{\sqrt{2,54 Km^2}} \right)$$

$$K_{c_g} = 1,85$$

Tabla 22: Clases de valores de compacidad de la quebrada San isidro

Rangos de K _c	Clases de compacidad
< 1.25	Redonda a oval redonda
1.25 – 1.50	De oval redonda a oval oblonga
1.50 – 1.75	De oval oblonga a rectangular oblonga

Fuente: Delgado, E. 2011

Según el cálculo que resultó y en comparación con el cuadro la clase de densidad de compacidad de la Quebrada San Isidro es De oval oblonga a rectangular oblonga.

Coefficiente de forma (Kf):

$$K_f = \frac{A}{L_{cp}^2}$$

Kf: Coeficiente de forma

A: Área de la cuenca en Km²

Lcp: Longitud cauce principal km

$$K_f = \frac{2,54 \text{ Km}^2}{(1,84 \text{ Km})^2}$$

$$K_f = 0,75$$

Tabla 23: Clases de valores de forma de la quebrada San isidro

Rangos de K_f	Clases de forma
<0,2	Muy poco achatada
0,2 – 0,5	Ligeramente achatada
>0,5	Moderadamente achatada

Fuente: Delgado, E. 2011

Según el cálculo que resultó y en comparación con el cuadro la Quebrada San isidro es moderadamente achatada.

4.1.1.4. Características geomorfológicas de la quebrada Urcos

I. Variable superficial

Área de la Quebrada (A)

Área de la cuenca: 6,06 Km²

II. Variables lineales

Perímetro(P): 17,04 Km

Longitud total del cauce (Ltc): Es la sumatoria total de las longitudes de los

ríos, la unidad de medida es en Km

$$Ltc = 4,99 \text{ Km}$$

Longitud de cauce principal (Lcp): Es la distancia del cauce principal desde el río receptor hasta su nacimiento cerca de la divisoria.

$$Lcp = 4,99 \text{ Km}$$

Tabla 24: Clases de valores de longitud de cauce principal de la quebrada Urcos

Rangos de longitud (km)	Clases de longitud del cauce
< 11	Corto
11-15	Mediano
>15	Largo

Fuente: Delgado, E. 2011

Según el cálculo que resultó y en comparación con el cuadro la longitud del cauce principal de la quebrada Urcos es corto.

Ancho medio (Am): Es el promedio del ancho medido en varias secciones de la cuenca. También se ha definido como el cociente entre el área y la longitud principal del cauce.

$$Am = \frac{A}{Lcp}$$

$$Am = \frac{6,06 \text{ km}^2}{4,99 \text{ km}}$$

$$Am = 1,21 \text{ km}$$

Orden de Jerarquización (OJ): Este índice indica el grado de estructura de la red de drenaje.

$$OJ = 1$$



Fig. 20: Orden de jerarquización de la quebrada Urcos

Tabla 25: Clases de valores de orden de jerarquización de la quebrada Urcos

Rangos de ordenes	Clases de orden
< 3	Bajo
3 - 6	Medio
> 6	Alto

Fuente: Delgado, E. 2011

Según el cálculo que resultó y en comparación con el cuadro el orden de jerarquización de la quebrada Urcos es bajo.

III. Variables de desnivel

Desnivel altitudinal: Es la diferencia entre la altitud del punto más alto y más bajo del cauce.

Punto más alto= 107,72 m.s.n.m

Punto más bajo= 39,39 m.s.n.m

DA = 68,33 m.s.n.m

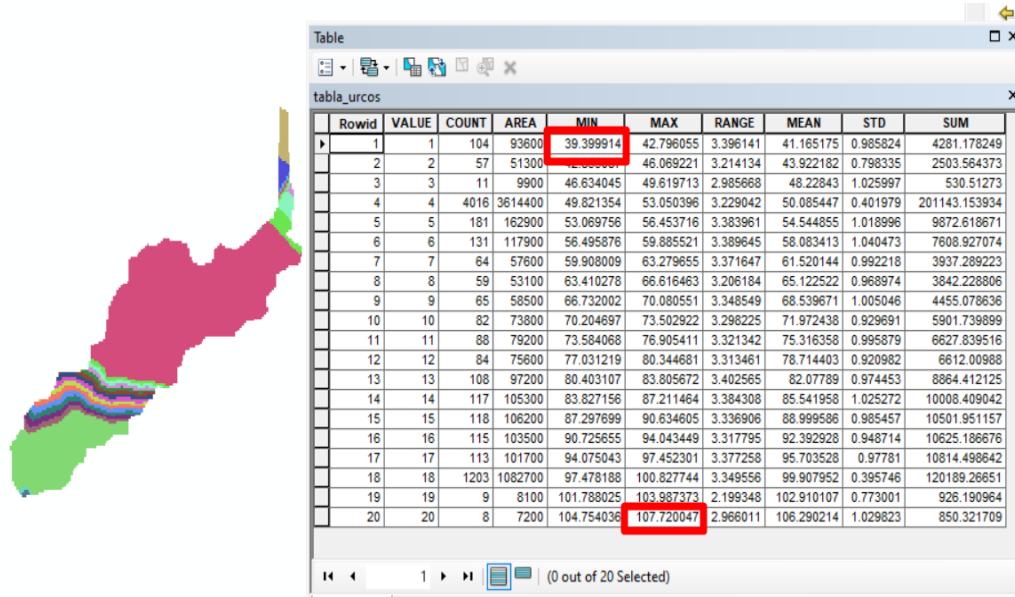


Fig. 21: Desnivel altitudinal de la quebrada Urcos

Tabla 26: Clase de valores de elevación media (m) de la quebrada Urcos

Rangos de elevación	Clases de elevación
< 200	Baja
200- 500	Media
>500	Alta

Fuente: Delgado, E. 2011

Según el cálculo que resultó y en comparación con el cuadro la clase de elevación es baja.

Pendiente media del cauce principal (Sc): La pendiente del cauce se la puede estimar por diferentes métodos, uno de ellos es el de los valores extremos, el cual consiste en determinar el desnivel H entre los puntos más elevado y más bajo del río en estudio y luego dividirlo entre la longitud del mismo cauce.

$$Sc = \frac{H_{m\acute{a}x} - H_{m\acute{i}n}}{L} \times 100$$

H máx: cota máxima de la cuenca

H min: cota mínima de la cuenca

L: Longitud de cauce principal en m

$$Sc = \frac{107,72 - 39,39}{4,99(1000)} \times 100$$

$$Sc = 1,36 \%$$

Tabla 27: Clase de valores de pendiente de cauce de la quebrada Urcos

Rangos de pendiente (%)	Clases
<10	Suave
10-30	Moderada
>30	Fuerte

Fuente: Delgado, E. 2011

Según el cálculo que resultó y en comparación con el cuadro la clase de pendiente del cauce principal de la quebrada Urcos es suave.

Curva hipsométrica: La curva hipsométrica permite estimar la etapa de la cuenca en su desarrollo geomorfológico y analizar la cuenca según niveles altitudinales.

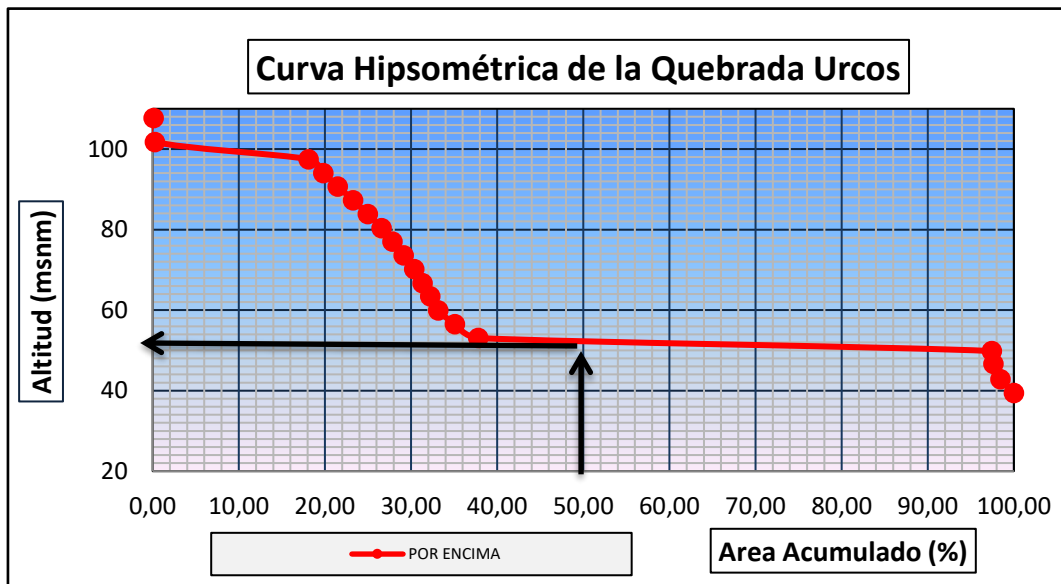


Fig. 22: Curva Hipsométrica de la quebrada Urcos

Rectángulo Equivalente

Lado mayor =

$$L = \frac{K\sqrt{A}}{1.12} \left[1 + \sqrt{1 - \frac{1.12^2}{K}} \right]$$

Lado menor =

$$l = \frac{K\sqrt{A}}{1.12} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{1.12^2}{K}} \right]$$

Donde:

$A = \text{area de la cuenca (km}^2\text{)}$

$k = \text{coeficiente de compacidad o indice de gravelius}$

$$L = \frac{K\sqrt{A}}{1.12} \left(1 + \sqrt{1 - \frac{1.12^2}{K}} \right)$$

$$L = \frac{1,94\sqrt{6,06}}{1,12} \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{1,94}\right)^2} \right)$$

$$L = 7,74 \text{ km}$$

$$l = \frac{K\sqrt{A}}{1.12} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{1.12^2}{K}} \right)$$

$$l = \frac{1,94\sqrt{6,06}}{1,12} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{1,94}\right)^2} \right)$$

$$l = 0,78 \text{ km}$$

$$L = 7,74 \text{ km}$$

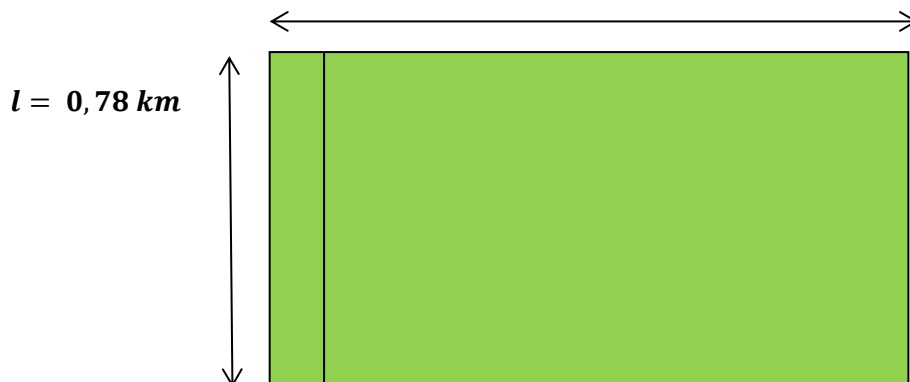


Fig. 23: Rectángulo Equivalente de la quebrada Urcos

IV. Variable de densidad

Densidad de drenaje (Dd):

$$D_d = \frac{\sum L_i}{A} \dots\dots \frac{Km}{Km^2}$$

L_i: Longitud total de los ríos

A: Área de la cuenca

$$D_d = \frac{4,99 Km}{6,06 Km^2}$$

$$D_d = 0,82 Km/Km^2$$

Tabla 28: Clase de valores de densidad de drenaje de la quebrada Urcos

Rangos de densidad	Clases
<5	Baja
5-10	Moderada
>10	Alta

Fuente: Delgado, E. 2011

Según el cálculo que resultó y en comparación con el cuadro la clase de densidad de drenaje de la quebrada Urcos es baja.

Coefficiente de compacidad (Kc) o de Gravelius

$$Kc_g = 0.28 \left(\frac{P}{\sqrt{A}} \right)$$

Kcg: Coeficiente de compacidad o de gravelius

P: Perímetro de la cuenca en Km

A: Área de la cuenca en Km²

$$Kc_g = 0.28 \left(\frac{10,52 Km}{\sqrt{2,54 Km^2}} \right)$$

$$Kc_g = 1,94$$

Tabla 29: Clases de valores de compacidad de la quebrada Urcos

Rangos de K _e	Clases de compacidad
< 1.25	Redonda a oval redonda
1.25 – 1.50	De oval redonda a oval oblonga
1.50 – 1.75	De oval oblonga a rectangular oblonga

Fuente: Delgado, E. 2011

Según el cálculo que resultó y en comparación con el cuadro la clase de densidad de compacidad de la Quebrada Urcos es De oval oblonga a rectangular oblonga.

Coefficiente de forma (Kf):

$$K_f = \frac{A}{L_{cp}^2}$$

Kf: Coeficiente de forma

A: Área de la cuenca en Km²

Lcp: Longitud cauce principal km

$$K_f = \frac{6,06 \text{ Km}^2}{(4,99 \text{ Km})^2}$$

$$K_f = 0,24$$

Tabla 30: Clases de valores de forma de la quebrada Urcos

Rangos de K_f	Clases de forma
<0,2	Muy poco achatada
0,2 – 0,5	Ligeramente achatada
>0,5	Moderadamente achatada

Fuente: Delgado, E. 2011

Según el cálculo que resultó y en comparación con el cuadro la Quebrada Urcos es ligeramente achatada.

4.1.2. Caudales Máximos de diseño de la quebrada cedros 1, cedros 2, San isidro, Urcos.

Método de Creager

Estima el caudal máximo anual aplicando la siguiente formula.

$$Q_{max} = (C_1 + C_2) * \log T * A^{m*A^{-n}}$$

Dónde:

Q máx. = para un periodo de retorno T seleccionado, en m³/s.

A = área de la Sub cuenca aportante, en km².

T = periodo de retorno, en años.

C_1, C_2 = coeficientes adimensionales de escala, por regiones hidráulicas.

m, n = exponentes adimensionales, por regiones hidráulicas.

En la siguiente imagen se aprecia las determinadas regiones y los coeficientes que corresponde para cada una de ellas.



REGION	C_1	C_2	m	n
1	1.01	4.37	1.02	0.04
2	0.1	1.28	1.02	0.04
3	0.27	1.48	1.02	0.04
4	0.09	0.36	1.24	0.04
5	0.11	0.26	1.24	0.04
6	0.18	0.31	1.24	0.04
7	0.22	0.37	1.24	0.04

Fuente: (GARCIA M . 2011)
 Fig. 24: Mapa de método de creager

Caudal máximo para un periodo de retorno de 50 años en la quebrada Cedros 1

$$Q_{max} = (C_1 + C_2) * \log T * A^{m * A^{-n}}$$

$$Q_{max} = (1,01 + 4,37) * \log 50 * 1,66^{1,02 * 1,66^{-0,04}}$$

$$Q_{max} = 15,17 \text{ m}^3/\text{s}$$

Se realizó el mismo procedimiento para los coeficientes y caudales que muestran a continuación haciendo uso de Excel.

