

“Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia”
UNIVERSIDAD PERUANA DEL CENTRO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**USO DE OBRAS DE ARTE PARA MEJORAR LOS
SISTEMAS DE RIEGO DE LA CUENCA DEL RIO
CUNAS DE LA PROVINCIA DE CHUPACA**

PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

Presentado por el bachiller:

Luis Bartolomé HUAMAN HUAMAN

ASESORES:

Dr. Ing. José Luis LEÓN UNTIVEROS

Ing. Melquiades Elmer HINOSTROZA BARTOLO

HUANCAYO - PERÚ

Febrero del 2021

ASESORES DE TESIS

Dr. Ing. José Luis LEÓN UNTIVEROS
ASESOR METODOLÓGICO

Ing. Melquiades Elmer HINOSTROZA BARTOLO
ASESOR TEMÁTICO

MIEMBROS DEL JURADO

Dr. Ing. José Luis LEÓN UNTIVEROS
PRESIDENTE DEL JURADO

Ing. Melquiades Elmer HINOSTROZA BARTOLO
SECRETARIO

Ing. Raúl CURASMA RAMOS
VOCAL

DEDICATORIA:

Dedico a mi madre Juana Marina Huamán Guerra y a mi familia porque siempre estuvieron conmigo en los momentos más difíciles de mi Carrera Profesional, por su apoyo moral para poder ser un profesional de éxito.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por todas las ALEGRÍAS, benevolencias, permitiéndome nunca dejar de ser constante en el actuar diario de mi vida.

Un agradecimiento especial a todos los profesores de la Universidad Peruana del Centro, por compartirnos sus conocimientos, para ser un buen profesional de éxito.

A la Universidad por abrirme sus puertas, para así concretar metas, objetivos propuesto de ser un Ingeniero Civil.

A mis asesores de tesis que, sin sus vastos conocimientos, ayudaron a la culminación del esta presente.

A mi hija Stephanie Maryori, que siempre fue mi más grande respaldo moral, mi luz de mis ojos, al igual de mi madre Juana que es mi luz que ilumina mi vida.

Con inmenso respeto

Luis B. HUAMAN HUAMAN

RESÚMEN

Este tema de investigación trata del uso de obras de arte para mejorar los sistemas de riego de la cuenca del Río Cunas de la Provincia de Chupaca desarrollada el año 2020.

Se desarrolló para mejorar la producción agrícola de uso doméstico y comercial porque se tiene un río permanente como fuente de agua cuando no hay lluvias.

Una ventaja es que no se requiere construir una toma de agua del río porque existe una toma que abastece agua a la zona izquierda del Río Cunas, llegando al Distrito de Sicaya; pero, la margen izquierda no tiene riego.

Durante la visita de campo se determinó la necesidad de diseño de tres tipos de obras de arte. Rápidas para pasar de pendientes mayor a 1/1000, canoas para quebradas, transiciones para tomas laterales y pozas para disminuir la energía cinética o medir caudal.

Las rápidas varían de 15 metros a 25 metros de salto, puente canal con luz de 10 metros y más y las transiciones de entrada y salida con un ángulo 22.5 °.

Los datos entrada fueron el módulo de riego promedio de 2,5 l/s/Ha, pendiente de diseño 1/1000, número de rugosidad según Horton de 0.030 y tablas experimentales de riego de Máximo Billón (2005). Luego se calculó las dimensiones físicas de la sección transversal trapezoidal Figura N° 4.1.

Palabras Clave: Rápidas, Canoas, transiciones, sección transversal del canal, módulo de riego y dimensiones físicas.

SUMMARY

This research topic deals with the use of works of art to improve the irrigation systems of the Cunas River basin of the Chupaca Province developed this year 2020.

It was developed to improve agricultural production for domestic and commercial use because there is a permanent river as a source of water when there is no rain.

An advantage is that it is not necessary to build a river water intake because there is an intake that supplies water to the left side of the Cunas River reaching the District of Sicaya; but, the left bank has no irrigation.

During the field visit, the need for the design of three types of works of art was determined. Quick to go from slopes greater than 1/1000, canoes for ravines, transitions for lateral intakes and pools to reduce kinetic energy or measure flow.

The rapids vary from 15 meters to 25 meters of jump, channel bridge with light of 10 meters and more and the entry and exit transitions with an angle of 22.5 °.

The data entered were the average irrigation modulus of 2.5 l / s / Ha, design slope 1/1000, roughness number according to Horton of 0.030 and experimental irrigation tables of Máximo Billón (2005). Then the physical dimensions of the trapezoidal cross section were calculated Figure N ° 4.1.

Key Words: Rapids, Canoes, transitions, canal cross section, irrigation module and physical dimensions.

INDICE GENERAL

ASESORES DE TESIS	1
MIEMBROS DEL JURADO	2
DEDICATORIA.....	3
AGRADECIMIENTO	4
RESÚMEN	5
SUMMARY	6
CAPÍTULO I.....	13
INTRODUCCIÓN.....	13
1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	13
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	14
1.2.1. PROBLEMA GENERAL.....	14
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	14
1.3. JUSTIFICACIÓN TEORICA	14
1.4. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA.....	15
1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	15
1.5.1. OBJETIVO GENERAL	15
1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
1.6. HIPÓTESIS.....	16
1.6.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	16
1.6.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.....	16
CAPÍTULO II.....	17
MARCO TEÓRICO	17
2.1. MARCO FILOSÓFICO O EPISTEMOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN.	17
2.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	17
2.3.1. TIPOS DE FLUJO EN CANALES.	20
2.3.2. CANALES DE RIEGO POR SU FUNCIÓN.....	23
2.3.3. ELEMENTOS BÁSICOS EN EL DISEÑO DE CANALES.	24
2.3.4. RÁPIDAS.....	38
3.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	40
3.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	40
3.1.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	41
3.2. POBLACIÓN DE ESTUDIO.....	41
3.3. TAMAÑO DE LA MUESTRA.....	41
3.4. TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	41
3.5. DESARROLLO DE TEMA Y/O TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS	42
CAPÍTULO IV.....	43
DE LAS OBRAS DE ARTE	43
A. CÁLCULO	43
4.2. DISEÑO DE OBRA DE ARTE DE CONTROL DE PENDIENTES: RÁPIDAS.....	44

4.3. DISEÑO DE OBRA DE ARTE DE CONTROL DE VELOCIDAD DEL FLUIDO: TRANSICIONES.....	50
4.4. DISEÑO DE OBRA DE ARTE PARA CONTROL DE PASO DE QUEBRADAS ESTRECHAS: CANOAS O PUENTE CANAL.....	53
CAPÍTULO V	66
DE LOS RESULTADOS	66
5.2. DISEÑO DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL EN LA LONGITUD DEL CANAL.....	66
5.3. DISEÑO DE LA RÁPIDA CON DATOS CONSIDERADOS PARA EL LUGAR OBJETIVO.	67
5.4. DISEÑO DE TRANSICIÓN RECTA.....	68
5.5. DISEÑO DE LA CANOA O PUENTE CANAL.....	68
CONCLUSIONES.....	69
RECOMENDACIONES	70
ANEXOS.....	73
ANEXO 1: MATRIZ DE COHERENCIA.....	74
ANEXO N° 3: MATRIZ DE DISEÑO METODOLÓGICO.....	76
ANEXO N° 4: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	77
ANEXO N° 5: MATRIZ DE DEFINICIÓN CONCEPTUAL	78
ANEXO N° 6: MATRIZ DE SOPORTE TEÓRICO	79
ANEXO N° 7: DISEÑO DE LA CAIDA CON TRANSICIÓN RECTA DE ENTRADA Y SALIDA. COLCHÓN AMORTIGUADOR.....	80
ANEXO N° 8: VALIDACIONES.....	81
ANEXO N° 9 : PLANOS.....	87

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla N° 2.1. Relación plantilla vs tirante para, máxima eficiencia, mínima infiltración y el promedio de ambas.	31
Tabla N° 2.2. Relaciones geométricas de las secciones transversales más frecuentes	33
Tabla N° 2.3. Valores de rugosidad “n” de Manning	34
Tabla N° 2.4. Taludes apropiados para distintos tipos de material	35
Tabla N° 2.5. Pendientes laterales en canales según tipo de suelo	35
Tabla N° 2.6. Máxima velocidad permitida en canales no recubiertos de vegetación	36
Tabla N ^a 2.7. Velocidades máximas en hormigón en función de su resistencia.	36
Tabla N ^a 2.8 Borde libre en función del caudal	38
Tabla N° 2.9. Borde libre en función de la plantilla del canal	38
Tabla N° 4.1. Datos de entrada y dimensiones finales.	65
Tabla N° 4.2 Valores de Ke y Ks, según el tipo de transición	82
Tabla N° 4.3 Conductos Abiertos Revestidos y de Alineamiento Recto	84

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura N° 2.1 Flujo en canal abierto uniforme	23
Figura N° 2.2 Flujo Variado.	24
Figura N° 2.3. Flujo rápidamente variado	24
Figura N° 2.4 Flujo gradualmente variado	25
Figura N° 2.5 Flujo gradualmente acelerado	25
Figura N° 2.6 Flujo gradualmente retardado	25
Figura N° 2.7 Curva de remanso	26
Figura N° 2.8 Sección típica de un canal	29
Figura N° 2.9 Capa de rodadura.	30
Figura N° 4.1 Dimensiones físicas de la sección de Máxima Eficiencia Hidráulica	66
Figura N° 4.2. Esquema de una rápida	67
Figura N° 4.3. Ecuación de la energía en canal de flujo uniforme.	71
Figura N° 4.4. Cuadro de datos tabulados	72
Figura N° 4.5. Gráfica de la ecuación de la energía	72
Figura N° 4.6. Isométrico de una transición recta y económico	73
Figura N° 4.7. Vista en planta de la transición recta.	74
Figura N° 4.8. Triángulo de longitud de la transición recta	74
Figura N° 4.9. Puente canal.	77
Figura N° 4.10. Esquema de un puente canal	78
Figura N° 4.11. Ubicación de la sección de control.	79
Figura N° 4.12. Coeficientes de pérdidas de energía para secciones trapecoidal a rectangular.	83
Figura N° 4.13. Plano del diseño de la rápida	84
Figura N° 4.14. Cálculo y diseño de canal	88
Figura N° 4.15. Plano del diseño de la rápida	90

INTRODUCCIÓN

En esta investigación descriptiva se estudió el uso de obras de arte para mejorar los sistemas de riego de la cuenca del Río Cunas de la Provincia de Chupaca desarrollada el año 2020.

El propósito principal fue solucionar el problema de sequía en los terrenos agrícolas en épocas de ausencia de lluvias o estiaje.

El problema general abordado fue: ¿Qué obras de arte se debe usar para mejorar los sistemas de riego de la cuenca del Río Cunas de la Provincia de Chupaca? Problemas específicos: a) ¿Qué obras de arte de control de pendientes se debe usar para mejorar los sistemas de riego de la cuenca del Río Cunas de la Provincia de Chupaca? b) ¿Qué obras de arte de paso de quebradas se debe usar para mejorar los sistemas de riego de la cuenca del Río Cunas de la Provincia de Chupaca? c) ¿Qué obras de arte medidores de caudal se debe usar para mejorar los sistemas de riego de la cuenca del Río Cunas de la Provincia de Chupaca?

El objetivo general que orientó la tesis fue: Determinar las obras de arte que se debe usar para mejorar los sistemas de riego de la cuenca del Río Cunas de la Provincia de Chupaca.

Los objetivos específicos: a) Determinar las obras de arte de control de pendientes que se debe usar para mejorar los sistemas de riego de la cuenca del Río Cunas de la Provincia de Chupaca. b) Determinar las obras de arte de paso de quebradas que se debe usar para mejorar los sistemas de riego de la cuenca del Río Cunas de la Provincia de Chupaca. c) Determinar las obras de arte medidoras de caudal que se debe usar para mejorar los sistemas de riego de la cuenca del Río Cunas de la Provincia de Chupaca.

La hipótesis general fue: Las obras de arte de control de pendientes, de paso de quebradas y medidoras de caudal se deben usar para mejorar los sistemas de riego de la cuenca del Río Cunas de la Provincia de Chupaca. Las hipótesis específicas fueron: a) Las obras de

arte de control de pendientes se deben usar para mejorar los sistemas de riego de la cuenca del Río Cunas de la Provincia de Chupaca. b) Las obras de arte de paso de quebradas se deben usar para mejorar los sistemas de riego de la cuenca del Río Cunas de la Provincia de Chupaca. c) Las obras de arte medidoras de caudal se deben usar para mejorar los sistemas de riego de la cuenca del Río Cunas de la Provincia de Chupaca.

Se desarrolló una investigación descriptiva de carácter aplicada donde la intensión fue propuesta de solución al problema del agua de riego para los terrenos de la margen derecha del Río Cunas.

Las limitaciones fueron del orden económico porque se requerirá de presupuesto y tiempo alternado con el trabajo cotidiano. También al inicio no había confianza de los lugareños, pero luego fue aceptado.

Finalmente, expreso mi agradecimiento a la Universidad Peruana del Centro que me forjo en la carrera profesional de Ingeniería Civil y mi primer aporte lo realizo con la aplicación de mis conocimientos adquiridos. También presento mi gratitud a mis colegas y profesionales que me alentaron a realizar esta tarea que hoy se da a conocer.

EL AUTOR.

CAPÍTULO I.

INTRODUCCIÓN

1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.