Tabla 31: Datos obtenidos para el método de Creager de la quebrada cedros 1

<i>C1</i>	1,01
<i>C2</i>	4,37
<i>m</i>	1,02
<i>n</i>	0,04
Área	1,66
$m * A^{-n}$	1,00

Tabla 32: Datos estimados de caudales por método de Creager de la quebrada cedros 1

Tr	c1+c2	log	área	$m * A^{-n}$	Q máx.
2	5.38	0.30	1.66	1.00	2.69
5	5.38	0.70	1.66	1.00	6.24
10	5.38	1.00	1.66	1.00	8.93
25	5.38	1.40	1.66	1.00	12.48
50	5.38	1.70	1.66	1.00	15.17
100	5.38	2.00	1.66	1.00	17.85
200	5.38	2.30	1.66	1.00	20.54
500	5.38	2.70	1.66	1.00	24.09

Interpretación: Según el Método de Creager en la quebrada Cedros 1 se espera un caudal aproximado de **15,17 m³/s** dentro de 50 años.

Caudal máximo para un periodo de retorno de 50 años en la quebrada Cedros 2

$$Q_{max} = (C_1 + C_2) * \log T * A^{m * A^{-n}}$$

$$Q_{max} = (1,01 + 4,37) * \log 50 * 5,06^{1,02 * 5,06^{-0,04}}$$

$$Q_{max} = 44,21 \text{ m}^3/\text{s}$$

Se realizó el mismo procedimiento para los coeficientes y caudales que muestran a continuación haciendo uso de Excel.

Tabla 33: Datos obtenidos para el método de Creager de la quebrada cedros 2

<i>C1</i>	1,01
<i>C2</i>	4,37
<i>m</i>	1,02
<i>n</i>	0,04
Área	5,06
$m * A^{-n}$	0,96

Tabla 34: Datos estimados de caudales por método de Creager de la quebrada cedros 2

Tr	c1+c2	log	área	$m * A^{-n}$	Q máx.
2	5.38	0.30	5.06	0.96	7.83
5	5.38	0.70	5.06	0.96	18.19
10	5.38	1.00	5.06	0.96	26.02
25	5.38	1.40	5.06	0.96	36.38
50	5.38	1.70	5.06	0.96	44.21
100	5.38	2.00	5.06	0.96	52.05
200	5.38	2.30	5.06	0.96	59.88
500	5.38	2.70	5.06	0.96	70.24

Interpretación: Según el Método de Creager en la quebrada Cedros 2 se espera un caudal aproximado de **44,21 m³/s** dentro de 50 años.

Caudal máximo para un periodo de retorno de 50 años en la quebrada San Isidro

$$Q_{max} = (C_1 + C_2) * \log T * A^{m * A^{-n}}$$

$$Q_{max} = (1,01 + 4,37) * \log 50 * 2,54^{1,02 * 2,54^{-0,04}}$$

$$Q_{max} = 22,81 \text{ m}^3/\text{s}$$

Se realizó el mismo procedimiento para los coeficientes y caudales que muestran a continuación haciendo uso de Excel.

Tabla 35: Datos obtenidos para el método de Creager de la quebrada San Isidro

<i>C1</i>	1,01
<i>C2</i>	4,37
<i>m</i>	1,02
<i>n</i>	0,04
Área	2,54
$m * A^{-n}$	0,98

Tabla 36: Datos estimados de caudales por método de Creager de la quebrada San Isidro

Tr	c1+c2	log	área	$m * A^{-n}$	Q máx.
2	5.38	0.30	2.54	0.98	4.04
5	5.38	0.70	2.54	0.98	9.39
10	5.38	1.00	2.54	0.98	13.43
25	5.38	1.40	2.54	0.98	18.77
50	5.38	1.70	2.54	0.98	22.81
100	5.38	2.00	2.54	0.98	26.86
200	5.38	2.30	2.54	0.98	30.90
500	5.38	2.70	2.54	0.98	36.24

Interpretación: Según el Método de Creager en la quebrada San Isidro se espera un caudal aproximado de **22,81 m³/s** dentro de 50 años.

Caudal máximo para un periodo de retorno de 50 años en la quebrada Urcos

$$Q_{max} = (C_1 + C_2) * \log T * A^{m * A^{-n}}$$

$$Q_{max} = (1,01 + 4,37) * \log 50 * 6,06^{1,02 * 6,06^{-0,04}}$$

$$Q_{max} = 52,57 \text{ m}^3/\text{s}$$

Se realizó el mismo procedimiento para los coeficientes y caudales que muestran a continuación haciendo uso de Excel.

Tabla 37: Datos obtenidos para el método de Creager de la quebrada Urcos

<i>C1</i>	1,01
<i>C2</i>	4,37
<i>m</i>	1,02
<i>n</i>	0,04
Área	6,06
$m * A^{-n}$	0,95

Tabla 38: Datos estimados de caudales por método de Creager de la quebrada Urcos

Tr	c1+c2	log	área	$m * A^{-n}$	Q máx.
2	5.38	0.30	6.06	0.95	9.31
5	5.38	0.70	6.06	0.95	21.63
10	5.38	1.00	6.06	0.95	30.94
25	5.38	1.40	6.06	0.95	43.26
50	5.38	1.70	6.06	0.95	52.57
100	5.38	2.00	6.06	0.95	61.89
200	5.38	2.30	6.06	0.95	71.20
500	5.38	2.70	6.06	0.95	83.51

Interpretación: Según el Método de Creager en la quebrada Urcos se espera un caudal aproximado de $52,57 \text{ m}^3/\text{s}$ dentro de 50 años.

4.1.3. Diseñar Hidráulicamente cuatro (04) diques transversales en las cuatro (04) quebradas: Cedros 1, Cedros 2, San Isidro y Urcos.

4.1.3.1. Diseño hidráulico de un dique transversal en la quebrada cedros 1.

Esta quebrada y sus afluentes son de caudal intermitente activándose generalmente durante fuertes precipitaciones o eventos extraordinarios como los fenómenos El Niño, dando lugar al arrastre de gran cantidad de sedimentos que colmatan la caja hidráulica del canal troncal de la irrigación margen izquierda en el sector de Corrales llamado los Cedros (altura de la planta de agua potable los Cedros – Estación Experimental del INIA).

A.- UBICACIÓN Y ACCESO

A.1.- Ubicación

- La quebrada Cedros 1 políticamente se ubica en el distrito de Corrales, en la provincia de Tumbes, región Tumbes, centro poblado Los Cedros.
- La ubicación geográfica de esta quebrada tiene como referencia las coordenadas UTM 552091 E, 9599737 N.

Tabla 39: Coordenadas UTM (WGS 84 – Z 17M) de estructura propuesta

Quebrada	Dimensiones Estructura		Coord. eje de estructura	
	Longitud	Altura	E	N
Qda. Los Cedros 1				
Dique transversal	30 m	0.5 m	552091	9599737

Fuente: Elaboración propia

A.2.- Acceso

Para llegar a la quebrada Cedros 1 desde la capital del distrito de corrales, tomando como punto de partida el cruce con la Panamericana Norte (Piedras Blancas), se dirige hacia el Sur, hasta llegar a la planta de agua potable los cedros 1 o a la estación Experimental Los Cedros del INIA, en este punto se accede a la quebrada que cruza la panamericana, a 409 metros de este punto aguas arriba está el punto de ubicación del vertedero transversal.

B.- DESCRIPCIÓN HIDRÁULICA DE LA QDA. CEDROS 1

B.1.- Análisis de la quebrada

La quebrada los cedros 1, es una cuya cuenca tiene un área de 1,66 km², de acuerdo al estudio hidrológico el caudal máximo que se genera es de 15,17 m³/s de agua con sedimentos usando el método de Creager

y para un tiempo de retorno T_r de 50 años.

En la siguiente tabla se presentan los principales parámetros morfométricos de la microcuenca Cedros 1.

Tabla 40: Parámetros morfométricos quebrada cedros 1

Resumen de los Parámetros Morfométricos			
Parámetro		Unidad	Cantidad
Parámetros de forma	Área hidráulica (A)	Km ²	1,66
	Perímetro (P)	Km	6,74
	Long. Cauce principal (Lcp)	Km	1,52
	Ancho medio de cuenca (Am)	km	1,09
Parámetros de relieve	Cota máxima	msnm	100
	Cota mínima	msnm	50
	Desnivel máximo	m	50
	Pendiente media del cauce principal	%	3,28
Parámetros de la Red Hidrográfica	Densidad de drenaje (Dd)	Km/km ²	0,92
	Coefficiente de compacidad (Kc)	-	1,46
	Coefficiente de forma (Kf)	-	0,72

C. INFRAESTRUCTURA EXISTENTE

C.1. Evaluación de campo

De acuerdo a las visitas de campo realizadas entre el desfogue de la quebrada cedros 1 y el canal, no existe ninguna infraestructura en la caja hidráulica del canal, pero en la quebrada si existen diques longitudinales en ambos márgenes de concreto; no existe infraestructura de retención de sólidos y/o sedimentos.

C.2. Información Básica

Con el apoyo de winchas, GPS, nivel de ingeniero y libretas de campo se obtuvo información de coordenadas UTM, altura de diques transversales, secciones de ubicación del dique transversal estrechos del cauce, presencia de cerros a ambos lados, estructura geológica de los materiales, etc.

D. PLANTEAMIENTO HIDRÁULICO

Para el desarrollo de la ingeniería, se realiza el planteamiento hidráulico correspondiente a la quebrada cedros 1, con el propósito de retener la mayor cantidad de sedimentos en la parte alta y media de la quebrada, por ello para la presente investigación se plantea considerar un dique transversal tipo cerrado.

a) Dique transversal de retención cerrado

Esta estructura se plantea se construya en el cauce de la quebrada cedros 1 con la finalidad de retener el material erosionado y transportado en época de lluvias, corregir la pendiente del cauce aguas arriba del dique y circule agua con menos sedimentos y desfogue en la caja del canal sin mayores problemas de sedimentación; esta estructura debe ser construida con gaviones rellenos con piedra del río.

E. META FISICA

Teniendo en cuenta el tipo de estructura hidráulica planteada, así como su respectivo planteamiento hidráulico se ha determinado como meta física para la quebrada cedros 1 la construcción de un (01) dique transversal cerrado de gaviones con vertedero rectangular, pudiendo en el futuro construir más.

F. INGENIERIA DEL PROYECTO – DIQUE TRANSVERSAL

F.1. Criterios de diseño

Para la propuesta de ingeniería se consideran los siguientes criterios generales en el diseño de la estructura hidráulica.

- Se está considerando dique tipo cerrado con vertedero rectangular en el centro, para retener sedimentos que se generan en la quebrada cedros 1 y no lleguen hasta la caja hidráulica del canal de la irrigación margen izquierda.
- Para el diseño se considera el caudal máximo estimado por el método de Creager para un tiempo de retorno de 50 años. El cálculo del tirante hidráulico en esta sección permitirá definir la altura del dique.
- La ubicación de la estructura hidráulica tiene que ver con las condiciones topográficas que existen en el tramo elegido, menor ancho de cauce y espacio aguas arriba para almacenar sedimentos.
- Se elige el material de gaviones, por su mejor relación con el medio ambiente y es posible hacer acoples en el futuro ya sea para reforzarlos o sobrealzarlos en función de las necesidades.
- Los diques de gaviones son estructuras que permiten el crecimiento de la vegetación en la estructura y fuera de ésta.
- Al definir las dimensiones del vertedero, es decir de la parte central del dique transversal, por la cual pasa el agua, para que ésta no sobrepase las alas, no erosione las márgenes aguas arriba y abajo del dique y no

provoque rebases inaceptables aguas arriba la longitud (L) de la cresta del vertedero está limitada por la exigencia de centralizar la corriente para evitar erosiones en las márgenes.

F.2. Capacidad del vertedero

El vertedero se calcula para un cierto caudal de diseño, en nuestra investigación el caudal máximo de diseño cuyo valor asciende a $Q = 15,17 \text{ m}^3/\text{s}$; y para el caso del dique transversal propuesto se ha calculado la lámina de agua que discurre sobre la estructura mediante la fórmula de vertedero rectangular de cresta ancho $Q = C * L * hr^{\frac{3}{2}}$, siendo coeficiente $C = 1,45$ (ANA), para cresta ancha, con inclinación de las paredes laterales.

Donde:

Q = Caudal máximo de diseño = $15,17 \text{ m}^3/\text{s}$

C = Coeficiente de descarga = $1,45$

hr = altura de la lámina de agua sobre la cresta del vertedero (m)

L = longitud de cresta del vertedero = 20 m

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

$$hr = \left(\frac{Q}{C * L}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$hr = \left(\frac{15,17}{1,45 * 20}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$hr = 0,65 \text{ m}$$

F.3. Lámina vertiente

La trayectoria de la lámina vertiente para determinar su energía y la zona de impacto en la fundación, dicha trayectoria corresponde a la de una parábola.

La estimación del tirante hidráulico “y” en la sección donde se ubicará el dique transversal, se realizó con la fórmula de manning, tomando en consideración factor de campo y una sección rectangular respetando el ancho del cauce (30 m), coeficiente de rugosidad propio de torrentes $n = 0,033$; la pendiente media del cauce principal $S = 3,28\%$; el caudal de diseño $Q = 15,17 \text{ m}^3/\text{s}$

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

$$\frac{Q * n}{S^{\frac{1}{2}}} = \frac{A^{\frac{5}{2}}}{P^{\frac{2}{3}}}$$

Donde:

Q = Caudal de diseño 15,17 m³/s

n = coeficiente de rugosidad de manning 0.033

S = pendiente 0.0328

A = área de la sección; A = by; donde b es el ancho de cauce igual a 30 m y "y" es el tirante hidráulico

P = perímetro mojado o perímetro hidráulico P = b+2y

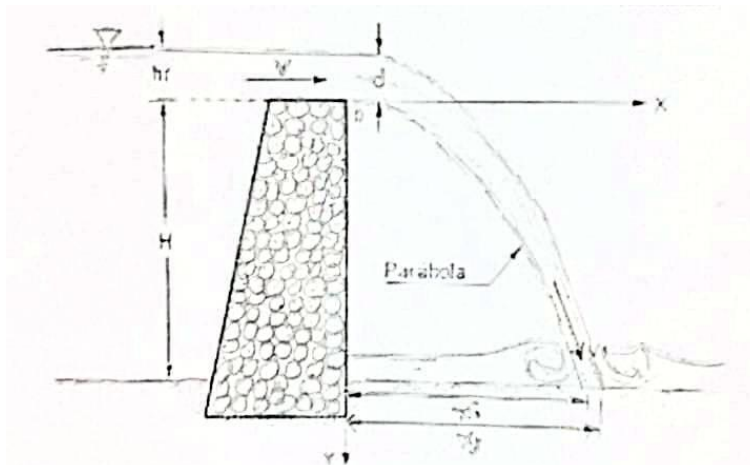
$$\frac{Q * n}{S^{\frac{1}{2}}} = \frac{(by)^{1.66}}{(b + 2y)^{0.66}}$$

$$\frac{15.17 * 0.033}{(0.0328)^{\frac{1}{2}}} = \frac{(30y)^{1.66}}{(30 + 2y)^{0.66}}$$

$$2,76 = \frac{(30y)^{1.66}}{(30 + 2y)^{0.66}}$$

$$y = 0.25$$

Se tomará como altura del dique cerrado de 0.5 m; e inicie a levantar el tirante y el almacenamiento de sedimentos aguas arriba del dique.



Para el cálculo se realizó el siguiente procedimiento

$$q = \frac{Q}{Lv}$$

Donde:

Q = Caudal máximo de diseño (m³/s) = 15,17

$L_v =$ longitud del vertedero (m) = 20 m

Luego la velocidad v , viene definido por la siguiente expresión

$$v = \frac{q}{hr}$$

$$q = \frac{Q}{L_v}$$

$$q = \frac{15,17}{20}$$

$$q = 0,76 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$$

$$v = \frac{0,76}{0,65}$$

$$v = 1,17 \text{ m/s}$$

La distancia X_i y X_j que definen el área de impacto de la lámina, vienen expresadas como:

$$X_i = v * \sqrt{\frac{2H}{g}}$$

$$X_i = 1,17 * \sqrt{\frac{2 * 0,5}{9,81}}$$

$$X_i = 0,37 \text{ m}$$

$$X_j = v * \sqrt{\frac{2(H + hr)}{g}}$$

$$X_j = 1,17 * \sqrt{\frac{2(0,5 + 0,65)}{9,81}}$$

$$X_j = 0,57 \text{ m}$$

Donde:

$V_1 =$ velocidad horizontal del flujo (m/s)

$g =$ aceleración de la gravedad (m/s²)

$hr =$ altura de la lámina de agua (m)

$H =$ altura total del dique, desde la rasante del cauce (m)

Por su parte la velocidad del flujo cuando impacta sobre el lecho del cauce se calcula con la siguiente expresión:

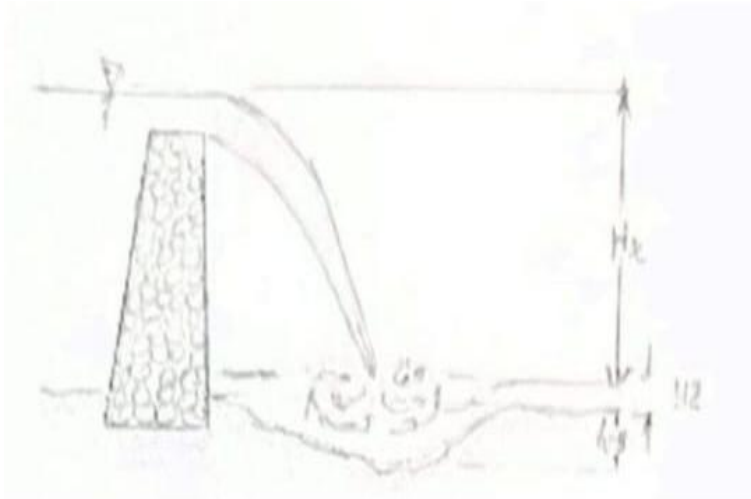
$$v_1 = \sqrt{2 * g * (H + hr)}$$

$$v_1 = \sqrt{2 * 9,81 * (0,5 + 0,65)}$$

$$v_1 = 4,75 \text{ m/s}$$

F.4 Socavación al pie del dique

Al caer al pie del dique la lámina vertiente tiene una velocidad muy alta, que producirá arrastre de material de fondo en consecuencia la socavación del lecho por los remolinos que se producen



Existen muchas formas y fórmulas para calcular la socavación que produce una caída de agua en los materiales aluvionales de los cauces, una de las fórmulas utilizadas es la de Schokilttsch

$$hs = 4.75 * \frac{Ht^{0.20} * q^{0.57}}{D_{90}^{0.32}} - Y2$$

Donde:

hs = socavación (m)

Y2 = tirante aguas abajo del dique (m)

Ht = altura total de carga hidráulica (m)

q = caudal unitario (m³/s/m)

D90 = diámetro del material de cauce (mm)

Para la presente investigación

$$H_t = 0.5 + 0.65 = 1.15 \text{ m}$$

$$Y_2 = 0.37 \text{ m}$$

$$q = 0.76 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$$

D90 = los diámetros D90 en granulometría de ríos (y suelos sedimentales) es un parámetro estadístico que representa el tamaño de partícula en (mm) por debajo del cual se encuentra el 90% de la masa total de la muestra es decir el 90% de las partículas son más finas que ese valor. Se obtiene del análisis granulométrico (tamizado o sedimentación) y es crucial para entender la distribución de tamaños, la capacidad de transporte de ríos y la calidad de agregados.

En la tabla se aprecia los diferentes diámetros de malla en mm y los % pasante acumulados, así tenemos para 93.01% le corresponde un diámetro de 4,75 mm; y para un porcentaje de 87.84% le corresponde 2 mm de diámetro; y se calcula para 90% por una regla de tres compuesta que le corresponde un diámetro para D90 igual a 3.62 mm.

Para el cálculo de h_s se debe calcular la profundidad conjugada Y_2 del resalto hidráulico.

$$y_2 = \frac{y_1}{2} (\sqrt{1 + 8F_1} - 1)$$

Donde:

y_2 = profundidad conjugada o tirante aguas abajo del dique (m)

y_1 = profundidad inicial del resalto hidráulico y se puede calcular mediante

$$Y_1 = \frac{q}{v}$$

$$Y_1 = \frac{0.76}{4.75}$$

$$Y_1 = 0.16 \text{ m}$$

F_1 = número de froude del flujo al inicio del resalto.

$$F_1 = \frac{v}{\sqrt{g * Y_1}}$$

$$F_1 = \frac{4.75}{\sqrt{9.81 * 0.16}}$$

$$F_1 = 3.79$$

Entonces el cálculo de Y2 será

$$y_2 = \frac{y_1}{2} (\sqrt{1 + 8F_1} - 1)$$

$$y_2 = \frac{0.16}{2} (\sqrt{1 + 8(3.79)} - 1)$$

$$y_2 = 0.37 \text{ m}$$

Por lo tanto, la socavación hs será:

$$hs = 4.75 * \frac{Ht^{0.20} * q^{0.57}}{D_{90}^{0.32}} - Y2$$

$$hs = 4.75 * \frac{1.15^{0.20} * 0.76^{0.57}}{3.62^{0.32}} - 0.37$$

$$hs = 4.75 * \frac{1.03 * 0.86}{3.62^{0.32}} - 0.37$$

$$hs = 4.75 * \frac{1.03 * 0.86}{1.51} - 0.37$$

$$hs = 2.41 \text{ m}$$

F.5. Poza disipadora de energía

Como se indicó anteriormente, la lámina de agua que cae desde el vertedero tiene una energía que está en función de la altura de la caída y del caudal, para ello se calcula la distancia necesaria para una poza disipadora de energía.

$$Lc = xj + Lr$$

Donde:

Xj = distancia horizontal de impacto de la lámina (m); 0.57 m

Lr = longitud necesaria para alojar el resalto hidráulico (m)

La longitud Lr puede aproximarse como:

$$Lr = 5y_2$$

y2 = profundidad conjugada o tirante aguas abajo del agua (m); 0.37 m

$$Lr = 5(0.37)$$

$$Lr = 1.85 \text{ m}$$

$$Lc = xj + Lr$$

$$Lc = 0.57 + 1.85$$

$$Lc = 2.42 \text{ m}$$

F.6. Predimensionamiento

En el predimensionamiento se determina el ancho del vertedero, que depende de la altura del dique, se puede adaptar valores que varían entre 0.70 m y 1.50 m; en la presente investigación se ha calculado con la siguiente expresión:

$$\ell = 1 + \frac{H}{10} m \text{ (ANA)}$$

$$\ell = 1 + \frac{0.5}{10}$$

$$\ell = 1 \text{ m}$$

Para el cálculo del ancho de la base, se ha utilizado la siguiente expresión (ANA)

$$B = \sqrt{\frac{5}{4} * e^2 + \frac{H + (H + 3hr) * gw}{gc}} - \frac{\ell}{2}$$

Donde:

gw = peso específico del agua (T/m³); 1T/m³

gc = peso específico de la mampostería (T/m³). La propuesta técnica es que el vertedero se construye con gaviones, rellenos con piedra suelta de río, la cual su peso específico varía entre 2,200 kg/m³ a 2,800 kg/m³ (2.2 a 2.8 T/m³).

En la presente investigación se tomará un promedio; 2.5 T/m³.

B = base del vertedero (m)

$$B = \sqrt{\frac{5}{4} * 1^2 + \frac{0.5 + (0.5 + 3 * 0.65) * 1}{2.5}} - \frac{1}{2}$$

$$B = \sqrt{1.25 + 0.39} - 0.5$$

$$B = 0.8 \text{ m}$$

4.1.3.2. Diseño hidráulico de un dique transversal en la quebrada cedros 2.

Esta quebrada y sus afluentes son de caudal intermitente activándose generalmente durante fuertes precipitaciones o eventos extraordinarios como los fenómenos El Niño, dando lugar al arrastre de gran cantidad de sedimentos que colmatan la caja hidráulica del canal troncal de la irrigación margen izquierda en el sector de Corrales llamado los Cedros (altura del Molino de pilar arroz Roalcava).

A.- UBICACIÓN Y ACCESO

A.1.- Ubicación

- La quebrada Cedros 2 políticamente se ubica en el distrito de Corrales, en la provincia de Tumbes, región Tumbes, centro poblado Los Cedros.
- La ubicación geográfica de esta quebrada tiene como referencia las coordenadas UTM 552701 E, 9600018 N.

Tabla 41: Coordenadas UTM (WGS 84 – Z 17M) de estructura propuesta

Quebrada	Dimensiones Estructura		Coord. eje de estructura	
	Longitud	Altura	E	N
Dique transversal	22.5 m	0.5 m	552701	9600018

Fuente: Elaboración propia

A.2.- Acceso

Para llegar a la quebrada Cedros 2 desde la capital del distrito de corrales, tomando como punto de partida el cruce con la Panamericana Norte (Piedras Blancas), se dirige hacia el Sur, hasta llegar al Molino de Pilar Arroz Roalcava, en este punto se accede a la quebrada que cruza la carretera Panamericana, a 309 metros desde este punto aguas arriba

está el punto de ubicación del vertedero transversal

B.- DESCRIPCIÓN HIDRÁULICA DE LA QDA. CEDROS 2

B.1.- Análisis de la quebrada

La quebrada los cedros 2, es una cuya cuenca tiene un área de 5,06 km², de acuerdo al estudio hidrológico el caudal máximo que se genera es de 44,21 m³/s de agua con sedimentos usando el método de Creager y para un tiempo de retorno Tr de 50 años.

En la siguiente tabla se presentan los principales parámetros morfométricos de la microcuenca Cedros 2.

Tabla 42: Parámetros morfométricos quebrada cedros 2

Resumen de los Parámetros Morfométricos			
Parámetro		Unidad	Cantidad
Parámetros de forma	Área hidráulica (A)	Km ²	5,06
	Perímetro (P)	Km	12,76
	Long. Cauce principal (Lcp)	Km	4,45
	Ancho medio de cuenca (Am)	km	1,40
Parámetros de relieve	Cota máxima	msnm	150
	Cota mínima	msnm	48,85
	Desnivel máximo	m	101,15

	Pendiente media del cauce principal	%	2,27
Parámetros de la Red Hidrográfica	Densidad de drenaje (Dd)	Km/km ²	1,23
	Coeficiente de compacidad (Kc)	-	1,59
	Coeficiente de forma (Kf)	-	0,26

C. INFRAESTRUCTURA EXISTENTE

C.1. Evaluación de campo

De acuerdo a las visitas de campo realizadas entre el desfogue de la quebrada cedros 2 y el canal, no existe ninguna infraestructura en la caja hidráulica del canal, pero en la quebrada si existen diques longitudinales en ambos márgenes de concreto; no existe infraestructura de retención de sólidos y/o sedimentos.

C.2. Información Básica

Con el apoyo de winchas, GPS, nivel de ingeniero y libretas de campo se obtuvo información de coordenadas UTM, altura de diques transversales, secciones de ubicación del dique transversal estrechos del cauce, presencia de cerros a ambos lados, estructura geológica de los materiales, etc.

D. PLANTEAMIENTO HIDRÁULICO

Para el desarrollo de la ingeniería, se realiza el planteamiento hidráulico correspondiente a la quebrada cedros 2, con el propósito de retener la mayor cantidad de sedimentos en la parte alta y media de la quebrada, por ello para la presente investigación se plantea considerar un dique transversal tipo cerrado.

a) Dique transversal de retención cerrado

Esta estructura se plantea se plantea se construya en el cauce de la quebrada cedros 2 con la finalidad de retener el material erosionado y transportado en época de lluvias, corregir la pendiente del cauce aguas arriba del dique y circule agua con menos sedimentos y desfogue en la caja del canal sin mayores problemas de sedimentación; esta estructura debe ser construida con gaviones rellenos con piedra del río.

E. META FISICA

Teniendo en cuenta el tipo de estructura hidráulica planteada, así como su respectivo planteamiento hidráulico se ha determinado como meta física para la quebrada cedros 2 la construcción de un (01) dique transversal cerrado de gaviones con vertedero rectangular, pudiendo en el futuro construir más.

F. INGENIERIA DEL PROYECTO – DIQUE TRANSVERSAL

F.1. Criterios de diseño

Para la propuesta de ingeniería se consideran los siguientes criterios generales en el diseño de la estructura hidráulica.

- Se está considerando dique tipo cerrado con vertedero rectangular en el centro, para retener sedimentos que se generan en la quebrada cedros 2 y no lleguen hasta la caja hidráulica del canal de la irrigación margen izquierda.
- Para el diseño se considera el caudal máximo estimado por el método de Creager para un tiempo de retorno de 50 años. El cálculo del tirante hidráulico en esta sección permitirá definir la altura del dique.
- La ubicación de la estructura hidráulica tiene que ver con las condiciones topográficas que existen en el tramo elegido, menor ancho de cauce y espacio aguas arriba para almacenar sedimentos.

- Se elige el material de gaviones, por su mejor relación con el medio ambiente y es posible hacer acoples en el futuro ya sea para reforzarlos o sobrealzarlos en función de las necesidades.
- Los diques de gaviones son estructuras que permiten el crecimiento de la vegetación en la estructura y fuera de ésta.
- Al definir las dimensiones del vertedero, es decir de la parte central del dique transversal, por la cual pasa el agua, para que ésta no sobrepase las alas, no erosione las márgenes aguas arriba y abajo del dique y no provoque rebases inaceptables aguas arriba la longitud (L) de la cresta del vertedero está limitada por la exigencia de centralizar la corriente para evitar erosiones en las márgenes.

F.2. Capacidad del vertedero

El vertedero se calcula para un cierto caudal de diseño, en nuestra investigación el caudal máximo de diseño cuyo valor asciende a $Q = 44,21 \text{ m}^3/\text{s}$; y para el caso del dique transversal propuesto se ha calculado la lámina de agua que discurre sobre la estructura mediante la fórmula de vertedero rectangular de cresta ancho $Q = C * L * hr^{\frac{3}{2}}$, siendo coeficiente $C = 1,45$ (ANA), para cresta ancha, con inclinación de las paredes laterales.

Donde:

$Q =$ Caudal máximo de diseño = $44,21 \text{ m}^3/\text{s}$

$C =$ Coeficiente de descarga = $1,45$

$hr =$ altura de la lámina de agua sobre la cresta del vertedero (m)

$L =$ longitud de cresta del vertedero = 20 m

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

$$hr = \left(\frac{Q}{C * L}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$hr = \left(\frac{44,21}{1,45 * 20} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$hr = 1,52 \text{ m}$$

F.3. Lámina vertiente

La trayectoria de la lámina vertiente para determinar su energía y la zona de impacto en la fundación, dicha trayectoria corresponde a la de una parábola.