Ubicados en la cuenca del Rio Cunas ambos márgenes derecha e izquierda, existen amplias extensiones de terreno agrícola, que no cuentan con sistemas de riego en épocas de estiaje; sin embargo, esta cuenca se caracteriza por la producción de verduras, tubérculos, granos y cereales orgánicos. Este logro es reconocido por las ferias de aniversario y otras cívicas, muy concurridas por la calidad de productos agrícolas sin el uso de abonos sintéticos. Por esta razón, es urgente ampliar esta frontera de producción con la contribución de agua para riego y especialmente utilizando un sistema de canales para el transporte de agua captado del rio Cunas sin afectar el abastecimiento de agua a la Hidroeléctrica de Huarisca de Electro Centro.

Esta investigación se realizó para cumplir con lo antes mencionado, pero se encontró un accidentado relieve donde la presencia de pronunciadas pendientes dificulta a todo proyecto de riego por el costo elevado. Sin embargo, desde las universidades y en particular desde la Universidad Peruana del Centro se realizó el plan de estudio en el marco de los diseños hidráulicos para cumplir los objetivos planteados y alcanzar la construcción de canales de riego, sin costo representativo.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Qué obras de arte se debe usar para mejorar los sistemas de riego de la cuenca del Rio Cunas de la Provincia de Chupaca?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- A. ¿Qué obras de arte de control de pendientes se debe usar para mejorar los sistemas de riego de la cuenca del Rio Cunas de la Provincia de Chupaca?
- B. ¿Qué obras de arte de paso de quebradas se debe usar para mejorar los sistemas de riego de la cuenca del Rio Cunas de la Provincia de Chupaca?
- C. ¿Qué obras de arte medidores de caudal se debe usar para mejorar los sistemas de riego de la cuenca del Rio Cunas de la Provincia de Chupaca?

1.3. JUSTIFICACIÓN TEORICA

Desde el punto de vista teórico se propone una metodología para el diseño de sistemas de riego con sus respectivas obras de arte.

El estudio proporciona una fuente de consulta para el diseño de otras obras de arte que requiere la quebrada de la cuenca del Rio Cunas.

Por tal motivo se alcanza un elemento de consulta para el cálculo del caudal y diseño de obras de arte, dirigido a estudiantes y profesionales; pero de preferencia para la construcción de rápidas, canoas, reductores de sección, tomas laterales; a partir del diseño técnico, con la finalidad de lograr el desarrollo social y económico de las comunidades campesinas del entorno inmediato y de otras latitudes.

Los beneficiarios serán los pobladores de la zona que tienen como primera actividad económica la agricultura.

Una limitación geográfica del estudio es que está dirigida solo para la cuenca del Rio Cunas.

Por otro lado, no se contará con fuentes de financiamiento para el desarrollo de la investigación, porque el ministerio de agricultura, economía, Concytec, entre otros; no ofertan programas de apoyo económico para este tipo de iniciativas debido al trámite engorroso y orientado a otros propósitos menos urgentes que la necesidad de alimentos.

1.4. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

Se justifica porque tiene carácter de aplicación inmediata a la solución de un problema agrícola latente por la falta de riego de la cuenca del Río Cunas en épocas de estiaje. Constituye un aporte desde la universidad al entorno social, económico y político desde la garantía de alimentación a grupos de comunidades que están ubicadas en la margen derecha del río mencionado.

1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar las obras de arte que se debe usar para mejorar los sistemas de riego de la cuenca del Río Cunas de la Provincia de Chupaca.

1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- A. Determinar las obras de arte de control de pendientes que se debe usar para mejorar los sistemas de riego de la cuenca del Río Cunas de la Provincia de Chupaca.
- B. Determinar las obras de arte de paso de quebradas que se debe usar para mejorar los sistemas de riego de la cuenca del Río Cunas de la Provincia de Chupaca.
- C. Determinar las obras de arte medidoras de caudal que se debe usar para mejorar los sistemas de riego de la cuenca del Río Cunas de la Provincia de Chupaca.

1.6. HIPÓTESIS

1.6.1. HIPÓTESIS GENERAL

Las obras de arte de control de pendientes, de paso de quebradas y medidoras de caudal se deben usar para mejorar los sistemas de riego de la cuenca del Rio Cunas de la Provincia de Chupaca.

1.6.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- A. Las obras de arte de control de pendientes se deben usar para mejorar los sistemas de riego de la cuenca del Rio Cunas de la Provincia de Chupaca.
- B. Las obras de arte de paso de quebradas se deben usar para mejorar los sistemas de riego de la cuenca del Rio Cunas de la Provincia de Chupaca.
- C. Las obras de arte medidoras de caudal se deben usar para mejorar los sistemas de riego de la cuenca del Rio Cunas de la Provincia de Chupaca.

CAPÍTULO II.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. MARCO FILOSÓFICO O EPISTEMOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN.

(Ander-Egg, 1993). Sobre la investigación científica, dice: “Ante todo, es una forma de plantear problemas y buscar soluciones mediante una indagación o búsqueda que tiene un interés teórico o una preocupación práctica.”

2.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

(Palomino Bendezú, 2003). Su monografía técnica trata del diseño de una rápida para el Proyecto Construcción del Canal Fortaleza en la Región Ancash. Este canal tiene una longitud de 4350 metros para conducir 300 l/s y está localizada a 3800 metros sobre el nivel del mar. La construyeron para mejorar el riego de las tierras de cultivo que por falta de agua no se utilizan para la agricultura.

En el proyecto para que el canal pase entre dos tramos con diferencia de cotas considerables y tramos de longitudes cortas, se diseñó una rápida que pudo ser una caída, pero el autor tomó decisión por una rápida. Cabe señalar que la rápida y la caída cumplen similar función hidráulica, pero depende de las condiciones geográficas del terreno donde se construye.

(A.N.A., 2010). Es una institución peruana que se encarga de la administración de las fuentes de agua con fines de uso para riego, consumo humano, empresas de agua potable, industrias u otros que hagan uso del recurso hídrico en nuestro país.

Para utilizar el agua en proyectos de riego se debe gestionar la autorización de este organismo, para lo cual, se contar con su planteamiento hidráulico porque en ella se definen las estrategias para funcionamiento del sistema de riego, es decir, desde el lugar de captación, el sistema de conducción del agua y la regulación en el uso o destino del agua. Además, el planteamiento hidráulico contiene los diseños de infraestructura determinados en la etapa de estudios en campo como obras de arte y obras especiales. Las obras de arte son acueductos, alcantarillas, canoas, derivaciones laterales o tomas laterales, caídas, rápidas, etc. En las obras especiales se consideran bocatomas, los desarenadores, túneles, sifones, entre otros.

En este estudio también considera el caudal asociado al estudio de hidrología, tipo de suelo, tipo de cultivo, condiciones climáticas, métodos de riego, es decir, aspectos de la relación agua, suelo y planta.

Además, el autor considera importante la experiencia y formación del diseñador de obras hidráulicas, como las obras de arte y las obras especiales.

En mi tesis este antecedente aporta con la reglamentación de la Autoridad Nacional del Agua investigación para comenzar inicialmente con el planteamiento hidráulico en el caso de diseño hidráulico.

(Tello Sanchez, 2016). “El tema de la presente tesis consiste en el diseño hidráulico de obras de captación y conducción para la implementación de un nuevo sistema de riego en una tierra de cultivo de 100 Ha para palta, ubicado en el distrito de Luricocha de la provincia de Huanta, departamento de Ayacucho. Para ello, se analizará un estudio hidrológico con el fin de tomar los datos hidrológicos necesarios

para este diseño. La hipótesis que se tratará de demostrar es que mediante la implementación de un sistema de riego tecnificado se puede optimizar el agua que existe en la zona de estudio y que esta se puede aprovechar para mejorar el proceso de cultivo de palta. El trabajo está compuesto de 4 partes principales. En la primera parte se ha desarrollado el marco teórico del procedimiento a realizar, donde se ha analizado todos los conceptos usados en el trabajo. En el segundo punto se describirán las características técnicas y los estudios básicos del proyecto. En el tercero punto se procederá a realizar los cálculos necesarios para desarrollar la propuesta. Finalmente, en el último punto se han analizado los resultados y se expondrán las conclusiones finales. Al finalizar el trabajo llegamos a la conclusión de que es viable realizar el proyecto, para ello se tiene que captar un caudal de 0.10 m³/s mediante una Bocatoma del Tipo Tirol, luego pasar por un desarenador para que exista un proceso de limpieza de sólidos. Terminado este proceso, el agua es conducida mediante un canal de forma triangular a un reservorio de 5184 m³. Este reservorio garantiza que se cumpla la producción requerida en épocas de estiaje y sequias. Para el diseño de la bocatoma se usó un caudal de máximas avenidas de 1.00 m³/s, con un tiempo de retorno de 25 años, según las recomendaciones de la Autoridad Nacional de agua (ANA). Es importante mencionar que el presente trabajo ha tomado en consideración las disposiciones legales y normativas existentes como la Ley N° 29338 - Recursos Hídricos, la cual reconoce a La Autoridad Nacional del Agua (ANA) como el ente rector y la máxima autoridad técnico-normativa del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos, la cual ha proporcionado el Manual de Criterios de Diseños de Obras Hidráulicas para la Formulación de Proyectos Hidráulicos, el cual ha sido material de consulta para dicha tesis. Adicionalmente a ello, se ha consultado con El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (Senamhi) y El Instituto

Nacional de Estadística e Informática (INEI), para completar la información necesaria para elaborar el proyecto”.

2.3. BASES TEÓRICAS.

Un canal de riego es un conducto a superficie libre, que es la parte principal de un proyecto de riego, en la que se dan estadios de flujo uniforme y flujo variado. Dentro del flujo variado se tiene flujo rápidamente variado (caso del resalto hidráulico) y gradualmente variado (caso de la curva de remanso).

En el diseño de una rápida se encuentra ambos tipos de flujo variado. Sin embargo, en el diseño se opta por el cálculo de las dimensiones hidráulicas, considerando flujo uniforme considerando el nivel del fluido paralelo al fondo del canal o solera del canal

2.3.1. TIPOS DE FLUJO EN CANALES.

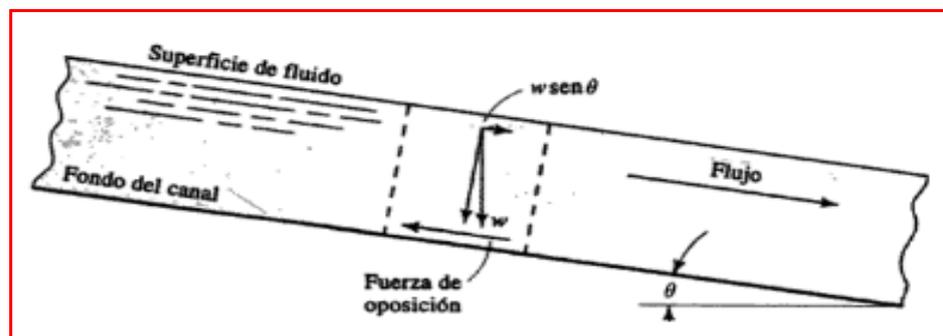
A. FLUJO UNIFORME.

“La característica distintiva del flujo uniforme es que la superficie del fluido es paralela a la pendiente del fondo del canal. Utilizaremos el símbolo S para indicar la pendiente del fondo del canal y S_w para la pendiente de la superficie libre del agua. Por consiguiente, para flujo uniforme, $S = S_w$. En teoría el flujo uniforme puede existir solamente si el canal es prismático, esto es, si sus lados son paralelos a un eje en la dirección del flujo. Ejemplos de canales prismáticos son las secciones rectangulares, trapezoidales, triangulares y circulares que viajan parcialmente llenas. También la pendiente S del canal debe ser constante. Si la sección transversal o pendiente del canal está cambiando, entonces la corriente del flujo puede ser

tanto convergente como divergente y un flujo variable se puede presentar”. (L. Mott, 1996).

“En un flujo uniforme, la fuerza guía del flujo la proporciona la componente del peso del fluido que actúa a lo largo del canal como se muestra en la figura. Esta fuerza es la componente $w \sin \theta$, donde w es el peso de un cierto elemento de fluido y θ es el ángulo de la pendiente del fondo del canal, si el flujo es uniforme, no puede tener una aceleración, por lo tanto, debe haber una fuerza opuesta e igual actuando a lo largo de la superficie del canal, esta es una fuerza de fricción que depende de la rugosidad de las superficies del canal y del tamaño y forma de la sección transversal”. (L. Mott, 1996).

Figura N° 2.1. Flujo en canal abierto uniforme.



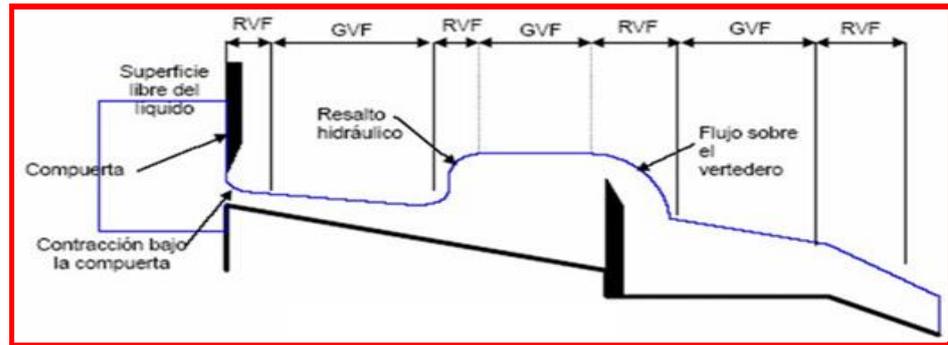
Fuente. Robert L, Mott. 1964. Flujo uniforme.