La estimación del tirante hidráulico “y” en la sección donde se ubicará el dique transversal, se realizó con la fórmula de manning, tomando en consideración factor de campo y una sección rectangular respetando el ancho del cauce (22.5 m), coeficiente de rugosidad propio de torrentes $n = 0,033$; la pendiente media del cauce principal $S = 2,27\%$; el caudal de diseño $Q = 44,21 \text{ m}^3/\text{s}$

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

$$\frac{Q * n}{S^{\frac{1}{2}}} = \frac{A^{\frac{5}{3}}}{P^{\frac{2}{3}}}$$

Donde:

Q = Caudal de diseño 44,21 m³/s

n = coeficiente de rugosidad de manning 0.033

S = pendiente 0.0227

A = área de la sección; $A = by$; donde b es el ancho de cauce igual a 22.5 m y “y” es el tirante hidráulico

P = perímetro mojado o perímetro hidráulico $P = b+2y$

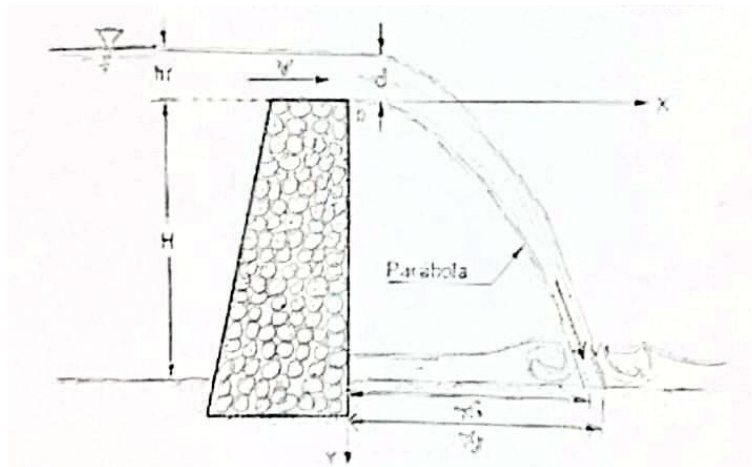
$$\frac{Q * n}{S^{\frac{1}{2}}} = \frac{(by)^{1.66}}{(b + 2y)^{0.66}}$$

$$\frac{44,21 * 0.033}{(0.0227)^{\frac{1}{2}}} = \frac{(22.5y)^{1.66}}{(22.5 + 2y)^{0.66}}$$

$$8.78 = \frac{(22.5y)^{1.66}}{(22.5 + 2y)^{0.66}}$$

$$y = 0.56$$

A fin de uniformizar la altura del dique cerrado (H), en toda la investigación, se tomó 0.5 m



Para el cálculo se realizó el siguiente procedimiento

$$q = \frac{Q}{Lv}$$

Donde:

Q = Caudal máximo de diseño (m³/s) = 44.21

Lv = longitud del vertedero (m) = 20 m

Luego la velocidad v, viene definido por la siguiente expresión

$$v = \frac{q}{hr}$$

$$q = \frac{Q}{Lv}$$

$$q = \frac{44,21}{20}$$

$$q = 2,21 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$$

$$v = \frac{2,21}{1,52}$$

$$v = 1,45 \text{ m/s}$$

La distancia Xi y Xj que definen el área de impacto de la lámina, vienen expresadas como:

$$Xi = v * \sqrt{\frac{2H}{g}}$$

$$Xi = 1,45 * \sqrt{\frac{2 * 0,5}{9,81}}$$

$$Xi = 0,46 \text{ m}$$

$$Xj = v * \sqrt{\frac{2(H + hr)}{g}}$$

$$Xj = 1,45 * \sqrt{\frac{2(0,5 + 1,52)}{9,81}}$$

$$Xj = 0,93 \text{ m}$$

Donde:

V1 = velocidad horizontal del flujo (m/s)

g = aceleración de la gravedad (m/s²)

hr = altura de la lámina de agua (m)

H = altura total del dique, desde la rasante del cauce (m)

Por su parte la velocidad del flujo cuando impacta sobre el lecho del cauce se calcula con la siguiente expresión:

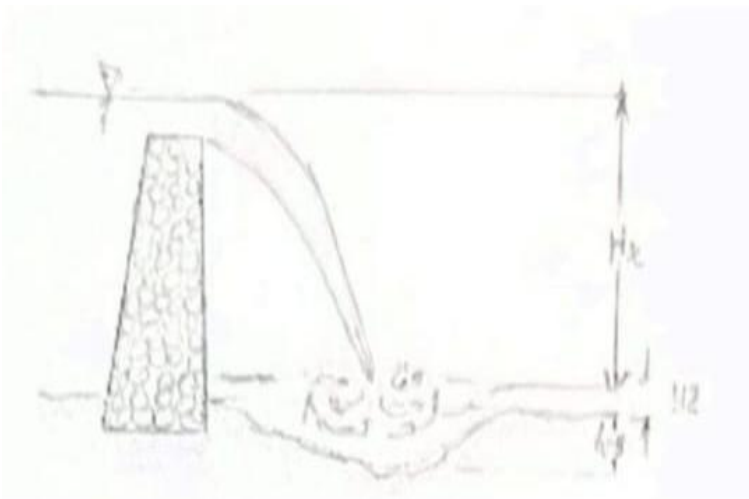
$$v1 = \sqrt{2 * g * (H + hr)}$$

$$v1 = \sqrt{2 * 9,81 * (0,5 + 1,52)}$$

$$v1 = 6,29 \text{ m/s}$$

F.4 Socavación al pie del dique

Al caer al pie del dique la lámina vertiente tiene una velocidad muy alta, que producirá arrastre de material de fondo en consecuencia la socavación del lecho por los remolinos que se producen



Existen muchas formas y fórmulas para calcular la socavación que produce una caída de agua en los materiales aluvionales de los cauces,

una de las fórmulas utilizadas es la de Schokilttsch

$$hs = 4.75 * \frac{Ht^{0.20} * q^{0.57}}{D_{90}^{0.32}} - Y2$$

Donde:

hs = socavación (m)

Y2 = tirante aguas abajo del dique (m)

Ht = altura total de carga hidráulica (m)

q = caudal unitario (m³/s/m)

D90 = diámetro del material de cauce (mm)

Para la presente investigación

Ht = 0,5+1,52 = 2,02 m

Y2 = 0.75 m

q = 2,21 m³/s/m

D90 = los diámetros D90 en granulometría de ríos (y suelos sedimentales) es un parámetro estadístico que representa el tamaño de partícula en (mm) por debajo del cual se encuentra el 90% de la masa total de la muestra es decir el 90% de las partículas son más finas que ese valor. Se obtiene del análisis granulométrico (tamizado o sedimentación) y es crucial para entender la distribución de tamaños, la capacidad de transporte de ríos y la calidad de agregados.

En la tabla se aprecia los diferentes diámetros de malla en mm y los % pasante acumulados, así tenemos para 93.01% le corresponde un diámetro de 4,75 mm; y para un porcentaje de 87.84% le corresponde 2 mm de diámetro; y se calcula para 90% por una regla de tres compuesta que le corresponde un diámetro para D90 igual a 3.62 mm.

Para el cálculo de hs se debe calcular la profundidad conjugada Y2 del

resalto hidráulico.

$$y_2 = \frac{y_1}{2} (\sqrt{1 + 8F_1} - 1)$$

Donde:

y_2 = profundidad conjugada o tirante aguas abajo del dique (m)

y_1 = profundidad inicial del resalto hidráulico y se puede calcular mediante

$$Y_1 = \frac{q}{v}$$

$$Y_1 = \frac{2,21}{6,29}$$

$$Y_1 = 0.35 \text{ m}$$

F_1 = número de froude del flujo al inicio del resalto.

$$F_1 = \frac{v}{\sqrt{g * Y_1}}$$

$$F_1 = \frac{6,29}{\sqrt{9.81 * 0.35}}$$

$$F_1 = 3.39$$

Entonces el cálculo de Y_2 será

$$y_2 = \frac{y_1}{2} (\sqrt{1 + 8F_1} - 1)$$

$$y_2 = \frac{0.35}{2} (\sqrt{1 + 8(3.39)} - 1)$$

$$y_2 = 0.75 \text{ m}$$

Por lo tanto, la socavación h_s será:

$$h_s = 4.75 * \frac{Ht^{0.20} * q^{0.57}}{D_{90}^{0.32}} - Y_2$$

$$h_s = 4.75 * \frac{2.02^{0.20} * 2.21^{0.57}}{3.62^{0.32}} - 0.75$$

$$h_s = 4.93 \text{ m}$$

F.5. Poza disipadora de energía

Como se indicó anteriormente, la lámina de agua que cae desde el vertedero tiene una energía que está en función de la altura de la caída y del caudal, para ello se calcula la distancia necesaria para una poza disipadora de energía.

$$Lc = xj + Lr$$

Donde:

Xj = distancia horizontal de impacto de la lámina (m); 0.93 m

Lr = longitud necesaria para alojar el resalto hidráulico (m)

La longitud Lr puede aproximarse como:

$$Lr = 5y_2$$

y₂ = profundidad conjugada o tirante aguas abajo del agua (m); 0.75 m

$$Lr = 5(0.75)$$

$$Lr = 3.75 \text{ m}$$

$$Lc = xj + Lr$$

$$Lc = 0.93 + 3.75$$

$$Lc = 4.68 \text{ m}$$

F.6. Predimensionamiento

En el predimensionamiento se determina el ancho del vertedero, que depende de la altura del dique, se puede adaptar valores que varían entre 0.70 m y 1.50 m; en la presente investigación se ha calculado con la siguiente expresión:

$$\ell = 1 + \frac{H}{10} \text{ m (ANA)}$$

$$\ell = 1 + \frac{0.5}{10}$$

$$\ell = 1 \text{ m}$$

Para el cálculo del ancho de la base, se ha utilizado la siguiente expresión (ANA)

$$B = \sqrt{\frac{5}{4} * e^2 + \frac{H + (H + 3hr) * gw}{gc}} - \frac{\ell}{2}$$

Donde:

gw = peso específico del agua (T/m³); 1T/m³

gc = peso específico de la mampostería (T/m³). La propuesta técnica es que el vertedero se construye con gaviones, rellenos con piedra suelta de río, la cual su peso específico varía entre 2,200 kg/m³ a 2,800 kg/m³ (2.2 a 2.8 T/m³).

En la presente investigación se tomará un promedio; 2.5 T/m³.

B = base del vertedero (m)

$$B = \sqrt{\frac{5}{4} * 1^2 + \frac{0.5 + (0.5 + 3 * 1.52) * 1}{2.5}} - \frac{1}{2}$$

$$B = \sqrt{1.25 + 1.012} - 0.5$$

$$B = 1.00 \text{ m}$$

4.1.3.3. Diseño hidráulico de un dique transversal en la quebrada San Isidro.

Esta quebrada y sus afluentes son de caudal intermitente activándose generalmente durante fuertes precipitaciones o eventos extraordinarios como los fenómenos El Niño, dando lugar al arrastre de gran cantidad de sedimentos que colmatan la caja hidráulica del canal troncal de la irrigación margen izquierda en el sector de Corrales llamado San Isidro (altura del colegio Perú – Ecuador)

A.- UBICACIÓN Y ACCESO

A.1.- Ubicación

- La quebrada San Isidro políticamente se ubica en el distrito de Corrales, en la provincia de Tumbes, región Tumbes, centro poblado Los Cedros.
- La ubicación geográfica de esta quebrada tiene como referencia las coordenadas UTM 554522 E, 9600354 N.

Tabla 43: Coordenadas UTM (WGS 84 – Z 17M) de estructura propuesta

Quebrada	Dimensiones Estructura		Coord. eje de estructura	
	Longitud	Altura	E	N
Dique transversal	27.5 m	0.5 m	554522	9600354

Fuente: Elaboración propia

A.2.- Acceso

Para llegar a la quebrada San Isidro desde la capital del distrito de corrales, tomando como punto de partida el cruce con la Panamericana Norte (Piedras Blancas), se dirige hacia el Sur, hasta llegar al Colegio Perú – Ecuador, en este punto accede a la quebrada que cruza la Carretera Panamericana a 576 metros desde este punto aguas arriba está el punto de ubicación del vertedero transversal.

B.- DESCRIPCIÓN HIDRÁULICA DE LA QDA. SAN ISIDRO

B.1.- Análisis de la quebrada

La quebrada San isidro, es una cuya cuenca tiene un área de 2,54 km², de acuerdo al estudio hidrológico el caudal máximo que se genera es de 22,81 m³/s de agua con sedimentos usando el método de Creager y para un tiempo de retorno Tr de 50 años.

En la siguiente tabla se presentan los principales parámetros morfométricos de la microcuenca San isidro.

Tabla 44: Parámetros morfométricos quebrada San Isidro

Resumen de los Parámetros Morfométricos			
Parámetro		Unidad	Cantidad
Parámetros de forma	Área hidráulica (A)	Km ²	2,54
	Perímetro (P)	Km	10,52
	Long. Cauce principal (Lcp)	Km	1,84
	Ancho medio de cuenca (Am)	km	0,24
Parámetros de relieve	Cota máxima	msnm	150
	Cota mínima	msnm	49,59
	Desnivel máximo	m	100,41
	Pendiente media del cauce principal	%	5,46
Parámetros de la Red Hidrográfica	Densidad de drenaje (Dd)	Km/km ²	0,72
	Coefficiente de compacidad (Kc)	-	1,85
	Coefficiente de forma (Kf)	-	0,75

C. INFRAESTRUCTURA EXISTENTE

C.1. Evaluación de campo

De acuerdo a las visitas de campo realizadas entre el desfogue de la quebrada San isidro y el canal, no existe ninguna infraestructura en la caja hidráulica del canal, pero en la quebrada si existen diques longitudinales en ambos márgenes de concreto; no existe infraestructura de retención de sólidos y/o sedimentos.

C.2. Información Básica

Con el apoyo de winchas, GPS, nivel de ingeniero y libretas de campo se obtuvo información de coordenadas UTM, altura de diques transversales, secciones de ubicación del dique transversal estrechos del cauce, presencia de cerros a ambos lados, estructura geológica de los materiales, etc.

D. PLANTEAMIENTO HIDRÁULICO

Para el desarrollo de la ingeniería, se realiza el planteamiento hidráulico correspondiente a la quebrada San isidro, con el propósito de retener la mayor cantidad de sedimentos en la parte alta y media de la quebrada, por ello para la presente investigación se plantea considerar un dique transversal tipo cerrado.

a) Dique transversal de retención cerrado

Esta estructura se plantea se plantea se construya en el cauce de la quebrada San isidro con la finalidad de retener el material erosionado y transportado en época de lluvias, corregir la pendiente del cauce aguas arriba del dique y circule agua con menos sedimentos y desfogue en la caja del canal sin mayores problemas de sedimentación; esta estructura debe ser construida con gaviones rellenos con piedra del río.

E. META FISICA

Teniendo en cuenta el tipo de estructura hidráulica planteada, así como su respectivo planteamiento hidráulico se ha determinado como meta física para la quebrada San isidro la construcción de un (01) dique transversal cerrado de gaviones con vertedero rectangular, pudiendo en el futuro construir más.

F. INGENIERIA DEL PROYECTO – DIQUE TRANSVERSAL

F.1. Criterios de diseño

Para la propuesta de ingeniería se consideran los siguientes criterios generales en el diseño de la estructura hidráulica.

- Se está considerando dique tipo cerrado con vertedero rectangular en el centro, para retener sedimentos que se generan en la quebrada San isidro y no lleguen hasta la caja hidráulica del canal de la irrigación margen izquierda.
- Para el diseño se considera el caudal máximo estimado por el método de Creager para un tiempo de retorno de 50 años. El cálculo del tirante hidráulico en esta sección permitirá definir la altura del dique.
- La ubicación de la estructura hidráulica tiene que ver con las condiciones topográficas que existen en el tramo elegido, menor ancho de cauce y espacio aguas arriba para almacenar sedimentos.
- Se elige el material de gaviones, por su mejor relación con el medio ambiente y es posible hacer acoples en el futuro ya sea para reforzarlos o sobrealzarlos en función de las necesidades.
- Los diques de gaviones son estructuras que permiten el crecimiento de la vegetación en la estructura y fuera de ésta.
- Al definir las dimensiones del vertedero, es decir de la parte central del dique transversal, por la cual pasa el agua, para que ésta no sobrepase las alas, no erosione las márgenes aguas arriba y abajo del

dique y no provoque rebases inaceptables aguas arriba la longitud (L) de la cresta del vertedero está limitada por la exigencia de centralizar la corriente para evitar erosiones en las márgenes.

F.2. Capacidad del vertedero

El vertedero se calcula para un cierto caudal de diseño, en nuestra investigación el caudal máximo de diseño cuyo valor asciende a $Q = 22,81 \text{ m}^3/\text{s}$; y para el caso del dique transversal propuesto se ha calculado la lámina de agua que discurre sobre la estructura mediante la fórmula de vertedero rectangular de cresta ancho $Q = C * L * hr^{\frac{3}{2}}$, siendo coeficiente $C = 1,45$ (ANA), para cresta ancha, con inclinación de las paredes laterales.

Donde:

$Q =$ Caudal máximo de diseño = $22,81 \text{ m}^3/\text{s}$

$C =$ Coeficiente de descarga = $1,45$

$hr =$ altura de la lámina de agua sobre la cresta del vertedero (m)

$L =$ longitud de cresta del vertedero = 20 m

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

$$hr = \left(\frac{Q}{C * L}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$hr = \left(\frac{22,81}{1,45 * 20}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$hr = 0,85 \text{ m}$$

F.3. Lámina vertiente

La trayectoria de la lámina vertiente para determinar su energía y la zona de impacto en la fundación, dicha trayectoria corresponde a la de una parábola.

La estimación del tirante hidráulico “y” en la sección donde se ubicará el dique transversal, se realizó con la fórmula de manning, tomando en consideración factor de campo y una sección rectangular respetando el

ancho del cauce (27.50 m), coeficiente de rugosidad propio de torrentes $n = 0,033$; la pendiente media del cauce principal $S = 5,46 \%$; el caudal de diseño $Q = 22,81 \text{ m}^3/\text{s}$

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

$$\frac{Q * n}{S^{\frac{1}{2}}} = \frac{A^{\frac{5}{2}}}{P^{\frac{5}{3}}}$$

Donde:

Q = Caudal de diseño 22,81 m³/s

n = coeficiente de rugosidad de manning 0.033

S = pendiente 0.0546

A = área de la sección; $A = by$; donde b es el ancho de cauce igual a 27.50 m y “ y ” es el tirante hidráulico

P = perímetro mojado o perímetro hidráulico $P = b+2y$

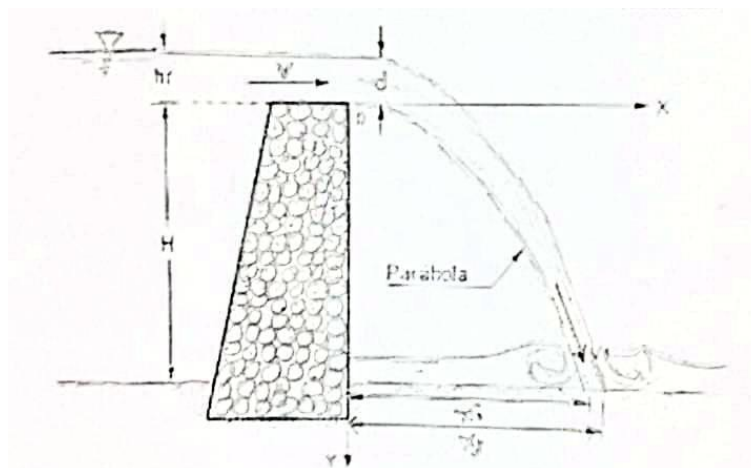
$$\frac{Q * n}{S^{\frac{1}{2}}} = \frac{(by)^{1.66}}{(b + 2y)^{0.66}}$$

$$\frac{22,81 * 0.033}{(0.0546)^{\frac{1}{2}}} = \frac{(27.5y)^{1.66}}{(27.5 + 2y)^{0.66}}$$

$$3.22 = \frac{(27.5y)^{1.66}}{(27.5 + 2y)^{0.66}}$$

$$y = 0.30 \text{ m}$$

A fin de uniformizar la altura del dique cerrado (H), en toda la investigación, se tomó 0.5 m



Para el cálculo se realizó el siguiente procedimiento

$$q = \frac{Q}{Lv}$$

Donde:

Q = Caudal máximo de diseño (m³/s) = 22.81

Lv = longitud del vertedero (m) = 20 m

Luego la velocidad v, viene definido por la siguiente expresión

$$v = \frac{q}{hr}$$

$$q = \frac{Q}{Lv}$$

$$q = \frac{22,81}{20}$$

$$q = 1,14 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$$

$$v = \frac{1,14}{0,85}$$

$$v = 1,34 \text{ m/s}$$

La distancia Xi y Xj que definen el área de impacto de la lámina, vienen expresadas como:

$$Xi = v * \sqrt{\frac{2H}{g}}$$

$$Xi = 1,34 * \sqrt{\frac{2 * 0,5}{9,81}}$$

$$Xi = 0,43 \text{ m}$$

$$Xj = v * \sqrt{\frac{2(H + hr)}{g}}$$

$$Xj = 1,34 * \sqrt{\frac{2(0,5 + 0,85)}{9,81}}$$

$$Xj = 0,70 \text{ m}$$

Donde:

V1 = velocidad horizontal del flujo (m/s)

g = aceleración de la gravedad (m/s²)

hr = altura de la lámina de agua (m)

H = altura total del dique, desde la rasante del cauce (m)

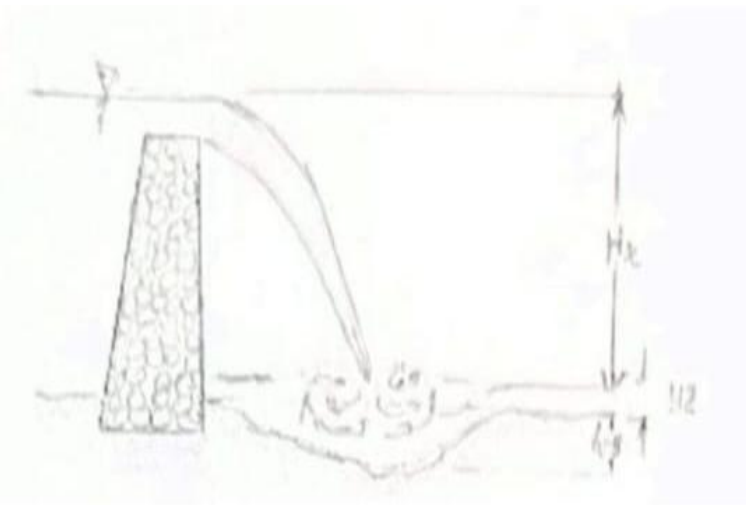
Por su parte la velocidad del flujo cuando impacta sobre el lecho del

cauce se calcula con la siguiente expresión:

$$v_1 = \sqrt{2 * g * (H + hr)}$$
$$v_1 = \sqrt{2 * 9.81 * (0.5 + 0,85)}$$
$$v_1 = 5,14 \text{ m/s}$$

F.4 Socavación al pie del dique

Al caer al pie del dique la lámina vertiente tiene una velocidad muy alta, que producirá arrastre de material de fondo en consecuencia la socavación del lecho por los remolinos que se producen



Existen muchas formas y fórmulas para calcular la socavación que produce una caída de agua en los materiales aluvionales de los cauces, una de las fórmulas utilizadas es la de Schokilttsch

$$hs = 4.75 * \frac{Ht^{0.20} * q^{0.57}}{D_{90}^{0.32}} - Y2$$

Donde:

hs = socavación (m)

Y2 = tirante aguas abajo del dique (m)

Ht = altura total de carga hidráulica (m)

q = caudal unitario (m³/s/m)

D90 = diámetro del material de cauce (mm)

Para la presente investigación

Ht = 0,5+0,85 = 1,35 m

Y2 = 0.48 m

$$q = 1,14 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$$

D90 = los diámetros D90 en granulometría de ríos (y suelos sedimentales) es un parámetro estadístico que representa el tamaño de partícula en (mm) por debajo del cual se encuentra el 90% de la masa total de la muestra es decir el 90% de las partículas son más finas que ese valor. Se obtiene del análisis granulométrico (tamizado o sedimentación) y es crucial para entender la distribución de tamaños, la capacidad de transporte de ríos y la calidad de agregados.

En la tabla se aprecia los diferentes diámetros de malla en mm y los % pasante acumulados, así tenemos para 93.01% le corresponde un diámetro de 4,75 mm; y para un porcentaje de 87.84% le corresponde 2 mm de diámetro; y se calcula para 90% por una regla de tres compuesta que le corresponde un diámetro para D90 igual a 3.62 mm.

Para el cálculo de h_s se debe calcular la profundidad conjugada Y_2 del resalto hidráulico.

$$y_2 = \frac{y_1}{2} (\sqrt{1 + 8F_1} - 1)$$

Donde:

y_2 = profundidad conjugada o tirante aguas abajo del dique (m)

y_1 = profundidad inicial del resalto hidráulico y se puede calcular mediante

$$Y_1 = \frac{q}{v}$$

$$Y_1 = \frac{1,14}{5,14}$$

$$Y_1 = 0.22 \text{ m}$$

F_1 = número de froude del flujo al inicio del resalto.

$$F_1 = \frac{v}{\sqrt{g * Y_1}}$$

$$F_1 = \frac{6,29}{\sqrt{9.81 * 0.22}}$$

$$F_1 = 3.49$$

Entonces el cálculo de Y_2 será

$$y_2 = \frac{y_1}{2} (\sqrt{1 + 8F_1} - 1)$$

$$y_2 = \frac{0.22}{2} (\sqrt{1 + 8(3.49)} - 1)$$

$$y_2 = 0.48 \text{ m}$$

Por lo tanto, la socavación h_s será:

$$h_s = 4.75 * \frac{Ht^{0.20} * q^{0.57}}{D_{90}^{0.32}} - Y_2$$

$$h_s = 4.75 * \frac{1.35^{0.20} * 1.14^{0.57}}{3.62^{0.32}} - 0.48$$

$$h_s = 3.11 \text{ m}$$

F.5. Poza disipadora de energía

Como se indicó anteriormente, la lámina de agua que cae desde el vertedero tiene una energía que está en función de la altura de la caída y del caudal, para ello se calcula la distancia necesaria para una poza disipadora de energía.

$$L_c = x_j + L_r$$

Donde:

X_j = distancia horizontal de impacto de la lámina (m); 0.70 m

L_r = longitud necesaria para alojar el resalto hidráulico (m)

La longitud L_r puede aproximarse como:

$$L_r = 5y_2$$

y_2 = profundidad conjugada o tirante aguas abajo del agua (m); 0.48 m

$$L_r = 5(0.70)$$

$$L_r = 3.5 \text{ m}$$

$$L_c = x_j + L_r$$

$$L_c = 0.70 + 3.50$$

$$L_c = 4.20 \text{ m}$$

F.6. Predimensionamiento

En el predimensionamiento se determina el ancho del vertedero, que depende de la altura del dique, se puede adaptar valores que varían entre 0.70 m y 1.50 m; en la presente investigación se ha calculado con la siguiente expresión:

$$\ell = 1 + \frac{H}{10} m \text{ (ANA)}$$

$$\ell = 1 + \frac{0.5}{10}$$

$$\ell = 1 \text{ m}$$

Para el cálculo del ancho de la base, se ha utilizado la siguiente expresión (ANA)

$$B = \sqrt{\frac{5}{4} * e^2 + \frac{H + (H + 3hr) * gw}{gc}} - \frac{\ell}{2}$$

Donde:

gw = peso específico del agua (T/m³); 1T/m³

gc = peso específico de la mampostería (T/m³). La propuesta técnica es que el vertedero se construye con gaviones, rellenos con piedra suelta de río, la cual su peso específico varía entre 2,200 kg/m³ a 2,800 kg/m³ (2.2 a 2.8 T/m³).

En la presente investigación se tomará un promedio; 2.5 T/m³.

B = base del vertedero (m)

$$B = \sqrt{\frac{5}{4} * 1^2 + \frac{0.5 + (0.5 + 3 * 0.85) * 1}{2.5}} - \frac{1}{2}$$

$$B = \sqrt{1.25 + 0.61} - 0.5$$

$$B = 0.86 \text{ m}$$

4.1.3.4. Diseño hidráulico de un dique transversal en la quebrada Urcos.

Esta quebrada y sus afluentes son de caudal intermitente activándose generalmente durante fuertes precipitaciones o eventos extraordinarios como los fenómenos El Niño, dando lugar al arrastre de gran cantidad de sedimentos que colmatan la caja hidráulica del canal troncal de la irrigación margen izquierda en el sector de Corrales llamado Urcos (carretera Corrales – Rica Playa – Comunidad de Malvaes)

A.- UBICACIÓN Y ACCESO

A.1.- Ubicación

- La quebrada Urcos políticamente se ubica en el distrito de Corrales, en la provincia de Tumbes, región Tumbes, comunidad de Malvales.

- La ubicación geográfica de esta quebrada tiene como referencia las coordenadas UTM 559327 E, 9599205 N.

Tabla 45: Coordenadas UTM (WGS 84 – Z 17M) de estructura propuesta

Quebrada	Dimensiones Estructura		Coord. eje de estructura	
	Longitud	Altura	E	N
Qda. Urcos				
Dique transversal	29.14 m	0.5 m	559327	9599205

Fuente: Elaboración propia

A.2.- Acceso

Para llegar a la quebrada Urcos desde la capital del distrito de corrales, tomando como punto de partida el cruce con la Panamericana Norte (Piedras Blancas), se dirige hacia el Este, carretera – Corrales Rica Playa, hasta llegar a la comunidad de Malvales y en baden de cruce de esta quebrada Urcos con la carretera, se accede a la quebrada, a 45 metros está el punto de ubicación del vertedero transversal muy cerca de su punto de desfogue al canal troncal de irrigación, margen izquierda porque aguas mas arriba está ocupada su faja marginal con agricultura de banano principalmente.

B.- DESCRIPCIÓN HIDRÁULICA DE LA QDA. URCOS

B.1.- Análisis de la quebrada

La quebrada Urcos, es una cuya cuenca tiene un área de 6,06 km², de

acuerdo al estudio hidrológico el caudal máximo que se genera es de 52,57 m³/s de agua con sedimentos usando el método de Creager y para un tiempo de retorno Tr de 50 años.

En la siguiente tabla se presentan los principales parámetros morfométricos de la microcuenca Urcos.

Tabla 46: Parámetros morfométricos quebrada Urcos

Resumen de los Parámetros Morfométricos			
Parámetro		Unidad	Cantidad
Parámetros de forma	Área hidráulica (A)	Km ²	6,06
	Perímetro (P)	Km	17,04
	Long. Cauce principal (Lcp)	Km	4,99
	Ancho medio de cuenca (Am)	km	1,40
Parámetros de relieve	Cota máxima	msnm	107,72
	Cota mínima	msnm	39,99
	Desnivel máximo	m	68,33
	Pendiente media del cauce principal	%	1,36
Parámetros de la Red Hidrográfica	Densidad de drenaje (Dd)	Km/km ²	0,82
	Coefficiente de compacidad (Kc)	-	1,94
	Coefficiente de forma (Kf)	-	0,24

C. INFRAESTRUCTURA EXISTENTE

C.1. Evaluación de campo

De acuerdo a las visitas de campo realizadas entre el desfogue de la quebrada Urcos y el canal, no existe ninguna infraestructura en la caja hidráulica del canal, pero en la quebrada si existen diques longitudinales en ambos márgenes de concreto; no existe infraestructura de retención de sólidos y/o sedimentos.