“La profundidad de la corriente, el área mojada, la velocidad y el caudal en cada sección del tramo del canal son constantes; y, la línea de energía, superficie del agua y el fondo del canal son todas paralelas, o, en otras palabras, sus pendientes son todas iguales”. (Wikipedia., 2014).

B. FLUJO VARIADO.

“El flujo variado puede clasificarse como rápidamente variado o gradualmente variado”. (Rodríguez Ruiz, 2010).

Figura N° 2.2. Flujo Variado.

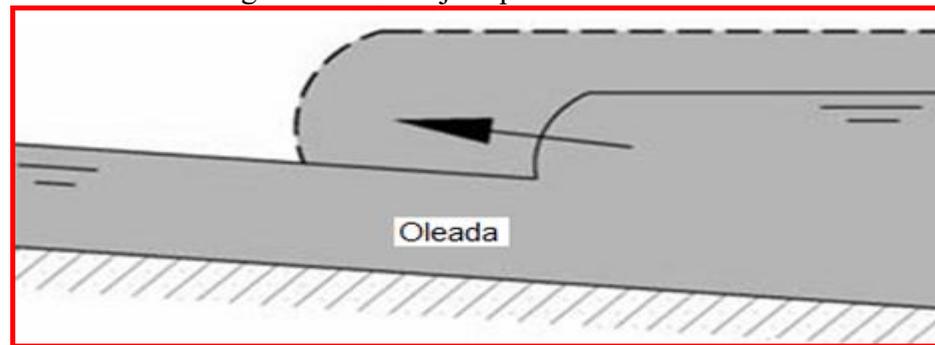


Fuente: *Civil geeks.com*

- Flujo rápidamente variado:

“El flujo es rápidamente variado si la profundidad del agua cambia de manera abrupta en distancias comparativamente cortas, como es el caso del resalto hidráulico”. (Rodríguez Ruiz, 2010).

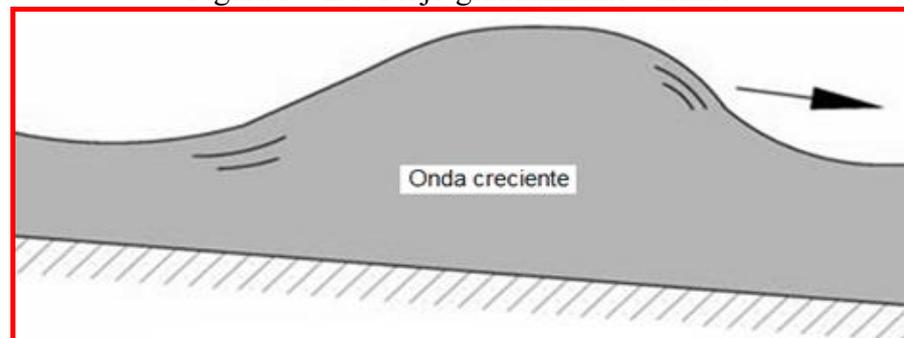
Figura N° 2.3 Flujo rápidamente variado



Fuente: *Civil geeks.com*

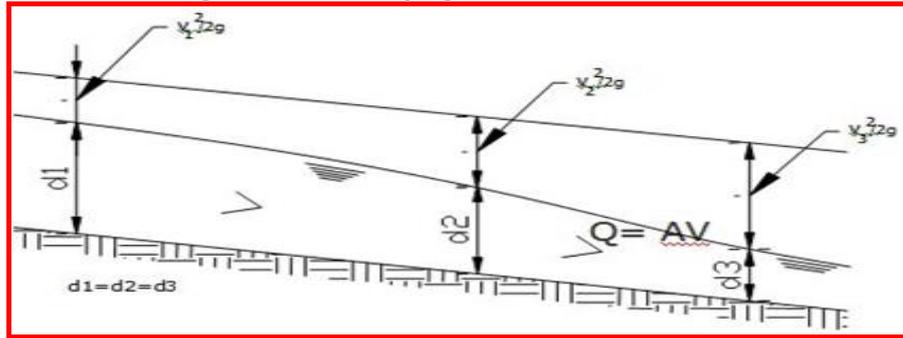
- Flujo gradualmente variado: El flujo gradualmente variado es aquel en el cual los parámetros cambian en forma gradual a lo largo del canal, como es el caso de una curva de remanso.

Figura N° 2.4. Flujo gradualmente variado



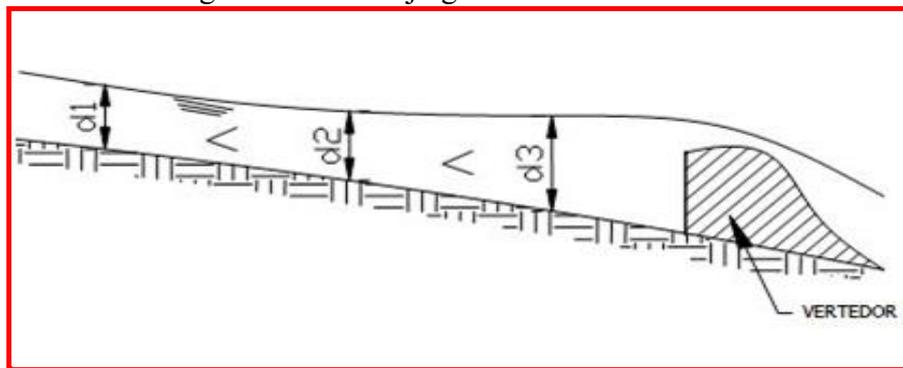
Fuente: *Civil geeks.com*

Figura N° 2.5. Flujo gradualmente acelerado



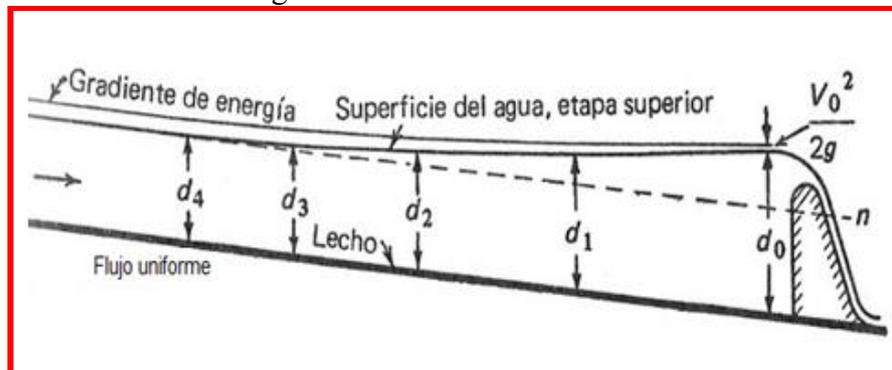
Fuente: Civil geeks.com

Figura N° 2.6. Flujo gradualmente retardado



Fuente: Civil geeks.com

Figura N° 2.7 Curva de remanso



Fuente: Civil geeks.com

2.3.2. CANALES DE RIEGO POR SU FUNCIÓN.

(Aguirre Pe, 1974). “Los canales de riego por sus diferentes funciones adoptan las siguientes denominaciones”:

- A. (Aguirre Pe, 1974). “Canal de primer orden. Llamado también canal madre o de derivación y se le traza siempre con pendiente mínima, normalmente es usado por un solo lado ya que por el otro lado da con terrenos altos”.

- B.** (Aguirre Pe, 1974). “Canal de segundo orden. Llamados también laterales, son aquellos que salen del canal madre y el caudal que ingresa a ellos, es repartido hacia los sub – laterales, el área de riego que sirve un lateral se conoce como unidad de riego”.
- C.** (Aguirre Pe, 1974). “Canal de tercer orden. Llamados también sub laterales y nacen de los canales laterales, el caudal que ingresa a ellos es repartido hacia las propiedades individuales a través de las tomas del solar, el área de riego que sirve un sub lateral se conoce como unidad de rotación”.
- D.** (Aguirre Pe, 1974). “De lo anterior se deduce que varias unidades de rotación constituyen una unidad de riego, y varias unidades de riego constituyen un sistema de riego, este sistema adopta el nombre o codificación del canal madre o de primer orden”.

2.3.3. ELEMENTOS BÁSICOS EN EL DISEÑO DE CANALES.

(Aguirre Pe, 1974). “Se consideran elementos; topográficos, geológicos, geotécnicos, hidrológicos, hidráulicos, ambientales, agrológicos, entre otros”.

A. TRAZO DE CANALES

- (Aguirre Pe, 1974). “Cuando se trata de trazar un canal o un sistema de canales es necesario recolectar la siguiente información básica”:
- (Aguirre Pe, 1974). “Fotografías aéreas, imágenes satelitales, para localizar los poblados, caseríos, áreas de cultivo, vías de comunicación, etc.”.
- (Aguirre Pe, 1974). “Planos topográficos y catastrales”.
- (Aguirre Pe, 1974). “Estudios geológicos, salinidad, suelos y demás información que pueda conjugarse en el trazo de canales”.

- (Aguirre Pe, 1974). “Una vez obtenido los datos precisos, se procede a trabajar en gabinete dando un trazo preliminar, el cual se replantea en campo, donde se hacen los ajustes necesarios, obteniéndose finalmente el trazo definitivo”.
- (Aguirre Pe, 1974). “En el caso de no existir información topográfica básica se procede a levantar el relieve del canal, procediendo con los siguientes pasos”:
 1. (Aguirre Pe, 1974). “Reconocimiento del terreno. Se recorre la zona, anotándose todos los detalles que influyen en la determinación de un eje probable de trazo, determinándose el punto inicial y el punto final (georreferenciados)”.
 2. (Aguirre Pe, 1974). “Trazo preliminar. Se procede a levantar la zona con una brigada topográfica, clavando en el terreno las estacas de la poligonal preliminar y luego el levantamiento con teodolito, posteriormente a este levantamiento se nivelará la poligonal y se hará el levantamiento de secciones transversales, estas secciones se harán de acuerdo a criterio, si es un terreno con una alta distorsión de relieve, la sección se hace a cada 5 m, si el terreno no muestra muchas variaciones y es uniforme la sección es máximo a cada 20 m”.
 3. (Aguirre Pe, 1974). “Trazo definitivo. Con los datos de (b) se procede al trazo definitivo, teniendo en cuenta la escala del plano, la cual depende básicamente de la topografía de la zona y de la precisión que se desea”:

- (Aguirre Pe, 1974). “Terrenos con pendiente transversal mayor a 25%, se recomienda escala de 1:500.
- (Aguirre Pe, 1974). “Terrenos con pendiente transversal menor a 25%, se recomienda escalas de 1:1000 a 1:2000”.

B. RASANTE DE UN CANAL.

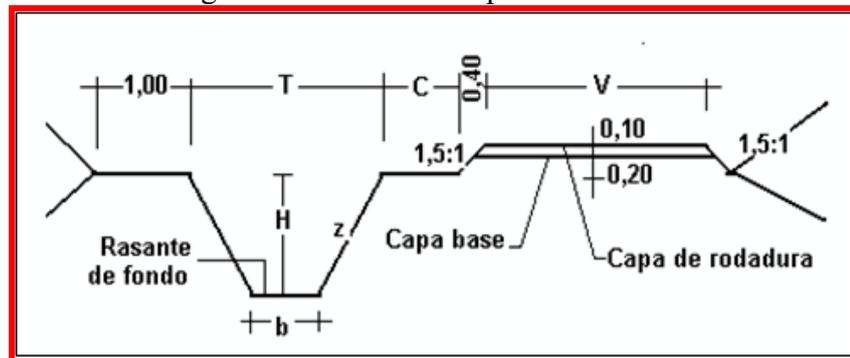
Para el diseño de la rasante se debe tener en cuenta:

- (Aguirre Pe, 1974). “La rasante se debe trabajar sobre la base de una copia del perfil longitudinal del trazo”.
- (Aguirre Pe, 1974). “Tener en cuenta los puntos de captación cuando se trate de un canal de riego y los puntos de confluencia si es un dren u obra de arte”.
- (Aguirre Pe, 1974). “La pendiente de la rasante de fondo, debe ser en lo posible igual al pendiente natural promedio del terreno (optimizar el movimiento de tierras), cuando esta no es posible debido a fuertes pendientes, se proyectan caídas o saltos de agua”.
- (Aguirre Pe, 1974). “Para definir la rasante del fondo se prueba con el caudal especificado y diferentes cajas hidráulicas, chequeando la velocidad obtenida en relación con el tipo de revestimiento a proyectar o si va ser en lecho natural, también se tiene la máxima eficiencia o mínima infiltración”.
- (Aguirre Pe, 1974). “El plano final del perfil longitudinal de un canal, debe presentar como mínimo la siguiente información”.
 - Kilometraje
 - Cota de terreno
 - BMs (cada 500 ó 1000 m)
 - Cota de rasante

- Pendiente
- Indicación de las deflexiones del trazo con los elementos de curva
- Ubicación de las obras de arte
- Sección o secciones hidráulicas del canal, indicando su kilometraje
- Tipo de suelo
- Cuadro con elementos geométricos e hidráulicos del diseño

C. “PERFIL TRANSVERSAL DE UN CANAL”. (Billón Béjar, 2005)

Figura N° 2.8 Sección típica de un canal



Fuente: Máximo Villón Béjar, M. 1981.

Donde:

T = Ancho superior del canal

b = Plantilla

z = Valor horizontal de la inclinación del talud

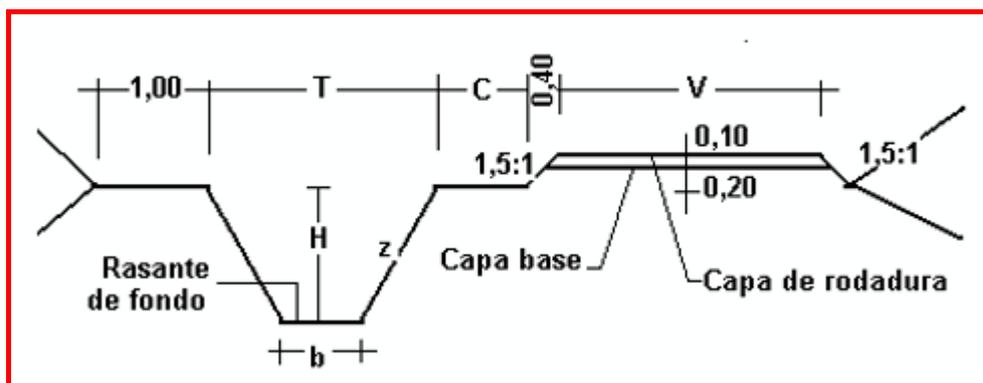
C = Berma del camino, puede ser: 0,5; 0,75; 1,00 m., según el canal sea de tercer, segundo o primer orden respectivamente.

V = Ancho del camino de vigilancia, puede ser: 3; 4 y 6 m., según el canal sea de tercer, segundo o primer orden respectivamente.

H = Altura de caja o profundidad de rasante del canal.

(Billón Béjar, 2005). “En algunos casos el camino de vigilancia puede ir en ambos márgenes, según las necesidades del canal, igualmente la capa de rodadura de 0,10 m a veces no será necesaria, dependiendo de la intensidad del tráfico.

Figura N° 2.9 Capa de rodadura.



Fuente: Máximo Villón Béjar, M. 1981.

D. CÁLCULO DE MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA

(Billón Béjar, 2005). “Se dice que un canal es de máxima eficiencia hidráulica cuando para la misma área y pendiente conduce el mayor caudal posible, esta condición está referida a un perímetro húmedo mínimo, la ecuación que determina la sección de máxima eficiencia hidráulica es”:

$$\frac{b}{y} = 2 * \operatorname{tg}\left(\frac{\theta}{2}\right)$$

Siendo:

Θ : el ángulo que forma el talud con la horizontal, $\arctan(1/z)$,

b : plantilla o solera del canal,

y : tirante o altura de agua.

E. Cálculo de Mínima Infiltración.

(Billón Béjar, 2005). “Se aplica cuando se quiere obtener la menor pérdida posible de agua por infiltración en canales de tierra, esta condición depende del tipo de suelo y del tirante del canal, la ecuación que determina la mínima infiltración es”:

$$\frac{b}{y} = 4 * \operatorname{tg}\left(\frac{\theta}{2}\right)$$

La siguiente tabla presenta estas condiciones, además del promedio el cual se recomienda.

Tabla N^o 2.1. Relación plantilla vs tirante para, máxima eficiencia, mínima infiltración y el promedio de ambas.

Talud	Angulo	Máxima eficiencia	Mínima infiltración	Promedio
Vertical	90°00'	2.0000	4.0000	3.0000
¼:1	75°58'	1.5616	3.1231	2.3423
½:1	63°26'	1.2361	2.4721	1.8541
4/7:1	60°15'	1.1606	2.3213	1.7410
¾:1	53°08'	1.0000	2.0000	1.5000
1:1	45°00'	0.8284	1.6569	1.2426
1 ¼:1	38°40'	0.7016	1.4031	1.0523
1 ½:1	33°41'	0.6056	1.2111	0.9083
2:1	26°34'	0.4721	0.9443	0.7082
3:1	18°26'	0.3248	0.6491	0.4868

Fuente: Máximo Villón Béjar, M. 1981.

(Billón Béjar, 2005). “De todas las secciones trapezoidales, la más eficiente es aquella donde el ángulo α que forma el talud con la horizontal es 60° , además para cualquier sección de máxima eficiencia debe cumplirse”:

$$R = y/2:$$

Donde:

R = Radio hidráulico

y = Tirante del canal

(Billón Béjar, 2005). “No siempre se puede diseñar de acuerdo a las condiciones mencionadas, al final se imponen una serie de circunstancias locales que imponen un diseño propio para cada situación”.

F. DISEÑO DE SECCIONES HIDRÁULICAS

(Billón Béjar, 2005). “Se debe tener en cuenta ciertos factores, tales como: tipo de material del cuerpo del canal, coeficiente de rugosidad, velocidad máxima y mínima permitida, pendiente del canal, taludes, etc”.

(Billón Béjar, 2005). “La ecuación más utilizada es la de Manning o Strickler, y su expresión es”:

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

Donde:

Q = Caudal (m³/s)

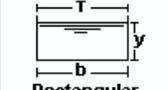
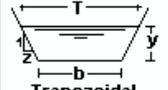
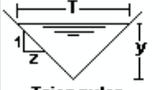
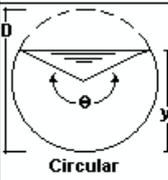
n = Rugosidad

A = Área (m²)

R = Radio hidráulico = Área de la sección húmeda / Perímetro húmedo

En la siguiente tabla, se muestran las secciones más utilizadas:

Tabla N^a 2.2. Relaciones geométricas de las secciones transversales más frecuentes

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

Fuente: Máximo Villón Béjar, M. 1981.

G. CRITERIOS DE DISEÑO

(Krochin Sviatos, 1978). “Se tienen diferentes factores que se consideran en el diseño de canales, los cuales tendrán en cuenta: el caudal a conducir, factores geométricos e hidráulicos de la sección, materiales de revestimiento, la topografía existente, la geología y geotecnia de la zona, los materiales disponibles en la zona o en el mercado más cercano, costos de materiales, disponibilidad de mano de obra calificada, tecnología actual, optimización económica, socio economía de los beneficiarios, climatología, altitud, etc. Si se tiene en cuenta todos estos factores, se llegará a una solución técnica y económica más conveniente”.

- **Rugosidad:**

(Krochin Sviatos, 1978). “Esta depende del cauce y el talud, dado a las paredes laterales del mismo, vegetación, irregularidad y trazado del canal, radio hidráulico y obstrucciones en el canal, generalmente cuando se diseñan canales en tierra se supone que el canal está recientemente abierto, limpio y con un trazado uniforme, sin embargo el valor de rugosidad inicialmente asumido difícilmente se conservará con el tiempo, lo que quiere decir que en la práctica constantemente se hará frente a un continuo cambio de la rugosidad”.

(Krochin Sviatos, 1978). “En canales proyectados con revestimiento, la rugosidad es función del material usado, que puede ser de concreto, geomanta, tubería PVC ó HDP ó metálica, o si van a trabajar a presión atmosférica o presurizados”.

(Krochin Sviatos, 1978). “La siguiente tabla da valores de “n” estimados, estos valores pueden ser refutados con investigaciones y manuales, sin embargo, no dejan de ser una referencia para el diseño”:

Tabla N° 2.3 Valores de rugosidad “n” de Manning

MATERIAL	TALUD (h: v)
Roca	Prácticamente vertical
Suelos de turba y detritos	0.25: 1
Arcilla compacta o tierra con recubrimiento de concreto	0.5: 1 hasta 1:1
Tierra con recubrimiento de piedra o tierra en grandes canales	1:1
Arcilla firme o tierra en canales pequeños	1.5: 1
Tierra arenosa suelta	2:1
Greda arenosa o arcilla poros a	3:1

Fuente: (Aguirre Pe, 1974).

- **Talud apropiado según el tipo de material.**

(Krochin Sviatos, 1978). “La inclinación de las paredes laterales de un canal, depende de varios factores, pero en especial de la clase de terreno donde están alojados, la U.S. BUREAU OF RECLAMATION recomienda un talud único de 1,5:1 para sus canales, a continuación, se presenta un cuadro de taludes apropiados para distintos tipos de material:

Tabla N° 2.4. Taludes apropiados para distintos tipos de material

MATERIAL	TALUD (h: v)
Roca	Prácticamente vertical
Suelos de turba y detritos	0.25: 1
Arcilla compacta o tierra con recubrimiento de concreto	0.5: 1 hasta 1:1
Tierra con recubrimiento de piedra o tierra en grandes canales	1:1
Arcilla firme o tierra en canales pequeños	1.5: 1
Tierra arenosa suelta	2:1

Greda arenosa o arcilla porosa	3:1
--------------------------------	-----

Fuente: (Aguirre Pe, 1974).

Tabla N° 2.5 Pendientes laterales en canales según tipo de suelo

MATERIAL	CANALES POCO PROFUNDOS	CANALES PROFUNDOS
Roca en buenas condiciones	Vertical	0.25: 1
Arcillas compactas o conglomerados	0.5: 1	1: 1
Limos, arcillosos	1: 1	1.5: 1
Limos arenosos	1.5: 1	2: 1
Arenas sueltas	2: 1	3: 1
Concreto	1: 1	1.5: 1

Fuente: (Aguirre Pe, 1974).

- **Velocidades máxima y mínima permisible.**

(Billón Béjar, 2005). “La velocidad mínima permisible es aquella velocidad que no permite sedimentación, este valor es muy variable y no puede ser determinado con exactitud, cuando el agua fluye sin limo este valor carece de importancia, pero la baja velocidad favorece el crecimiento de las plantas, en canales de tierra. El valor de 0.8 m/s se considera como la velocidad apropiada que no permite sedimentación y además impide el crecimiento de plantas en el canal”.

(Billón Béjar, 2005). “La velocidad máxima permisible, algo bastante complejo y generalmente se estima empleando la experiencia local o el juicio del ingeniero; las siguientes tablas nos dan valores sugeridos”.

Tabla N° 2.6. Máxima velocidad permitida en canales no recubiertos de vegetación

MATERIAL DE LA CAJA DEL CANAL	“n” Manning	Velocidad (m/s)		
		Agua limpia	Agua con partículas coloidales	Agua transportando arena, grava o fragmentos

Arena fina coloidal	0.020	1.45	0.75	0.45
Franco arenoso no coloidal	0.020	0.53	0.75	0.60
Franco limoso no coloidal	0.020	0.60	0.90	0.60
Limos aluvial no coloidales	0.020	0.60	1.05	0.60
Franco consistente normal	0.020	0.75	1.05	0.68
Ceniza volcánica	0.020	0.75	1.05	0.60
Arcilla consistente muy coloidal	0.025	1.13	1.50	0.90
Limos aluviales coloidal	0.025	1.13	1.50	0.90
Pizarra y capas duras	0.025	1.80	1.80	1.50
Grava fina	0.020	0.75	1.50	1.13
Suelo franco clasificado no coloidal	0.030	1.13	1.50	0.90
Suelo franco clasificado coloidal	0.030	1.20	1.65	1.50
Grava gruesa no coloidal	0.025	1.20	1.80	1.95
Gravas y guijarros	0.035	1.80	1.80	1.50

Fuente: (Krochin Sviatos, 1978)

(Billón Béjar, 2005). “Para velocidades máximas, en general, los canales viejos soportan mayores velocidades que los nuevos; además un canal profundo conducirá el agua a mayores velocidades sin erosión, que otros menos profundos”.

Tabla N° 2.7. Velocidades máximas en hormigón en función de su resistencia.

RESISTENCIA (kg/cm ²)	PROFUNDIDAD DEL TIRANTE (m)				
	0.5	1	3	5	10
50	9.6	10.6	12.3	13.0	14.1
75	11.2	12.4	14.3	15.2	16.4
100	12.7	13.8	16.0	17.0	18.3
150	14.0	15.6	18.0	19.1	20.6
200	15.6	17.3	20.0	21.2	22.9

Fuente: (Krochin Sviatos, 1978)

(Billón Béjar, 2005). “La Tabla N° 10, da valores de velocidad admisibles altos, sin embargo, la U.S. BUREAU OF RECLAMATION, recomienda que, para el caso de revestimiento de canales de hormigón no armado, las velocidades no deben exceder de 2.5 – 3.0 m/s para evitar la posibilidad de que el revestimiento se levante”.

(Billón Béjar, 2005). “Cuando se tenga que proyectar tomas laterales u obras de alivio lateral, se debe tener en cuenta que las velocidades tienen que ser previamente controladas (pozas de regulación), con la finalidad que no se produzca turbulencias que originen perturbaciones y no puedan cumplir con su objetivo”.

- **Borde libre.**

(Billón Béjar, 2005). “Es el espacio entre la cota de la corona y la superficie del agua, no existe ninguna regla fija que se pueda aceptar universalmente para el cálculo del borde libre, debido a que las fluctuaciones de la superficie del agua en un canal, se puede originar por causas incontrolables”.