C.2. Información Básica

Con el apoyo de winchas, GPS, nivel de ingeniero y libretas de campo se obtuvo información de coordenadas UTM, altura de diques

transversales, secciones de ubicación del dique transversal estrechos del cauce, presencia de cerros a ambos lados, estructura geológica de los materiales; pero la ubicación del dique transversal debe realizarse en la parte baja de la cuenca, aprovechando dos diques longitudinales de concreto; y porque en la cuenca media y alta existe agricultura bajo riego como cultivo principal el banano y hortalizas

D. PLANTEAMIENTO HIDRÁULICO

Para el desarrollo de la ingeniería, se realiza el planteamiento hidráulico correspondiente a la quebrada Urcos, con el propósito de retener la mayor cantidad de sedimentos en la parte baja de la quebrada, por ello para la presente investigación se plantea considerar un dique transversal tipo cerrado.

a) Dique transversal de retención cerrado

Esta estructura se plantea se plantea se construya en el cauce de la quebrada cedros 2 con la finalidad de retener el material erosionado y transportado en época de lluvias, corregir la pendiente del cauce aguas arriba del dique y circule agua con menos sedimentos y desfogue en la caja del canal sin mayores problemas de sedimentación; esta estructura debe ser construida con gaviones rellenos con piedra del río.

E. META FISICA

Teniendo en cuenta el tipo de estructura hidráulica planteada, así como su respectivo planteamiento hidráulico se ha determinado como meta física para la quebrada Urcos la construcción de un (01) dique transversal cerrado de gaviones con vertedero rectangular, pudiendo en el futuro construir más.

F. INGENIERIA DEL PROYECTO – DIQUE TRANSVERSAL

F.1. Criterios de diseño

Para la propuesta de ingeniería se consideran los siguientes criterios generales en el diseño de la estructura hidráulica.

- Se está considerando dique tipo cerrado con vertedero rectangular en el centro, para retener sedimentos que se generan en la quebrada Urcos y no lleguen hasta la caja hidráulica del canal de la irrigación margen izquierda.
- Para el diseño se considera el caudal máximo estimado por el método de Creager para un tiempo de retorno de 50 años. El cálculo del tirante hidráulico en esta sección permitirá definir la altura del dique.
- La ubicación de la estructura hidráulica tiene que ver con las condiciones topográficas que existen en el tramo elegido, menor ancho de cauce y espacio aguas arriba para almacenar sedimentos.
- Se elige el material de gaviones, por su mejor relación con el medio ambiente y es posible hacer acoples en el futuro ya sea para reforzarlos o sobrealzarlos en función de las necesidades.
- Los diques de gaviones son estructuras que permiten el crecimiento de la vegetación en la estructura y fuera de ésta.
- Al definir las dimensiones del vertedero, es decir de la parte central del dique transversal, por la cual pasa el agua, para que ésta no sobrepase las alas, no erosione las márgenes aguas arriba y abajo del dique y no provoque rebases inaceptables aguas arriba la longitud (L) de la cresta del vertedero está limitada por la exigencia de centralizar la corriente para evitar erosiones en las márgenes.

F.2. Capacidad del vertedero

El vertedero se calcula para un cierto caudal de diseño, en nuestra investigación el caudal máximo de diseño cuyo valor asciende a $Q = 52,57 \text{ m}^3/\text{s}$; y para el caso del dique transversal propuesto se ha calculado la lámina de agua que discurre sobre la estructura mediante la fórmula de vertedero rectangular de cresta ancho $Q = C * L * hr^{\frac{3}{2}}$, siendo

coeficiente $C = 1,45$ (ANA), para cresta ancha, con inclinación de las paredes laterales.

Donde:

$Q =$ Caudal máximo de diseño = 52,57 m³/s

$C =$ Coeficiente de descarga = 1,45

$hr =$ altura de la lámina de agua sobre la cresta del vertedero (m)

$L =$ longitud de cresta del vertedero = 20 m

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

$$hr = \left(\frac{Q}{C * L}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$hr = \left(\frac{52,57}{1,45 * 20}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$hr = 1,48 \text{ m}$$

F.3. Lámina vertiente

La trayectoria de la lámina vertiente para determinar su energía y la zona de impacto en la fundación, dicha trayectoria corresponde a la de una parábola.

La estimación del tirante hidráulico “y” en la sección donde se ubicará el dique transversal, se realizó con la fórmula de manning, tomando en consideración factor de campo y una sección rectangular respetando el ancho del cauce (29,41 m), coeficiente de rugosidad propio de torrentes $n = 0,033$; la pendiente media del cauce principal $S = 1,36\%$; el caudal de diseño $Q = 52,57$ m³/s

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

$$\frac{Q * n}{S^{\frac{1}{2}}} = \frac{A^{\frac{5}{3}}}{P^{\frac{2}{3}}}$$

Donde:

$Q =$ Caudal de diseño 52,57 m³/s

$n =$ coeficiente de rugosidad de manning 0.033

$S =$ pendiente 0.0136

$A =$ área de la sección; $A = by$; donde b es el ancho de cauce igual a

29,41 m y “y” es el tirante hidráulico

P = perímetro mojado o perímetro hidráulico $P = b+2y$

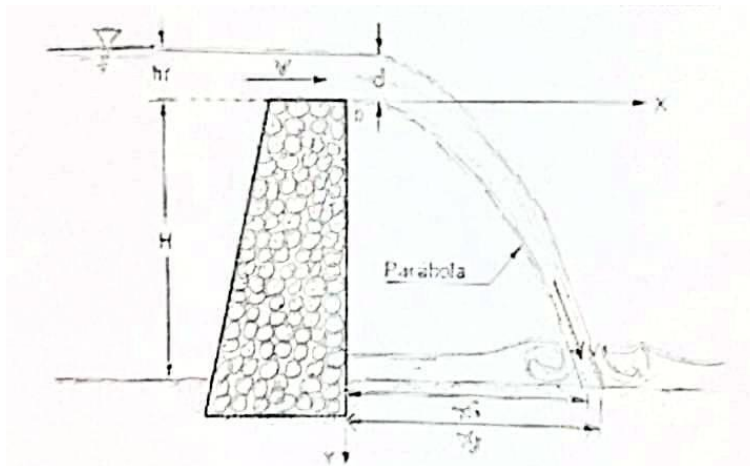
$$\frac{Q * n}{S^{\frac{1}{2}}} = \frac{(by)^{1.66}}{(b + 2y)^{0.66}}$$

$$\frac{52,57 * 0.033}{(0.0136)^{\frac{1}{2}}} = \frac{(29.41y)^{1.66}}{(29.41 + 2y)^{0.66}}$$

$$14,87 = \frac{(29.41y)^{1.66}}{(29.41 + 2y)^{0.66}}$$

$$y = 0.66 \text{ m}$$

A fin de uniformizar la altura del dique cerrado (H), en toda la investigación, se tomó 0.5 m



Para el cálculo se realizó el siguiente procedimiento

$$q = \frac{Q}{Lv}$$

Donde:

Q = Caudal máximo de diseño (m³/s) = 52,57

Lv = longitud del vertedero (m) = 20 m

Luego la velocidad v, viene definido por la siguiente expresión

$$v = \frac{q}{hr}$$

$$q = \frac{Q}{Lv}$$

$$q = \frac{52,57}{20}$$

$$q = 2,63 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$$

$$v = \frac{2,63}{1,48}$$

$$v = 1,78 \text{ m/s}$$

La distancia X_i y X_j que definen el área de impacto de la lámina, vienen expresadas como:

$$X_i = v * \sqrt{\frac{2H}{g}}$$

$$X_i = 1,78 * \sqrt{\frac{2 * 0,5}{9,81}}$$

$$X_i = 0,18 \text{ m}$$

$$X_j = v * \sqrt{\frac{2(H + hr)}{g}}$$

$$X_j = 1,78 * \sqrt{\frac{2(0,5 + 1,48)}{9,81}}$$

$$X_j = 0,80 \text{ m}$$

Donde:

V_1 = velocidad horizontal del flujo (m/s)

g = aceleración de la gravedad (m/s²)

hr = altura de la lámina de agua (m)

H = altura total del dique, desde la rasante del cauce (m)

Por su parte la velocidad del flujo cuando impacta sobre el lecho del cauce se calcula con la siguiente expresión:

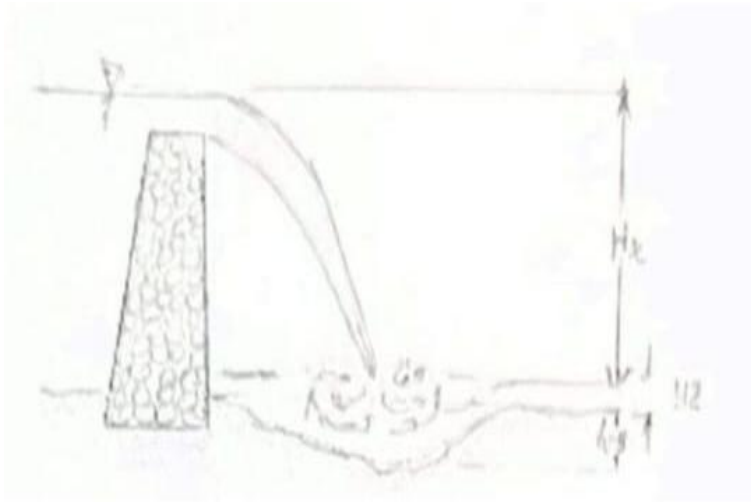
$$v_1 = \sqrt{2 * g * (H + hr)}$$

$$v_1 = \sqrt{2 * 9,81 * (0,5 + 1,48)}$$

$$v_1 = 6,23 \text{ m/s}$$

F.4 Socavación al pie del dique

Al caer al pie del dique la lámina vertiente tiene una velocidad muy alta, que producirá arrastre de material de fondo en consecuencia la socavación del lecho por los remolinos que se producen



Existen muchas formas y fórmulas para calcular la socavación que produce una caída de agua en los materiales aluvionales de los cauces, una de las fórmulas utilizadas es la de Schokilttsch

$$hs = 4.75 * \frac{Ht^{0.20} * q^{0.57}}{D_{90}^{0.32}} - Y2$$

Donde:

hs = socavación (m)

Y2 = tirante aguas abajo del dique (m)

Ht = altura total de carga hidráulica (m)

q = caudal unitario (m³/s/m)

D90 = diámetro del material de cauce (mm)

Para la presente investigación

Ht = 0,5+1,48 = 1,98 m

Y2 = 0.83 m

$$q = 2,63 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$$

D90 = los diámetros D90 en granulometría de ríos (y suelos sedimentales) es un parámetro estadístico que representa el tamaño de partícula en (mm) por debajo del cual se encuentra el 90% de la masa total de la muestra es decir el 90% de las partículas son más finas que ese valor. Se obtiene del análisis granulométrico (tamizado o sedimentación) y es crucial para entender la distribución de tamaños, la capacidad de transporte de ríos y la calidad de agregados.

En la tabla se aprecia los diferentes diámetros de malla en mm y los % pasante acumulados, así tenemos para 93.01% le corresponde un diámetro de 4,75 mm; y para un porcentaje de 87.84% le corresponde 2 mm de diámetro; y se calcula para 90% por una regla de tres compuesta que le corresponde un diámetro para D90 igual a 3.62 mm.

Para el cálculo de h_s se debe calcular la profundidad conjugada Y_2 del resalto hidráulico.

$$y_2 = \frac{y_1}{2} (\sqrt{1 + 8F_1} - 1)$$

Donde:

y_2 = profundidad conjugada o tirante aguas abajo del dique (m)

y_1 = profundidad inicial del resalto hidráulico y se puede calcular mediante

$$Y_1 = \frac{q}{v}$$

$$Y_1 = \frac{2,63}{6,23}$$

$$Y_1 = 0.42 \text{ m}$$

F_1 = número de froude del flujo al inicio del resalto.

$$F_1 = \frac{v}{\sqrt{g * Y_1}}$$

$$F_1 = \frac{6,23}{\sqrt{9.81 * 0.42}}$$

$$F_1 = 3.06$$

Entonces el cálculo de Y_2 será

$$y_2 = \frac{y_1}{2} (\sqrt{1 + 8F_1} - 1)$$

$$y_2 = \frac{0.42}{2} (\sqrt{1 + 8(3.06)} - 1)$$

$$y_2 = \mathbf{0.83\ m}$$

Por lo tanto, la socavación h_s será:

$$h_s = 4.75 * \frac{Ht^{0.20} * q^{0.57}}{D_{90}^{0.32}} - Y_2$$

$$h_s = 4.75 * \frac{1.98^{0.20} * 2.63^{0.57}}{3.62^{0.32}} - 0.83$$

$$h_s = \mathbf{5.43\ m}$$

F.5. Poza disipadora de energía

Como se indicó anteriormente, la lámina de agua que cae desde el vertedero tiene una energía que está en función de la altura de la caída y del caudal, para ello se calcula la distancia necesaria para una poza disipadora de energía.

$$L_c = x_j + L_r$$

Donde:

x_j = distancia horizontal de impacto de la lámina (m); 0.80 m

L_r = longitud necesaria para alojar el resalto hidráulico (m)

La longitud L_r puede aproximarse como:

$$L_r = 5y_2$$

y_2 = profundidad conjugada o tirante aguas abajo del agua (m); 0.75 m

$$L_r = 5(0.83)$$

$$L_r = 4.15\ m$$

$$L_c = x_j + L_r$$

$$L_c = 0.80 + 4.15$$

$$L_c = \mathbf{4.95\ m}$$

F.6. Predimensionamiento

En el predimensionamiento se determina el ancho del vertedero, que depende de la altura del dique, se puede adaptar valores que varían entre 0.70 m y 1.50 m; en la presente investigación se ha calculado con la siguiente expresión:

$$\ell = 1 + \frac{H}{10} m \text{ (ANA)}$$

$$\ell = 1 + \frac{0.5}{10}$$

$$\ell = 1 \text{ m}$$

Para el cálculo del ancho de la base, se ha utilizado la siguiente expresión (ANA)

$$B = \sqrt{\frac{5}{4} * e^2 + \frac{H + (H + 3hr) * gw}{gc}} - \frac{\ell}{2}$$

Donde:

gw = peso específico del agua (T/m³); 1T/m³

gc = peso específico de la mampostería (T/m³). La propuesta técnica es que el vertedero se construye con gaviones, rellenos con piedra suelta de río, la cual su peso específico varía entre 2,200 kg/m³ a 2,800 kg/m³ (2.2 a 2.8 T/m³).

En la presente investigación se tomará un promedio; 2.5 T/m³.