(Billón Béjar, 2005). “La U.S. BUREAU OF RECLAMATION recomienda estimar el borde libre con la siguiente fórmula”:

$$\text{Borde libre} = \sqrt{C Y}$$

Dónde:

Borde libre: en pies

C = 1.5 para caudales menores a 20 pies³/s, y hasta 2.5 para caudales del orden de los 3000 pies³/s

Y = Tirante del canal en pies

(Billón Béjar, 2005). “La secretaría de Recursos Hidráulicos de México, recomienda los siguientes valores en función del caudal”:

Tabla N° 2.8 Borde libre en función del caudal

Caudal m³/seg	Revestido (cm)	Sin revestir (cm)
≤ 0.05	7.5	10.0
0.05 – 0.25	10.00	20.0
0.25 – 0.50	20.0	40.0
0.50 – 1.00	25.0	50.0
1.00 30.0 60.0	30.0	60.0

Fuente: (Alimentación, 1978)

Máximo Villón Béjar, sugiere valores en función de la plantilla del canal:

Tabla N° 2.9 Borde libre en función de la plantilla del canal

Ancho de la plantilla (m)	Borde libre (m)
Hasta 0.8	0.4
0.8 – 1.5	0.5
1.5 – 3.0	0.6
3.0 – 20.0	1.0

Fuente: (Villón Béjar, 1981)

- **Criterios de espesor de revestimiento.**

(Aguirre Pe, 1974). “No existe una regla general para definir los espesores del revestimiento de concreto, sin embargo, según la experiencia acumulada en la construcción de canales en el país, se puede usar un espesor de 5 a 7.7 cm para canales pequeños y medianos, y 10 a 15 cm para canales medianos y grandes, siempre que estos se diseñen sin armadura”.

(Billón Béjar, 2005). “En el caso particular que se quiera proyectar un revestimiento con geo membranas, se tiene que tener en cuenta las siguientes consideraciones”:

- (Billón Béjar, 2005). “Para canales pequeños se debe usar geo membrana de PVC y para canales grandes geo membrana de polietileno – HDP”.
- (Billón Béjar, 2005). “Los espesores de la geo membrana, varían entre 1 a 1.5 mm”.
- (Billón Béjar, 2005). “Si el canal se ubica en zonas en donde puede ser vigilado permanentemente, por lo tanto, no puede ser afectada la membrana”.
- (Billón Béjar, 2005). “Características y cuidado en las actividades de operación y mantenimiento”.
- (Billón Béjar, 2005). “Técnica y cuidados de instalación de la geo membrana”.
- (Billón Béjar, 2005). “El grupo social a servir tiene que capacitado para el manejo de dicho tipo de revestimiento”.
- (Billón Béjar, 2005). “También se puede usar asociada la geo membrana con un revestimiento de concreto; la geo membrana actúa como elemento impermeabilizante (el concreto se deteriora con las bajas temperaturas) y el concreto como elemento de protección, sobre todo cuando se trata de obras ubicadas por encima de los 4, 000 m.s.n.m. o zonas desoladas”.

2.3.4. RÁPIDAS.

(Billón Béjar, 2005). “Las rápidas. Son usadas para conducir agua desde una elevación mayor a una más baja. La estructura puede consistir de una entrada, un tramo inclinado, un dissipador de energía y una transición de salida”.

(Billón Béjar, 2005). “El tramo inclinado puede ser un tubo o una sección abierta. Las rápidas son similares a las caídas, excepto que ellas transportan el agua sobre distancias más largas, con pendientes más suaves y a través de distancias más largas.

(Billón Béjar, 2005). “La parte de la entrada de la estructura transita el flujo desde el canal aguas arriba de la estructura hacia el tramo inclinado. Debe proveer un control para impedir la aceleración del agua y la erosión en el canal. El control es logrado por la combinación de una retención y un vertedero en la entrada. La entrada usada debería ser simétrica con respecto al eje de la rápida, permitir el peso de la capacidad total del canal aguas arriba hacia la rápida con el tirante normal de aguas arriba, y donde sea requerido, permitir la evacuación de las aguas del canal cuando la operación de la rápida sea suspendida. Debería tener uñas para proveer una suficiente longitud de camino de percolación, calculado según el método de LANE”.

(Billón Béjar, 2005). “Las pérdidas de cargo a través de la entrada podrían ser despreciadas en el caso que sean lo suficientemente pequeñas que no afecten el resultado final. De otra manera, las pérdidas a través de la entrada deberían ser calculadas y usadas en la determinación del nivel de energía en el inicio del tramo inclinado. Si la pendiente del fondo de la entrada es suave puede asumirse que el flujo crítico ocurre donde la pendiente es suave puede asumirse que el flujo crítico ocurre donde la pendiente suave de la entrada cambia a la pendiente más fuerte del tramo inclinado. En el caso que la pendiente de la entrada sea

suficientemente pronunciada para soportar una velocidad mayor que la velocidad crítica, debería calcularse dicha velocidad y tirante correspondientes, para determinar la gradiente de energía al inicio del tramo inclinado.

El tramo inclinado con tubo o canal abierto, generalmente sigue la superficie original del terreno y se conecta con un dissipador de energía en un extremo más bajo. Muchos libros sobre mecánica de fluidos discuten el comportamiento del agua la pendiente pronunciada y en saltos hidráulicos y derivan las ecuaciones usadas para determinar las Características del flujo bajo las condiciones. Algunas de las soluciones son obtenidas por tanteo.

Pozas dissipadoras o salidas con obstáculos (baffled outlets) son usadas como dissipadoras de energía en este tipo de estructuras”.

(Billón Béjar, 2005). “Una transición de salida es usada cuando es necesario para transaccionar el flujo entre el dissipador de energía y el canal después. Si es necesario proveer el tirante de aguas abajo (tailwater) al dissipador de energía, la superficie de agua en la salida debe ser controlada. Si se construye una transición de salida de concreto y cuando no hay control del flujo después en el canal, la transición puede ser usada para proveer al remanso elevando el piso de la transición en el piso de la uña”.

(Billón Béjar, 2005). “El tirante de aguas abajo también puede ser provisto por la construcción de un control dentro de la transición de salida. La pérdida de carga en la transición de salida es despreciable”.

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.

3.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.

El tipo de investigación es descriptivo, porque espera proponer a partir de datos de campo una metodología para diseñar rápidas para vencer las altas pendientes que presenta la zona del río Cunas y que no permiten llevar el agua bajo recomendaciones técnicas para evitar erosión en el canal y terrenos aledaños y también controlar la precipitación de partículas en suspensión que lleva el agua. Se trata de un diseño de investigación simple, donde, el diseño metodológico está constituido por una hipótesis principal, con dos variables; un independiente y otra dependiente. Tres dimensiones y seis indicadores para la variable independiente y una dimensión con dos indicadores para la variable dependiente. Además, se cuenta con el objeto de estudio (OE) que la constituye la cuenca del río Cunas, para realizar las observaciones necesarias (O)

3.1.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.

Se trata de un diseño de investigación simple, donde, el diseño metodológico está constituido por una hipótesis principal, con dos variables; un independiente y otra dependiente. Tres dimensiones y seis indicadores para la variable independiente y una dimensión con dos indicadores para la variable dependiente. Además, se cuenta con el objeto de estudio (OE) que la constituye la cuenca del río Cunas, para realizar las observaciones necesarias (O)

3.2. POBLACIÓN DE ESTUDIO

La población y la muestra coinciden en un solo objeto de estudio; por lo tanto, se trata de una investigación como estudio de caso, es decir, hay una sola muestra y una sola población; por tanto, la población se define como la cuenca del Rio Cunas de la Provincia de Chupaca.

3.3. TAMAÑO DE LA MUESTRA.

La muestra constituye la longitud del Valle del Rio Cunas desde la toma de la hidroeléctrica de Huarisca hasta el Rio Cunas de inicio al distrito de Chupaca.

3.4. TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

- Acopio de datos de campo sobre el recorrido del rio muestra.
- Registro de datos hidrológicos en la toma del canal para la hidroeléctrica de Huarisca.
- Calcular el área de influencia de la margen derecha de rio como dato de entrada para el diseño de la sección trapezoidal de máxima eficiencia hidráulica.
- Modelo de diseño hidráulico de obras de arte, desde la toma hasta el punto final del canal, con aliviador de presión para una descarga sin erosión a los terrenos aledaños a punto de descarga.

- Modelo de diseño hidráulico de canoas para paso de quebradas, previo estudio de factibilidad hidráulica y económica, comparado en costos con un equivalente que bordea el accidente.
- Modelo de diseño hidráulico de rápidas, previo perfil geográfico del trazo del canal.
- Modelo de diseño hidráulico de transiciones.

3.5. DESARROLLO DE TEMA Y/O TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para desarrollo de la investigación es necesario obtener datos de entrada elementales como área agrícola que requiere riego, caudal de entrada, pendiente total, rugosidad promedio de la zona para construir el canal, finalmente el diseño hidráulico de las obras de arte.

CAPÍTULO IV

4. DE LAS OBRAS DE ARTE

4.1. CALCULO DE LA SECCIÓN DEL CANAL DE MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA

A. CÁLCULO

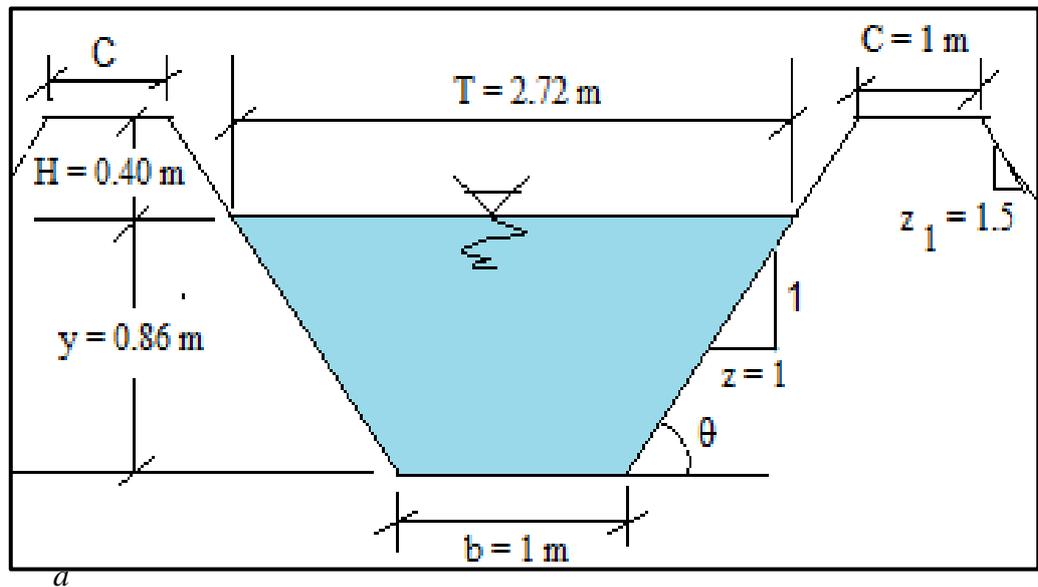
Tabla N° 4.1 Datos de entrada y dimensiones finales.

DATOS DE ENTRADA PARA CANAL DE MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA	
Se calcula las dimensiones de la sección transversal por la metodología de diseño de Máximo Billón. Anexo N° 7	
MODULO DE RIEGO POR MAYOR NECESIDAD	2.5 l/s/Ha
ÁREA DE RIEGO (A riego)	300 Ha
CAUDAL O GASTO	0.750 m ³ /s
PENDIENTE DE DISEÑO (z) por tabla N° 2.5	3
RUGOSIDAD (n), por datos de Horton.	0.003
TALUD PARA CANAL DE M.E.H. por cuadro N° 2.6	1
DIMENSIONES CALCULADAS PARA LA SECCIÓN TRANSVERSAL	
Por Cuadro N° 2.7, cálculo de ancho de solera (b)	1 m
Tirante de sección trapezoidal regular (y)	0.86 m
Área de la sección trapezoidal (A)	1.599 m ²
Cálculo de la velocidad del fluido (V)	0.5 m/s
Borde libre por cuadro N° 2.8 (B.L.)00	0.40 m
Ancho de corona para Q mayor de 0.5 m ³ /s	1 m
Talud secundario el siguiente al principal (z1)	1.5
Longitud de espejo (T)	2.72 m

Fuente: Elaboración propia

B. Dimensiones finales de la sección de máxima eficiencia hidráulica.

Figura N° 4.1 Dimensiones físicas de la sección de Máxima Eficiencia Hidráulica



ción propia.

4.2. DISEÑO DE OBRA DE ARTE DE CONTROL DE PENDIENTES: RÁPIDAS

A. DE LAS RÁPIDAS.

(Billón Béjar, 2005). “Estas son estructuras hidráulicas utilizadas unir dos tramos de un canal donde las pendientes tienen un gran desnivel para una longitud relativamente corta.

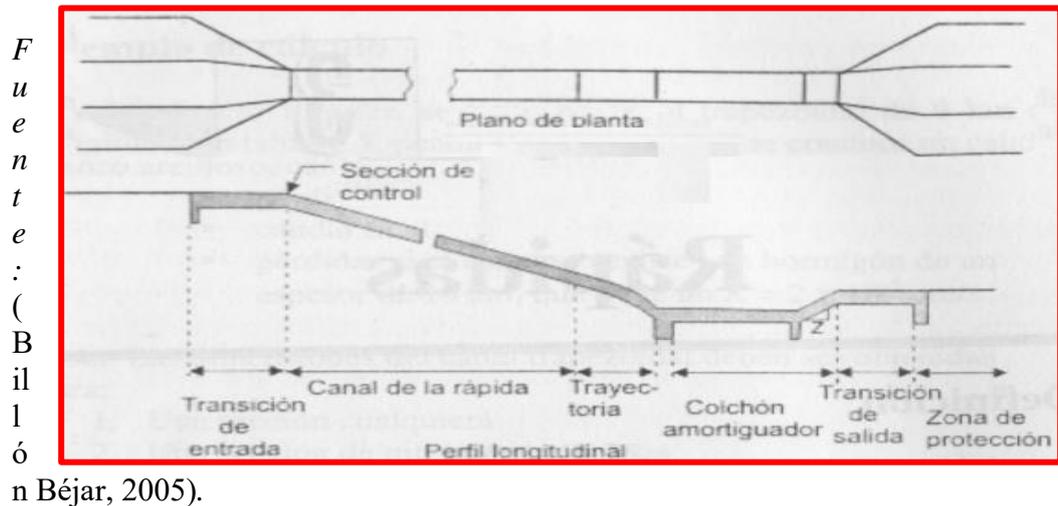
La otra opción serían las caídas escalonadas que tienen la desventaja de ser muy costosas; pero, si no hay otra alternativa se tiene que utilizarlas. Las caídas requieren de un estudio económico comparativo con las rápidas, desde ya, se decide por el más seguro y económico.

Para diseñar una rápida se requiere datos de campo referidos a las propiedades hidráulicas y las pendientes o elevaciones de la rasante referencial y las secciones del canal aguas arriba y aguas abajo de la rápida, así como un perfil del tramo para construir la rápida.

Se decide proponer rápidas para la zona alta de la cuenca del Río Cunas por tener un relieve accidentado”.

B. ELEMENTOS HIDRÁULICOS DE UNA RÁPIDA.

Figura N° 4.2. Esquema de una rápida



C. TRANSICIÓN DE ENTRADA.

(Billón Béjar, 2005). “Une por medio de una reducción calculada o denominado estrechamiento progresivo de la sección del canal superior con la sección de control”.

D. TRANSICIÓN DE SALIDA.

(Billón Béjar, 2005). “Tiene la función de unir la poza de disipación con el canal aguas abajo”.

E. SECCIÓN DE CONTROL:

(Billón Béjar, 2005). “Es la sección donde comienza la pendiente fuerte de la rápida o alta correntada con la condición de mantener en esta zona las condiciones críticas. En una rápida se mantiene una pendiente mayor que la necesaria para sostener un régimen crítico; por tanto, el tipo de flujo establecido es el flujo supercrítico”.

F. CANAL DE LA RÁPIDA.

(Billón Béjar, 2005). “Es la sección comprendida entre la sección de control y el principio de la trayectoria. Dependiendo del tipo de terreno o configuración del mismo, puede tener una o varias pendientes. Son generalmente de sección rectangular o trapezoidal, es decir, tiene relación con el costo económico”.

G. TRAYECTORIA

(Billón Béjar, 2005). “Es la curva vertical parabólica que une la última pendiente de la rápida con el plano inclinado del principio del colchón amortiguador que reduce energía de presión y energía cinética del agua. En el diseño se considera que la corriente de agua este en contacto con el fondo del canal y no existan vacíos”.

(Billón Béjar, 2005). “Si la trayectoria se calcula con el valor de la aceleración de la gravedad como componente vertical, no habrá presión del agua sobre el fondo y el espacio ocupado por el aire aumentará limitándose así la capacidad de conducción del canal, por lo que se acostumbra usar como componente vertical un valor inferior a la aceleración de la gravedad o incrementar el valor de la velocidad para que la lámina de agua se adhiriera al fondo del canal”.

H. TANQUE AMORTIGUADOR, COLCHÓN DISIPADOR O POZA DE DISIPACIÓN.

(Billón Béjar, 2005). “Es la depresión de profundidad y longitud suficiente diseñada con el objetivo de absorber parte de la energía cinética generada en la rápida, mediante la producción del resalto hidráulico, y contener este resalto hidráulico dentro de la poza. Se ubica en el extremo inferior de la trayectoria”.

I. TRANSICIÓN DE SALIDA.

(Billón Béjar, 2005). “Tiene el objetivo de unir la poza de disipación con el canal aguas abajo”.

J. ZONA DE PROTECCIÓN.

(Billón Béjar, 2005). “Con el fin de proteger el canal sobre todo si es en tierra, se puede revestir con mampostería”.

K. PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO DE UNA RÁPIDA

- **Diseño del canal, aguas arriba y aguas abajo de la rápida**

(Billón Béjar, 2005). “Utilizar las consideraciones prácticas que existen para el diseño de canales”.

- **Cálculo del ancho de solera en la rápida y el tirante en la sección de control**

(Billón Béjar, 2005). “En la sección de control se presentan las condiciones críticas, para una sección rectangular las ecuaciones que se cumplen son las siguientes”:

$$y_c = \frac{2}{3} E_{mín} \qquad y_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{b^2 g}}$$

Igualando;

Entonces:

$$\frac{2}{3} E_{mín} = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{b^2 g}} \qquad b = \sqrt{\frac{27 * Q^2}{8 * E_{mín}^3 * g}}$$

(Billón Béjar, 2005). “Existen fórmulas empíricas para el cálculo del ancho de la rápida, las cuales son”:

- De acuerdo a Dadenkov, puede tomarse: $b = 0.765 * Q^{\frac{2}{5}}$
- Otra fórmula empírica: $b = \frac{18.78\sqrt{Q}}{10.11+Q}$

Por lo general, el ancho de solera con esta última fórmula, resulta de mayor dimensión que la obtenida por Dadenkov.

- **Diseño de la transición de entrada**

(Billón Béjar, 2005). “Para el caso de una transición recta la ecuación utilizada es”:

$$L = \frac{T_1 - T_2}{2 * \tan 22.5^\circ}$$

donde:

T_1 = espejo de agua en el canal

T_2 = b = ancho de solera en la rápida

- **Cálculo hidráulico en el canal de la rápida**

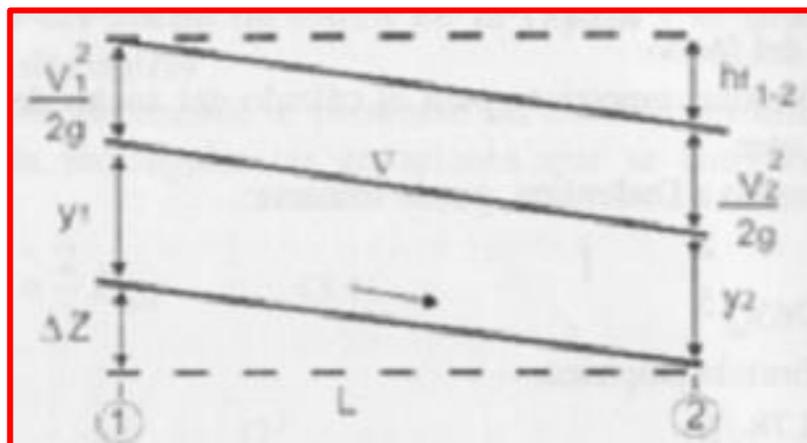
1. **Cálculo de tirantes y distancias.**

(Billón Béjar, 2005). “Se pretende calcular los tirantes para los diferentes tramos (distancias) con respecto a la sección de control.

Puede usarse:

- Cualquier método para el cálculo de la curva de remanso, recomendándose el método de tramos fijos.
- Usar el proceso gráfico de esta metodología.

Figura N° 4.3 Ecuación de la energía en canal de flujo uniforme.



*o
ría propia.*

La ecuación utilizada es la ecuación de la energía:

$$E_1 + \Delta Z = E_2 + \Delta h_{f\ 1-2}$$

(Billón Béjar, 2005). “Esta ecuación se resuelve gráficamente como se presenta en las coordenadas de la siguiente figura, haciendo”:

$$\Delta Z = S * L$$

$$\Delta h_f = \overline{S_E} * L$$

$$S_E = \left[\frac{n * v}{R^{2/3}} \right]^2$$

$$\overline{S_E} = \frac{S_1 + S_2}{2}$$

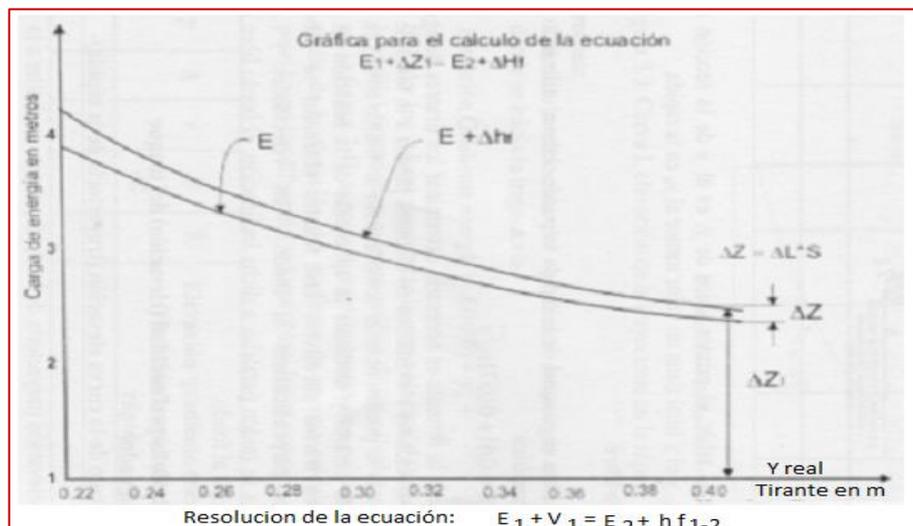
Para dibujar la figura en coordenadas, es conveniente tabular los cálculos, en una tabla similar a la que se muestra:

Tabla N° 4.4 Cuadro de datos tabulados

y	A	R	$v = \frac{Q}{A}$	$\frac{v^2}{2g}$	E	Δh_f	$E + \Delta h_f$

Fuente: (Billón Béjar, 2005).

En esta tabla, el primer valor de y, es el y de la sección de



control Y_c , y el y final tiene un valor menor al Y_n en la rápida.

Figura N° 4.5 Grafica de la ecuación de la energía

Fuente: (Billón Béjar, 2005).

2. Bordo libre

(Billón Béjar, 2005). “El bordo libre en el canal de la rápida se puede obtener utilizando la fórmula empírica”:

$$BL = 0.61 + 0.0371 * v * \sqrt{y}$$

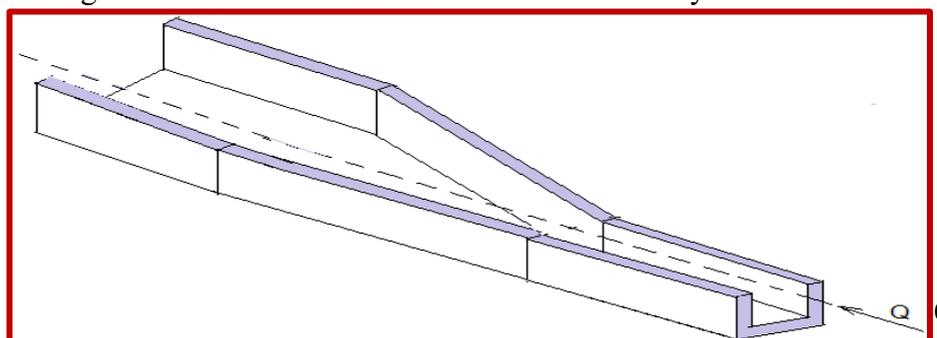
(Billón Béjar, 2005). “Para utilizar la fórmula es necesario determinar los tirantes de agua y , y las velocidades v existentes en distintos puntos a lo largo de la rápida. Estas se pueden obtener considerando un tirante crítico en la sección de control y mediante la aplicación de la ecuación de la energía en tramos sucesivos. Los tirantes obtenidos se deben considerar perpendiculares al fondo, las velocidades y .as longitudes se miden paralelas a dicha inclinación, el bordo libre se mide normal al fondo”.

4.3. DISEÑO DE OBRA DE ARTE DE CONTROL DE VELOCIDAD DEL FLUIDO: TRANSICIONES.

A. TRANSICIÓN.

(Billón Béjar, 2005). “La transición es una estructura que se usa para ir modificando en forma gradual la sección transversal de un canal, cuando se tiene que unir dos tramos con diferentes formas de sección transversal, pendiente o dirección”.

Figura N° 4.6. Isométrico de una transición recta y económico



Fuente: Autoría propia.

(Billón Béjar, 2005). “La finalidad de la transición es evitar que el paso de una sección a la siguiente, de dimensiones y características diferentes, se realice de un modo brusco, reduciendo de ese modo, las pérdidas de carga en el canal.

Las transiciones se diseñan a la entrada y/o salida de diferentes estructuras tales como: tomas, rápidas, caídas, desarenadores, puentes canales, alcantarillas, sifones invertidos, etc.”

B. DISEÑO SIMPLIFICADO DE TRANSICIONES RECTAS.

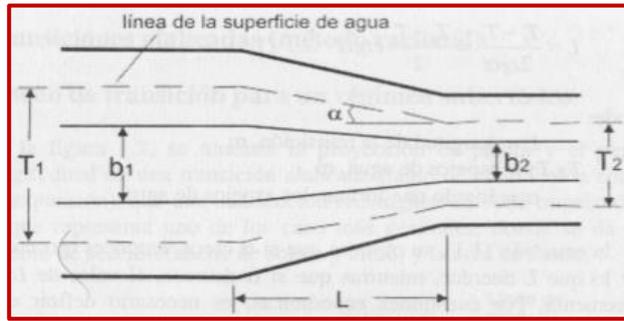
(Billón Béjar, 2005). “Para el diseño de una transición recta, se debe definir la longitud de la transición de modo que las pérdidas en el paso entre dos tramos de características diferentes sean las mínimas posibles”.