B = base del vertedero (m)

$$B = \sqrt{\frac{5}{4} * 1^2 + \frac{0.5 + (0.5 + 3 * 1.48) * 1}{2.5}} - \frac{1}{2}$$

$$B = \sqrt{1.25 + 0.89} - 0.5$$

$$B = 0.96 \text{ m}$$

4.1.3.5. Características de los diques transversales

hr = altura de la lámina de agua sobre la cresta del vertedero (m)

y = tirante hidráulico; para todos (0,5 m)

Lv = longitud del vertedero (m); para todos (20 m)

q = caudal unitario m³/s/m

v = velocidad encima de la cresta del vertedero m/s

xi = distancia media de caída de la lámina vertiente (m)

x_j = distancia más lejana de caída de la lámina vertiente (m)

v_1 = velocidad del flujo que impacta sobre el lecho del cauce

h_s = profundidad de socavación

g = aceleración de la gravedad $9,81 \text{ m/s}^2$

y_2 = tirante aguas abajo del dique (m)

H = altura de carga hidráulica (m)

D_{90} = diámetro del material de cauce (mm), altura total

$H_t = H + h_r$

H = altura del dique (m)

y_1 = profundidad inicial del resalto hidráulico (m)

F_1 = número de froude

h_s = profundidad de socavación

L_c = distancia necesaria para una poza disipadora de energía

L_r = longitud necesaria para alojar el resalto hidráulico (m)

e = ancho del vertedero

B = ancho de la base del vertedero

B_l = borde libre (m)

L = longitud del cauce

Tabla 47: Características de diseño Hidráulico del Dique Transversal

Parámetro	Qda. Cedros 1	Qda. Cedros 2	Qda. San Isidro	Qda. Urcos
H ó Y	0.5 m	0.5 m	0.5 m	0.5 m
h_r	0.65 m	1.52 m	0.85 m	1.48 m

Bl	1/3 y	1/3 y	1/3 y	1/3 y
Lv	20 m	20 m	20 m	20 m
Ht	1.5 m	2.02 m	1.35 m	1.98 m
L	30 m	22.50 m	27.50 m	29.14 m
V	1.17 m/s	1.45 m/s	1.34 m/s	1.78 m/s
V1	4.75 m/s	6.29 m/s	5.14 m/s	6.23 m/s
q	0.76 m ³ /s/m	2.21 m ³ /s/m	1.14 m ³ /s/m	2.63 m ³ /s/m
Xi	0.37 m	0.46 m	0.43 m	0.18 m
Xj	0.57 m	0.93 m	0.70 m	0.80 m
hs	2.41 m	4.93 m	3.11 m	5.43 m
g	9.81 m/s ²	9.81 m/s ²	9.81 m/s ²	9.81 m/s ²
D90	3.62 mm	3.62 mm	3.62 mm	3.62 mm
y1	0.16 m	0.35 m	0.22 m	0.42 m
y2	0.37 m	0.75 m	0.48 m	0.83 m
F1	3.79 m	3.39 m	3.49 m	3.06 m
Q	15.17 m ³ /s	44.21 m ³ /s	22.81 m ³ /s	52.57 m ³ /s
Lc	2.42 m	4.68 m	4.20 m	4.95 m
Lr	1.85 m	3.75 m	3.50 m	4.15 m
e	1.00 m	1.00 m	1.00 m	1.00 m
B	0.80 m	1.00 m	0.86 m	0.96 m

Fuente: Elaboración propia

Fig. 25: Vista Frontal Dique Transversal

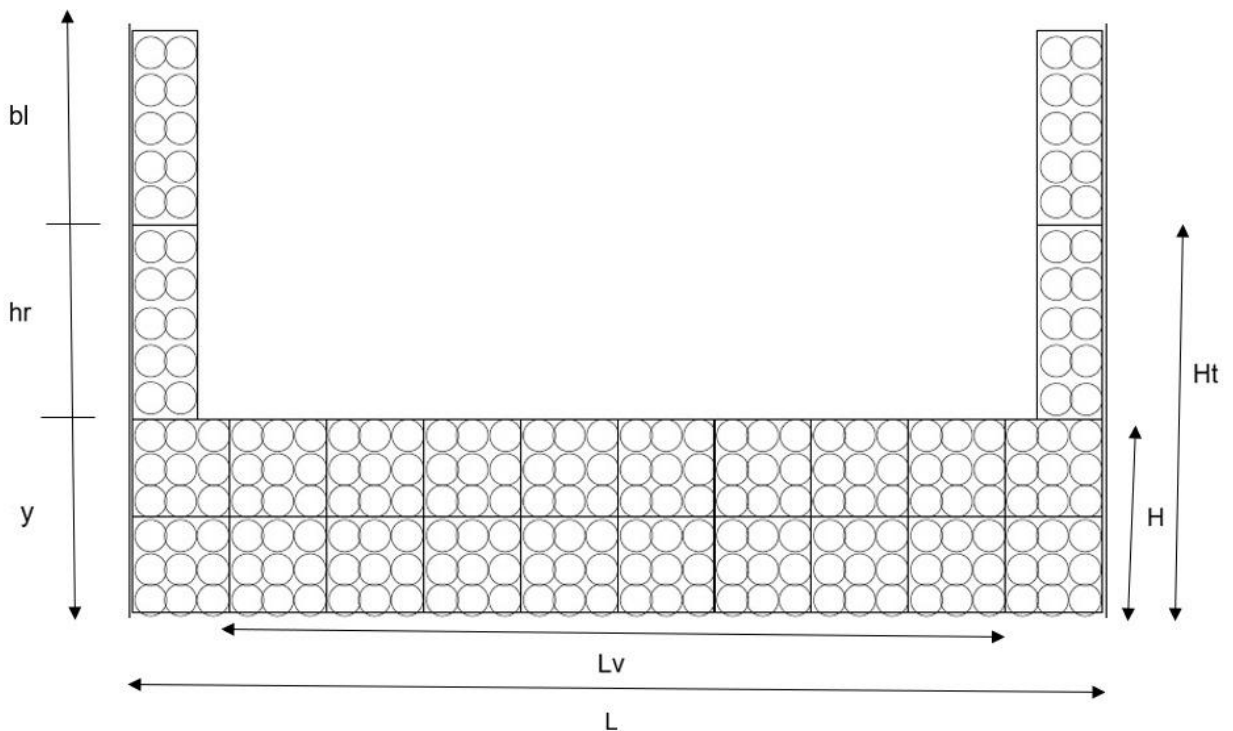
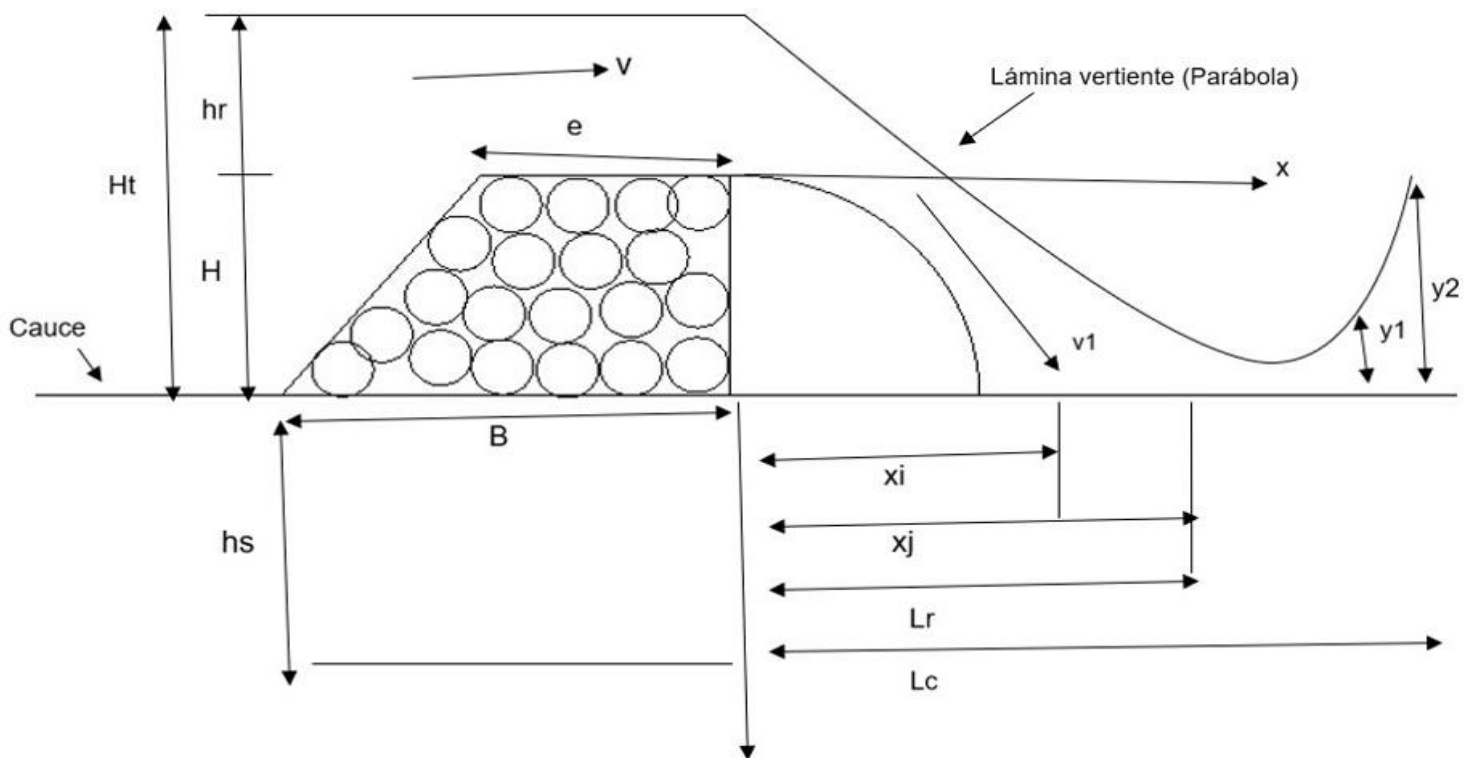


Fig. 26: Lámina vertiente



4.2. Discusiones

4.2.1. Características geomorfológicas de las (04) microcuencas (cedros 1, cedros 2, san isidro, Urcos)

Un parámetro morfométrico muy importante en la presente investigación es la longitud del cauce principal (L_{cp}) y la pendiente media del cauce principal, ya que ellas nos permiten tomar decisión para iniciar con la altura de un dique transversal sobre todo cuando se plantean varios diques en forma consecutiva en un cauce de río o quebrada; y tal como Suarez F & Almeida R. (2017) encontraron una correlación directa entre parámetros morfométricos y Precipitación, caudales máximos, también

en la presente investigación hay una correlación inversa o indirecta entre la longitud del cauce principal (Lcp) y la pendiente media del cauce principal (Sc), a menor longitud de cauce principal mayor es su pendiente para las cuatro cuencas analizadas (relación inversa).

Cedros 1 (Lcp) 1,52 km; Sc = 3,28%

Cedros 2 (Lcp) 4,45 km; Sc = 2,27%

San Isidro (Lcp) 1,84 km; Sc = 5,46%

Urcos (Lcp) 4,49 km; Sc = 1,36%

Lo mismo se puede decir de una relación directa entre área de la Cuenca y el Caudal máximo de diseño.

Cedros 1 = 1,66 km² de área; 15,17 m³/s de caudal

Cedros 2 = 5,06 km² de área; 44,21 m³/s de caudal

San Isidro = 2,54 km² de área; 22,81 m³/s de caudal

Urcos = 6,06 km² de área; 52,57 m³/s de caudal

4.2.2. Caudales máximos de diseño de las quebradas Cedros 1, Cedros 2, San Isidro, Urcos.

En la presente investigación para estimar los caudales máximos de diseño se utilizó el método de Creager y si comparamos para las cuatro quebradas y para tiempos de retorno $tr = 50$ y $tr = 100$ años las diferencias son mínimas; así, por ejemplo:

Qda.	Tr (años)	Q máx. (m³/s)	Diferencia (m³/s)
Cedros 1	50	15,17	2,66
Cedros 1	100	17,85	
Cedros 2	50	44,21	7,84
Cedros 2	100	52,05	
San Isidro	50	22,81	4,05
San isidro	100	26,86	
Urcos	50	52,57	9,32
Urcos	100	61,89	

Con un promedio de diferencias entre $tr = 50$ y $tr = 100$ de 4,64 m³/s.

Al comparar con Bermeo et al (2018) este autor usando el Software HEC – HMS encontró diferencias más significativas.

Teniendo un promedio para $tr = 50$ de 110,375 m³/s; y para $tr = 100$ de 191,314 m³/s; con una diferencia entre $tr = 50$ y $tr = 100$, de 30,939 m³/s muy alto de rango con respecto al método de Creager con un promedio para las 4 cuencas de 4,64 m³/s; intuyéndose que el método de Creager es bastante confiable para estimar caudales máximos de diseño en cuencas secas; esto también corroborado por Quispe, A. (2023) que habiendo aplicado el Método de Creager para 7 entre una subcuenca y 6 microcuencas parecidas a los territorios trabajados en la presente investigación concluye que la aplicación de este modelo hidrológico de Creager está relacionada directamente a estas características físicas; los investigadores Avellaneda, C. Montalvo, E, (2019) usando otros métodos para estimar caudales máximos de diseño.

Para cuencas secas como que a partir de la modelación Hidrológica HEC – HMS para diferentes tiempos de retorno y usando el método racional modificado, hidrograma unitario SCS y Clark se obtuvieron valores sobreestimados del caudal; por lo que nuevamente se corrobora el método usado en la presente investigación, Método de Creager es el adecuado para este importante factor hidrológico como es el caudal máximo de diseño en Cuencas Secas, otros autores como Garabito, A. (2020); Atoche, M & Alemán, W. (2019) y recientemente Chapoñan, R. (2024) corroboran la utilidad y confiable el método de Creager para estimar el caudal máximo de diseño en cuencas secas, muy importante en el diseño y construcción de todo tipo de obras de defensa ribereña.

4.2.3. Diseñar Hidráulicamente cuatro (04) diques transversales en las cuatro (04) quebradas cedros 1, cedros 2, San isidro y Urcos

4.2.3.1. Dique transversal en la quebrada cedros 1

Teniendo en cuenta el ancho estable del cauce (entre dos cerros) y

estimando el tirante hidráulico en esa sección por el método de Manning se estimó la altura del dique de 0.5 m y su longitud de 30 m. El caudal estimado por el método de Creager y para $t_r = 50$ años es de 15,17 m³/s; con una longitud de cresta de vertedero rectangular de 20 metros; se obtuvo una lámina de agua sobre la cresta del vertedero de $h_r = 0,65$ m.

Así mismo se obtuvo una velocidad (velocidad sobre la cresta) horizontal del flujo $v = 1,17$ m/s y $v_1 = 4,75$ m/s (velocidad de impacto) y una socavación $h_s = 2,41$ m y una altura total de carga hidráulica $H_t = 1,15$ m.

La poza disipadora entra una longitud necesaria para alojar el resalto hidráulico $L_r = 1,85$ m y una distancia necesaria de la poza disipadora de $L_c = 2,42$ m; el ancho del dique $e = 1$ m; y una base de 0,8 m (para fines de construcción se debe considerar $B = 1.00$ m).

Toda la estructura será de gaviones y se sugiere que la profundidad de socavación h_s se acople a la base del dique y a medida que vaya erosionando se vaya soterrando al cauce.

4.2.3.2. Dique transversal en la quebrada Cedros 2

Teniendo en cuenta el ancho estable del cauce (entre dos cerros) y estimando el tirante hidráulico en esa sección por el método de Manning se estimó la altura del dique de 0.5 m y su longitud de 22.5 m. El caudal estimado por el método de Creager y para $t_r = 50$ años es de 44,21 m³/s; con una longitud de cresta de vertedero rectangular de 20 metros; se obtuvo una lámina de agua sobre la cresta del vertedero de $h_r = 1,52$ m.

Así mismo se obtuvo una velocidad (velocidad sobre la cresta) horizontal del flujo $v = 1,45$ m/s y $v_1 = 6,29$ m/s (velocidad de impacto) y una socavación $h_s = 4,93$ m y una altura total de carga hidráulica $H_t = 2,02$ m.

La poza disipadora entra una longitud necesaria para alojar el resalto hidráulico $L_r = 3,75$ m y una distancia necesaria de la poza disipadora

de $L_c = 4,68$ m; el ancho del dique $e = 1$ m; y una base de $1,00$ m (para fines de construcción se debe considerar $B = 1.00$ m).

Toda la estructura será de gaviones y se sugiere que la profundidad de socavación h_s se acople a la base del dique y a medida que vaya erosionando se vaya soterrando al cauce.

4.2.3.3. Dique transversal San isidro

Teniendo en cuenta el ancho estable del cauce (entre dos cerros) y estimando el tirante hidráulico en esa sección por el método de Manning se estimó la altura del dique de 0.5 m y su longitud de 27.50 m. El caudal estimado por el método de Creager y para $tr = 50$ años es de $22,81$ m³/s; con una longitud de cresta de vertedero rectangular de 20 metros; se obtuvo una lámina de agua sobre la cresta del vertedero de $h_r = 0,85$ m.

Así mismo se obtuvo una velocidad (velocidad sobre la cresta) horizontal del flujo $v = 1,34$ m/s y $v_1 = 5,14$ m/s (velocidad de impacto) y una socavación $h_s = 3,11$ m y una altura total de carga hidráulica $H_t = 1,35$ m.

La poza disipadora entra una longitud necesaria para alojar el resalto hidráulico $L_r = 3,50$ m y una distancia necesaria de la poza disipadora de $L_c = 4,20$ m; el ancho del dique $e = 1$ m; y una base de $0,86$ m (para fines de construcción se debe considerar $B = 1.00$ m).

Toda la estructura será de gaviones y se sugiere que la profundidad de socavación h_s se acople a la base del dique y a medida que vaya erosionando se vaya soterrando al cauce.

4.2.3.4. Dique transversal Urcos

Teniendo en cuenta el ancho estable del cauce (entre dos cerros) y estimando el tirante hidráulico en esa sección por el método de Manning se estimó la altura del dique de 0.5 m y su longitud de 29.14 m. El caudal estimado por el método de Creager y para $tr = 50$ años es de $52,57$ m³/s; con una longitud de cresta de vertedero rectangular de 20 metros; se

obtuvo una lámina de agua sobre la cresta del vertedero de $h_r = 1,48$ m.

Así mismo se obtuvo una velocidad (velocidad sobre la cresta) horizontal del flujo $v = 1,78$ m/s y $v_1 = 6,23$ m/s (velocidad de impacto) y una socavación $h_s = 5,43$ m y una altura total de carga hidráulica $H_t = 1,98$ m.

La poza disipadora entra una longitud necesaria para alojar el resalto hidráulico $L_r = 4,15$ m y una distancia necesaria de la poza disipadora de $L_c = 4,95$ m; el ancho del dique $e = 1$ m; y una base de $0,96$ m (para fines de construcción se debe considerar $B = 1.00$ m).

Toda la estructura será de gaviones y se sugiere que la profundidad de socavación h_s se acople a la base del dique y a medida que vaya erosionando se vaya soterrando al cauce.

5. CONCLUSIONES

- La geomorfología de una cuenca es muy importante en todo análisis hidrológico de una cuenca ya que nos permite ver la forma de la cuenca, calcular parámetros muy importantes con fines de manejo de una cuenca como es su área y con esta única variable utilizar métodos empíricos para estimar caudales máximos de diseño especialmente de obras de defensas ribereñas como son los diques transversales en la presente investigación; que permitirán respuestas positivas ante lluvias, erosiones, escorrentías, etc.
- El área de la quebrada Cedros 1 es de 1,66 km²; quebrada Cedros 2 es 5,06 km²; quebrada San isidro es de 2,64 km² y Urcos es de 6,06 km²; y se concluye una relación directa entre el área y el caudal en función al método usado para estimarlo como es el método de Creager, sí una variable sube la otra también sube y viceversa.
- Existe una correlación inversa o indirecta entre la longitud del cauce principal (Lcp) y la pendiente media del cauce principal, a menor longitud de cauce principal mayor es su pendiente para las cuatro quebradas analizadas, corroborándose la agresiva de los torrentes para causar fenómenos erosivos y arrastre de sedimentos es un periodo lluvioso.
- Los caudales máximos de diseño estimados en la presente investigación por el método de Creager son muy confiables corroborado con otros investigadores; para un tiempo de retorno (Tr) de 50 años para las cuatro quebradas sus caudales variaron de la manera siguiente: Cedros 1 (15,17 m³/s); Cedros 2 (44,21 m³/s); San isidro (22,81 m³/s); y Urcos (52,57 m³/s).
- El diseño hidráulico planteado en la presente investigación, los cuatro vertederos transversales en las cuatro quebradas estudiadas se ha buscado la sección más estrecha del cauce, y esta distancia de campo se ha respetado como son Cedros 1 (30 m), Cedros 2 (22.5 m), San isidro (27.50 m) y Urcos (29.14); y se ha considerado una altura de dique similar

de 0.5 m en algunos casos superior al tirante hidráulico en el área intervenida y asegurar la retención de sedimentos.

- Las velocidades con la cual impacta el agua, en la poza disipadora son propios de torrentes (muy altas), así tenemos: Cedros 1 (4.75 m/s); Cedros 2 (6.29 m/s); San isidro (5.14 m/s); y Urcos (6.23 m/s).
- El número de Froude es propio de flujos turbulentos, como hidráulicamente deben ser en este tipo de infraestructura con saltos hidráulicos, en las cuatro quebradas se ha obtenido un número de Froude mayor de 1; así tenemos: Cedros 1 (3.79); Cedros 2 (3.39), San isidro (3.39); y Urcos (3.49).
- Debido a las fuertes velocidades de impacto del agua en la poza disipadora las profundidades de socavación son altas, así tenemos: Cedros 1 (2.41 m); Cedros 2 (4.93); San isidro (3.11 m); y Urcos (5.43 m); esto implica también que directamente las longitudes de poza disipadoras se correlacionan; así tenemos para Cedros 1 (2.42 m); Cedros 2 (4.68 m); San isidro (4.20 m); y Urcos (4.95 m).

6. RECOMENDACIONES

- Si se desea colocar diques transversales como estructuras hidráulicas de control de sedimentos a lo largo de un cauce y en varios tramos se recomienda obtener un perfil a detalle de ese tramo y adecuar la altura de los diques.
- Es importante que este tipo de investigaciones para cuencas más grandes, si bien es cierto el método de Creager es confiable, se deberían usar otros métodos hidrológicos para estimar los caudales máximos de diseño en cuencas secas (sin caudales aforados).
- En el proceso constructivo de los diques es necesario verificar en el mercado el tamaño de los gaviones tal que cuadren con las dimensiones planteadas en longitud y altura, de lo contrario hacerlos a pedido a los proveedores.
- Por la longitud de socavación se recomienda que el colchón de gaviones antisocavantes vayan colocados en forma horizontal amarrados al cuerpo del dique transversal y por debajo de la poza disipadora.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA (2023).** Diseño Hidráulico y estructural de dique transversal quebrada panorama.
- Atoche, G (2019).** “Estimación de caudales máximos en Cuencas secas y aplicación en diseños obras de defensas ribereñas: caso Quebrada Angostura, Tumbes, 2019”. Tesis de Pregrado: Universidad Nacional de Tumbes.
- Avellaneda, C. Montalvo, E. (2019):** “Análisis comparativo de los métodos Racional modificado Témez, Hidrogramas unitarios SCS, Clark y Snyder en la obtención de caudales máximos para las subcuencas Cañad y Alto Chancay Lambayeque – Cuenca Chancay Lambayeque”
- Bermeo et al (2018) Tesis:** “Estimación de los caudales máximos y caracterización morfométrica de la subcuenca del cauce en el sector hidro dependiente del Municipio de San Francisco – Cundinamarca”
- Campomanes. (2015).** hidrología.
- Carrasco, S. (2019).** Metodología de la investigación científica – pautas metodológicas para diseñar y elaborar proyecto de investigación – Editorial San Marcos – Lima.
- Chapoñan, R. (2024).** “Estimación del caudal máximo en cuencas secas para diseño de defensas ribereñas - caso quebrada Faical - Tumbes 2024”. Tesis de Pregrado: Universidad Nacional de Tumbes.
- Comisión Federal de Electricidad (s/f).** Instituto de investigaciones eléctricas – Manual de Diseño de obras civiles – Hidráulica Fluvial – México.
- Garabito, A. (2020).** “Estimación del caudal máximo en cuencas secas para diseño de defensa ribereña - caso quebrada Casitas-Bocapán Tumbes-2020”. Tesis de Pregrado: Universidad Nacional de Tumbes.
- García, M. (2011).** Estimación de caudales máximos en cuenca sin información. Cajamarca.
- INDECI. (2008).** Glosario de Términos. Perú.
- Marini, M. y Piccolo, M. (2000).** El balance hídrico en la cuenca del rio Quequén salado, argentina, papeles de geografía (31), 39 – 53.
- MIDAGRI (2010).** Perfil – Proyecto mejoramiento del canal de la M.I. Rio Tumbes – Tramo inicial 9 km – Volumen I – Lima – Perú.

- Ministerio de Transportes y Comunicaciones Perú (2019).** Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje. Lima. Perú. Editorial ICG PT-55.
- Nava, A. (s/f).** Tesis de Titulación “Hidráulica de Ríos” – Morfología, técnicas de medición y muestreo de Ríos. Instituto Politécnico Nacional – México.
- Quispe, A. (2023):** Evaluación de Caudales máximos de diseño mediante modelos hidrológicos en Subcuencas Alto Andinas con escasa información, Subcuenca Yacus, Junín 2021.
- Ramos, C.L (2010).** Estudio de máximas avenidas en las cuencas de la vertiente del pacífico – cuencas de la costa norte. Informe final. Ministerio de Agricultura. ANA. Lima.
- Suárez F. & Almeida. R. (2017) Tesis:** “Análisis de correlación entre parámetros morfométricos, precipitaciones máximas y caudales máximos asociados a diferentes periodos de retorno en cuencas rurales”.
- Tenazoa, P. M. (2019).** Propuestas de diseño de defensa ribereña en la localidad de Machungo, margen derecha del Río Huallaga, Distrito de Alberto Leveaú, Provincia San Martín, Región San Martín.
- UNICEF, (2022),** Cambio climático y medio ambiente – las inundaciones en Bangladesh ponen en grave peligro a más de 1,5 millones de niños.
- Villón, M. (2002).** Hidrología. Instituto Tecnológico de Costa Rica – Escuela de Ingeniería agrícola – Segunda Edición – Editorial Villon – Lima – Perú.

INFOGRAFIA

- google.com – estimación de caudales máximos Colombia – extraído el 15.01.2025.
- <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-escorrentia>
- <https://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/determinacion-de-caudales-maximos-con-el-metodo-racional/>
- <https://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/creando-curvas-de-intensidad-duracion-frecuencia/>

ANEXOS

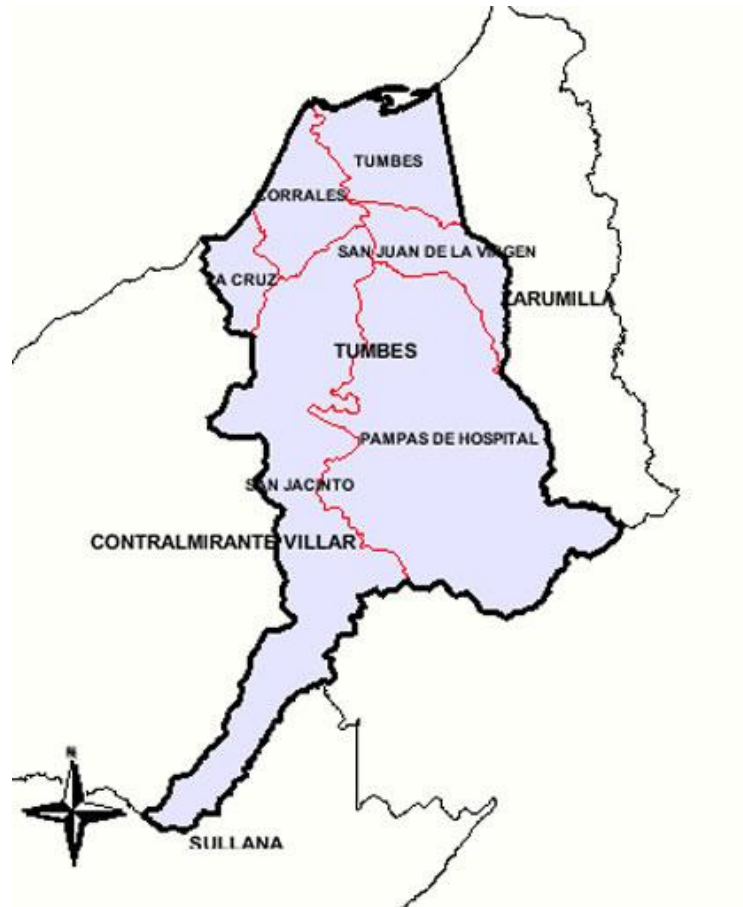
Anexo 1: Mapa del Perú



Anexo 2: Región Tumbes



Anexo 3: Provincia de Tumbes



Anexo 4: Distrito Corrales



Anexo 5: Cuenca de Quebrada Urcos en Malvaes Distrito de Corrales



**Anexo 6: Qda. Urcos desemboca directamente al canal principal de la irrigación
margen izquierda, al fondo campos agrícolas**



**Anexo 7: Qda Urcos desfoga directamente a la caja hidráulica del canal principal
margen izquierda**



Anexo 8: Qda. San Isidro



Anexo 9: Qda. San Isidro desemboca directamente a la caja hidráulica del canal

principal de la irrigación margen izquierda, aguas abajo Campos Agrícolas



Anexo 10: Qda Cedros 1



Anexo 11: Qda Cedros 1 desemboca directamente a la caja hidráulica del canal de la irrigación margen izquierda río Tumbes, aguas abajo Campos Agrícolas



Anexo 12: Qda. Cedros 2



Anexo 13: Qda Cedros 2 desemboca directamente a la caja hidráulica del canal de la irrigación margen izquierda, aguas abajo centro de investigación INIA



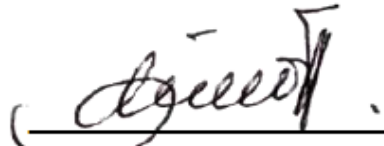
Anexo 14: Estación de procesamiento de agua potable los cedros, afectada ante una colmatación de la caja hidráulica del canal principal de la irrigación margen izquierda



Certificado de originalidad

El que suscribe **Dr. Napoleón Puño Lecarnaqué**, identificarlo con DNI 00225904 profesor principal de la Universidad Nacional de Tumbes – Facultad de Ciencias Agrarias y Asesor del Proyecto de Tesis “Estimación caudal máximo de cuatro quebradas que desembocan en Canal Margen Izquierda para diseño infraestructura de control de avenidas – Tumbes 2025.”.

Certifica que el citado proyecto es original e inédito, para mayor fé se firma a los 27 días del mes de junio del 2025.



Dr. Napoleón puño Lecarnaqué

Código ORCID: 0000-0002-5008-8085

Asesor