(Billón Béjar, 2005). “En hidráulica y en el diseño de estructuras hidráulicas las mayorías de fórmulas que se han obtenido son de resultados experimentales, las fórmulas que se presentan en esta sección y las que siguen tienen este carácter, la confianza que tendremos de su uso estriba en que se han aplicado con buenos resultados en el diseño de muchas estructuras hidráulicas”.

C. CÁLCULO DE LA LONGITUD DE LA TRANSICIÓN RECTA.

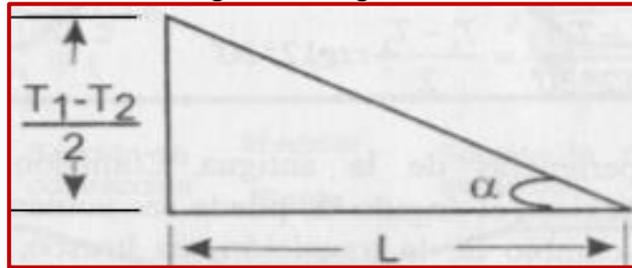
La figura N° 4.6 muestra un esquema en planta de una transición que une dos tramos de diferentes formas de un canal.

Figura N° 4.7 Vista en planta de la transición recta.



Fuente: (Billón Béjar, 2005).

Figura N° 4.8 Triángulo de longitud de la transición recta.



Fuente: (Billón Béjar, 2005).

Del triángulo, la $\tan \alpha$ se puede expresar como:

$$\tan \alpha = \frac{\frac{T_1 - T_2}{2}}{L}$$

despejando L, se tiene:

$$L = \frac{\frac{T_1 - T_2}{2}}{\tan \alpha} = \frac{T_1 - T_2}{2} * \cotan \alpha$$

donde:

L = longitud de la transición, m

$T_1 - T_2$ = Espejos de agua, m

α = ángulo que forman los espejos de agua

(Billón Béjar, 2005), “De la ecuación de la longitud de la transición, se observa que si " α " crece, entonces $\tan \alpha$ crece por lo que L decrece, mientras que si α decrece, el. valor de L se incrementa. Por cuestiones económicas, es necesano definir una longitud L adecuada que produzca pérdidas mínimas.

Según las experiencias de Julian Hinds, y según el Bureau of Reclamation, se encontró que para $\alpha = 12^\circ 30'$, se consiguen pérdidas de carga mínimas en la transición, por lo cual la longitud se puede calcular con la ecuación”:

$$L = \frac{T_1 - T_2}{2 \tan 12^\circ 30'} = \frac{T_1 - T_2}{2} \cotan 12^\circ 30'$$

(Billón Béjar, 2005), “Según las experiencias de la antigua Comisión Nacional de Irrigación de México, el ángulo α , puede ser aumentado hasta $22^\circ 30'$ sin que el cambio de la transición sea brusco, por lo que se puede reducir el valor de L, es decir”:

$$L = \frac{T_1 - T_2}{2 * \tan 22^\circ 30'} = \frac{T_1 - T_2}{2} * \cotan 22^\circ 30'$$

(Billón Béjar, 2005), “Esta última ecuación, es la que se aplica en forma práctica para determinar la longitud de la transición recta”.

4.4. DISEÑO DE OBRA DE ARTE PARA CONTROL DE PASO DE QUEBRADAS ESTRECHAS: CANOAS O PUENTE CANAL.

A. CANOAS O PUENTE CANAL.

(Billón Béjar, 2005), “Son las obras mediante las cuales es posible cruzar un canal con cualquier obstáculo que se encuentra a su paso.

(Billón Béjar, 2005), “El obstáculo puede ser, por ejemplo”:

- Una vía de ferrocarril.
- Un camino.
- Un río.
- Un dren.
- Una depresión o sobre elevación natural o artificial del terreno.

(Billón Béjar, 2005), “Para salvar el obstáculo, se debe recurrir a una estructura de cruce que puede ser”:

- Puente canal.
- Sifón invertido.

- Alcantarilla.
- Túnel.

B. ELECCIÓN DEL TIPO DE ESTRUCTURA.

(Billón Béjar, 2005). “En cada caso se debe escoger la solución más conveniente para tener un funcionamiento hidráulico correcto, la menor pérdida de carga posible y la mayor economía factible”.

- 1) Cuando el nivel del agua es menor que la rasante del obstáculo, se puede utilizar una alcantarilla, y si el obstáculo es muy grande se puede usar un túnel.
 - 2) Cuando el nivel de la superficie libre del agua es mayor que la rasante del obstáculo, se puede utilizar como estructura de cruce un puente canal o un sifón invertido.
- El puente canal se puede utilizar cuando la diferencia de niveles entre la rasante del canal y la rasante del obstáculo, permite un espacio libre suficiente para lograr el paso de vehículos en el caso de caminos o ferrocarriles; ó el paso del agua en el caso de canales, drenes, arroyos ó ríos.
 - El sifón invertido se puede utilizar si el nivel de la superficie libre del agua es mayor que la rasante del obstáculo, y no se tiene el espacio libre suficiente para lograr el paso de vehículos ó del agua.

C. DEFINICIÓN DE UN PUENTE CANAL.

(Billón Béjar, 2005). “El puente canal o acueducto, es una estructura utilizada para conducir el agua de un canal, logrando atravesar una depresión. La depresión puede ser otro canal, un camino, una vía de ferrocarril o un dren”.

(Billón Béjar, 2005). “El puente canal de la siguiente figura, es un conjunto formado por un puente y un conducto, el conducto puede ser de

concreto, hierro, madera u otro material resistente, donde el agua escurre por efectos de la gravedad”.

Figura 4.9 Puente canal



Fuente: (Billón Béjar, 2005).

D. ELEMENTOS HIDRÁULICOS DE UN PUENTE CANAL.

En el diseño hidráulico, como se muestra en la figura N° 4.8, se pueden distinguir los siguientes componentes:

1) Transición de entrada.

(Billón Béjar, 2005). “Une por un estrechamiento progresivo aguas arriba el canal con el puente canal, lo cual provoca un cambio gradual de la velocidad del agua en el canal”.

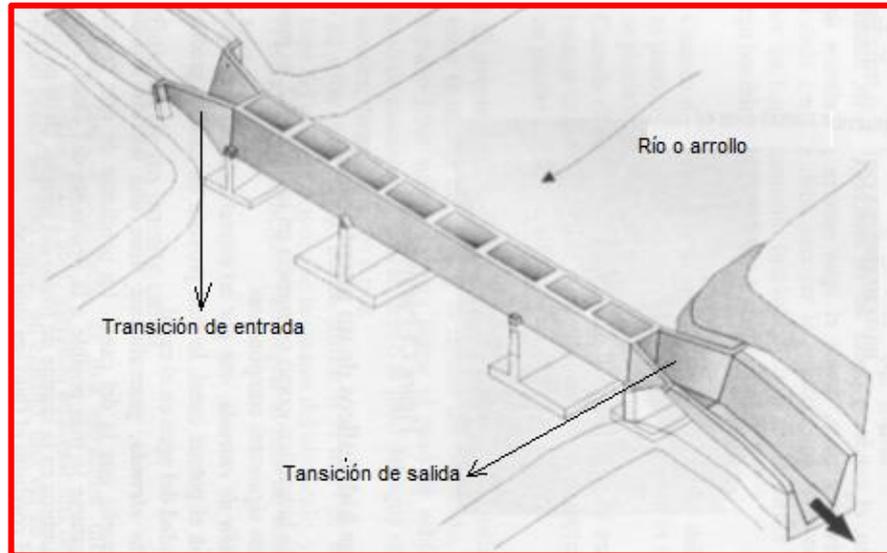
2) Conducto elevado.

(Billón Béjar, 2005). “Generalmente tiene una sección hidráulica más pequeña que la del canal. La pendiente de este conducto, debe ajustarse lo más posible a la pendiente del canal, a fin de evitar cambios en la rasante de fondo del mismo. Debe procurarse que en el conducto el flujo sea subcrítico”.

3) Transición de salida.

(Billón Béjar, 2005). “Une el puente canal con el canal aguas abajo”.

Figura N° 4.10 Esquema de un puente canal



Fuente: (Billón Béjar, 2005).

E. CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO HIDRÁULICO.

1) Material.

(Billón Béjar, 2005). “El material utilizado para la construcción del puente canal puede ser: concreto, madera, hierro, u otro material duro, lo cual nos permite elegir el coeficiente de rugosidad”.

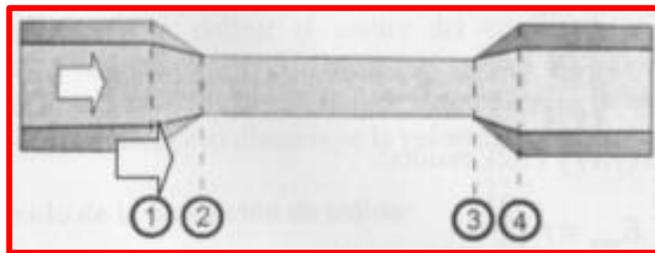
2) Forma de la sección transversal.

(Billón Béjar, 2005). “Por facilidades de construcción se adopta una sección rectangular, aunque puede ser semicircular o cualquier otra forma”.

3) Ubicación de la sección de control.

(Billón Béjar, 2005). “Por lo general, un puente canal cuya vista en planta se muestra en la figura 7.3, se diseña para las condiciones del flujo subcrítico (aunque también se puede diseñar para flujo supercrítico), por lo que el puente canal representa una singularidad en el perfil longitudinal del canal, que crea efectos hacia aguas arriba”.

Figura N° 4.11 Ubicación de la sección de control.



Fuente: (Billón Béjar, 2005).

(Billón Béjar, 2005). “En la sección 4 de la figura N° 4.10, se tienen las condiciones reales, siendo su tirante real de flujo el correspondiente al “Yn” del canal, esto debido a que toda singularidad en un flujo subcrítico crea efectos hacia aguas arriba, por lo que esta sección 4, representa una sección de control”.

(Billón Béjar, 2005). “La ubicación de una sección de control, resulta importante para definir el sentido de los cálculos hidráulicos, en este caso, desde la sección “4” aguas abajo, hacia la sección “1” aguas arriba. Cabe recalcar que, para el caso de un diseño en flujo supercrítico, el puente canal sería una singularidad que crea efectos hacia aguas abajo, por lo que la sección de control estaría en la sección “1”, Y los cálculos se efectuarían desde 1 hacia aguas abajo, hacia la sección 4”.

F. DISEÑO DEL CONDUCTO ELEVADO.

(Billón Béjar, 2005). “Por condiciones económicas el ancho debe ser lo menor posible, pero manteniendo siempre el mismo tipo de flujo, en este caso flujo subcrítico. A fin de que las dimensiones sean las mínimas posibles se diseña para condiciones cercanas a las críticas. Para una sección rectangular, en condiciones críticas se cumplen las siguientes ecuaciones”:

$$y_c = \frac{2}{3} E_{min} \quad (a) \qquad y_c = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{b^2 g}} \quad (b)$$

Igualando ecuación (a) y (b); tenemos:

$$y_c = \frac{2}{3} E_{min} = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{b^2 g}}$$

$$\frac{8}{27} [E]_{min}^3 = \frac{Q^2}{b^2 g}$$

$$b^2 = \frac{27 * Q^2}{8 * g * [E]_{min}^3}$$

Despejando b, en esta última ecuación; $b = \sqrt{\frac{27 * Q^2}{8 * g * [E]_{min}^3}} \quad (c)$

(Billón Béjar, 2005) “En la anterior ecuación para el cálculo “b” se conoce Q por ser dato de entrada para el cálculo de las dimensiones físicas de la sección transversal, solo faltaría E_{min} . Como una aproximación de E_{min} , puede tomarse el valor de la energía en la sección “4”, calculado como”:

$$E_4 = y_4 + \frac{v_4^2}{2g} = y_n + \frac{v_n^2}{2g} \quad (d)$$

(Billón Béjar, 2005) “Calculado el valor de b (crítico) con la ecuación (c), para propiciar un flujo subcrítico en el conducto, se toma un valor mayor que este. Un valor mayor del ancho de solera reduce el efecto de la curva de remanso que se origina en el conducto. Resulta aceptable que la, curva de remanso afecte el 10 % del bordo libre. En resumen, para definir el ancho del conducto, se calcula b utilizando la ecuación (c), luego se amplía su valor en forma adecuada, recordando que un mayor valor disminuye el efecto por curva de remanso, pero disminuye la velocidad en el conducto.

G. CÁLCULO DE LA TRANSICIÓN DE SALIDA.

(Billón Béjar, 2005) “Para el caso de una transición recta la ecuación utilizada es”:

$$L = \frac{T_1 - T_2}{2 \tan 22,5^\circ}$$

donde:

T_1 = espejo de agua en el canal 1

$T_2 = b$ = ancho de solera del conducto

(Billón Béjar, 2005) “La transición de entrada se diseña en forma similar, siendo”:

T_1 = espejo de agua en el canal 1

$T_2 = b$ = ancho de solera del conducto

H. CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS EN LAS TRANSICIONES.

(Billón Béjar, 2005) “Las pérdidas predominantes en las transiciones (por su corta longitud) corresponden a las pérdidas por cambio de dirección, siendo su ecuación”:

$$h_{1-2} = K \Delta h_v$$

Donde:

h_{1-2} = *pérdidas por transición entre 1y 2.*

K = *coeficiente de pérdidas en la transición, puede ser:*

K_e = *coeficiente de pérdidas en la transición de entrada.*

K_s = *coeficiente de pérdidas en la transición de salida.*

Δh_v = *diferencia de cargas de velocidad, valor siempre positivo.*

$$\Delta h_v = \frac{V_1^2}{2g} - \frac{V_2^2}{2g} \quad \text{siendo } v_1 > v_2$$

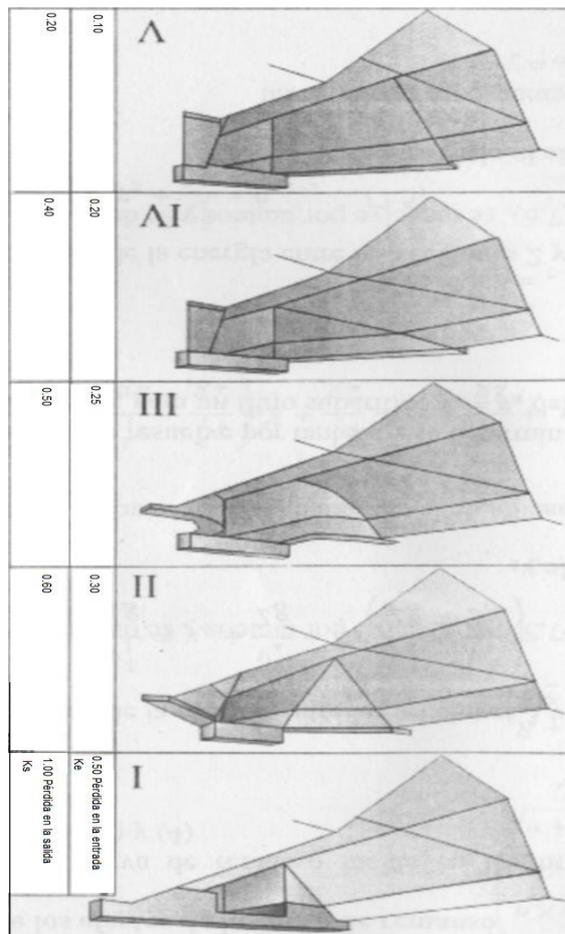
Los valores de K_e y K_s , dependen del tipo de transición diseñada, en la figura (d) y en la tabla N° 4.2, se muestran algunos valores de ellos.

Tabla 4.2 Valores de K_e y K_s , según el tipo de transición

Tipo de transición	K_e	K_s
Curvado	0.10	0.20
Cuadrante cilíndrico	0.15	0.25
Simplificado en línea recta	0.20	0.30
Línea recta	0.30	0.50
Extremos cuadrados	0.30*	0.75

Fuente: (Billón Béjar, 2005)

Figura N° 4.12 Coeficientes de pérdidas de energía para secciones trapezoidal a rectangular.



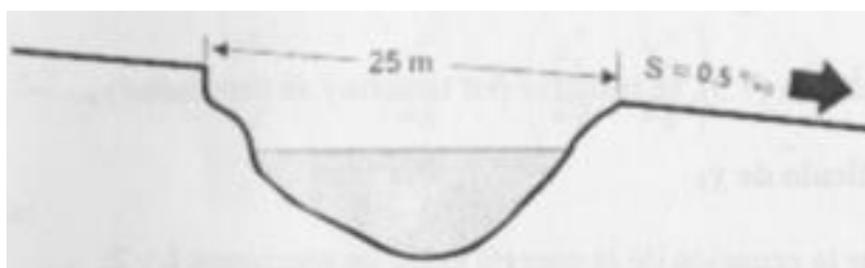
Fuente: (Billón Béjar, 2005)

I. ANÁLISIS DE LA INVESTIGACIÓN.

El análisis de diseño para el puente canal se realizó resolviendo un ejemplo con las dimensiones de la sección transversal del canal que se tiene con los datos de entrada para la zona de la cuenca del río Cunas de la Provincia de Chupaca.

EJEMPLO DE ANÁLISIS: DISEÑO HIDRÁULICO DE UN PUENTE CANAL.

Diseñar un puente canal como se observa en el perfil longitudinal de la figura que debe atravesar un río. La depresión donde está ubicado el río tiene una longitud de 25 m. El canal de sección trapezoidal, con talud 1.5, trazado en tierra con una pendiente del 0.5 ‰ debe conducir un caudal de 0.8 m³/s. Se pide diseñar un puente canal que permita salvar la depresión.



SOLUCIÓN:

1) Selección de material.

Se elige concreto donde el número de Manning se toma de tablas como la que se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla N° 4.3 Conductos Abiertos Revestidos y de Alineamiento Recto

Revestimiento	Calidad Buena	Calidad Regular
Concreto variado en formaletas sin acabado	0.013	0.017
Concreto alisado a boca de cepillo	0.013	0.015

Concreto emparejado con llana	0.012	0.014
Mortero lanzado, sección buena	0.016	0.019
Piedras irregulares, unidas con mortero cemento	0.017	0.020
Mampostería de piedra bruta y mortero de cemento frisado	0.016	0.020

Nota: Cuando la calidad de la construcción es mala usar los mayores valores de “n”

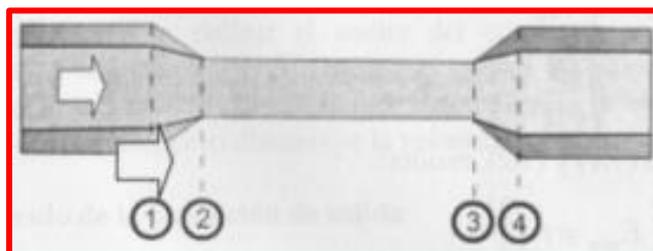
Fuente: Tomado de <http://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/wp-content/uploads/2012/02/Coeficientes-de-Rugosidad-de-Manning.pdf>

Por la tabla N° 4.1 se elige para coeficiente de rugosidad de Manning un promedio de $n = 0.015$ que se justifica por sugerencias de diseño para superficie de concreto.

2) Forma de la sección transversal.

Se refiere a la sección de paso del agua perpendicular a la solera del canal. Estas pueden ser sección rectangular de máxima eficiencia hidráulica o trapezoidal de máxima eficiencia hidráulica. Generalmente en el diseño esta sección es de máxima eficiencia hidráulica cuando el radio hidráulico es la mitad del tirante hidráulico.

3) Ubicación de la sección de control.



En la figura en este caso es de un puente canal, las condiciones reales se encuentran en la **sección 4**. Es decir, el tirante real de flujo que corresponde al tirante normal “ Y_n ” del canal en flujo uniforme. además, como en este punto están las condiciones de

flujo sub crítico, sus efectos de flujo subcrítico crean sus efectos aguas arriba; por tanto, se trata de una sección de control.

También se debe aclarar que el puente canal puede ser un sifón invertido, pero la toma de decisiones estará en función a cuál de ellos es más económico y eficientemente hidráulico.

Este ejemplo se resuelve para un puente canal con sección de control en “4”.

4) Diseño del conducto elevado.

Se trata de calcular el ancho de solera “b” en el puente canal, conocido la E_{\min} y el gasto Q.

$$Q = 0.75 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$E_{\min} = y_4 + \frac{V_4^2}{2g} = 0.86 + \frac{0.9^2}{19.62} = 0.901 \text{ m} * \text{kg/kg}$$

$$b = \sqrt{\frac{27 * Q^2}{8 * E^2 * g}} = \sqrt{\frac{27 * 0.75^2}{8 * 0.901^3 * 9.81}} = 0.514 \text{ m}$$

Conocido b (crítico) de 0.514 m, se requiere asegurar la presencia de un flujo subcrítico en el conducto, se toma un valor mayor que este. Por ejemplo, si se tomó un valor de 0.52 m, se genera un flujo subcrítico; pero esto se debe realizar solo reemplazando un valor equivalente máximo al 10% del borde libre. Más allá de este valor ya tiene flujo supercrítico, que afectaría al canal erosionando prematuramente las superficies internas del canal a lo largo de su longitud.

Entonces el valor de $b_{\text{crítico}}$ con 0,52 metros tenemos un b de:

$$b_{\text{subcrítico}} = 0.52 + (0.52 * 0.01) = 0.58 \text{ metros.}$$

$$b_{\text{subcrítico}} = 0.58 \text{ metros}$$

El efecto es que a un ancho recomendado mayor que el ancho crítico se asegura tener un flujo sub crítico, porque reduce el efecto de la curva de remanso que se origina en el canal.

5) Cálculo de la longitud de la transición de salida.

Utilizando la siguiente ecuación tenemos:

$$L = \frac{T_1 - T_2}{2 \tan 22.5^\circ}$$

Donde:

$$T_1 = \text{espejo de agua en el canal} = 0.901 \text{ m}$$

$$T_2 = b = \text{ancho de solera del conducto} = 0.58 \text{ m}$$

Entonces:

$$L = \frac{T_1 - T_2}{2 \tan 22.5^\circ} = \frac{2.72 \text{ m} - 0.58 \text{ m}}{2 \tan 22.5^\circ} = 2.583 \text{ m} \approx 2.60 \text{ m}$$

6) Cálculo de las pérdidas en las transiciones

Las pérdidas predominantes en las transiciones (por su corta longitud) corresponden a las pérdidas por cambio de dirección, siendo su ecuación:

$$h_{1-2} = K * \Delta h_V$$

donde:

h_{1-2} = pérdida por transición entre 1 y 2 de la sección de control.

K = coeficiente de pérdidas en la transición, puede ser:

K_e = coeficiente de pérdidas en la transición de entrada = 0.30,
para transición recta.

K_s = coeficiente de pérdidas en la transición de salida = 0.50
para transición recta.

Δh_v = diferencia de cargas de velocidad, valor siempre positivo

$$\Delta h_v = \frac{V_1^2}{2g} - \frac{V_2^2}{2g}$$

$$V_1 = 0.9 \text{ m/s}$$

$$V_2 = 0.6 \text{ m/s}$$

Entonces:

$$\Delta h_v = \frac{0.9^2}{2g} - \frac{0.6^2}{2g} = 0.023 \text{ m}$$

$$K_s = 0.5$$

$$h_{1-2} = K * \Delta h_v = 0.5 * 0.023 \text{ m} = 0.0115 \text{ metros.}$$

CAPÍTULO V

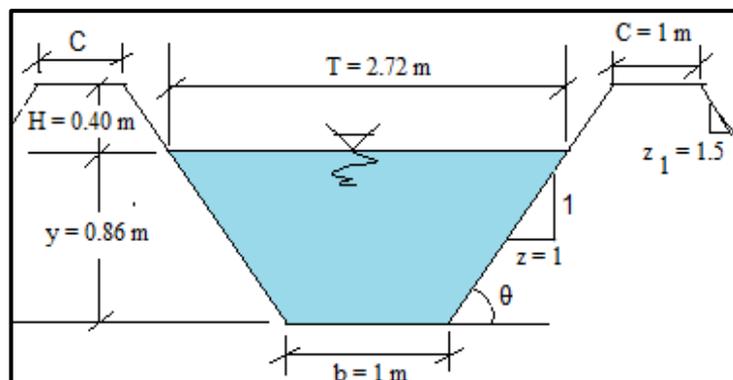
5. DE LOS RESULTADOS

De las obras de arte diseñadas para el transporte de agua del río Cunas para riego agrícola se realizó con las siguientes etapas y en el siguiente orden:

5.2. DISEÑO DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL EN LA LONGITUD DEL CANAL.

En este caso el diseño tenía dos condiciones hidráulicas para llevar el agua por el canal. Las variables que justifican las dimensiones físicas reales del canal se toman de las experiencias de diseño de canales en el área agrícola. Por esta razón la variable particular para calcular el gasto, es el módulo de riego en l/s/Ha y que está en función del tipo de producto agrícola a regar. La información se encuentra en el anexo y los cálculos en tabla Excel resumido.

Figura N° 4.14 cálculo y diseño de la sección del canal



Fuente. Autoría propia

$$Q = 0,75 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$n = \text{número de Manning} = 0.030$$

$$R = \frac{y}{2} = \frac{0.86 \text{ m}}{2} = 0.43 \text{ m}$$

$$S = \frac{1\text{m}}{1000 \text{ km}}$$

$$0.75 = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S^{0.5} * A = \frac{1}{0.015} * \left(\frac{Y}{2}\right)^{0.666} * 0.001^{0.5} * (Y + Y^2) =$$

$$0.3557 = \frac{Y^{\frac{2}{3}}}{2^{\frac{2}{3}}} * (Y + Y^2)$$

$$0.3557 * 1.5866 = Y^{\frac{5}{3}} + Y^{8/3}$$

$$0.5643 = Y^{1.666} + Y^{2.666}$$

$$Y^{1.666} + Y^{2.666} - 0.5643 = 0$$

$$\text{Tabulando } Y = 0.55 \text{ m}$$

$$Y = 0.55 \text{ m}$$

5.3.DISEÑO DE LA RÁPIDA CON DATOS CONSIDERADOS PARA EL LUGAR OBJETIVO.

La rápida se diseñó para saltos entre 15 y 25 metros, contados del talud y nivel las aguas.

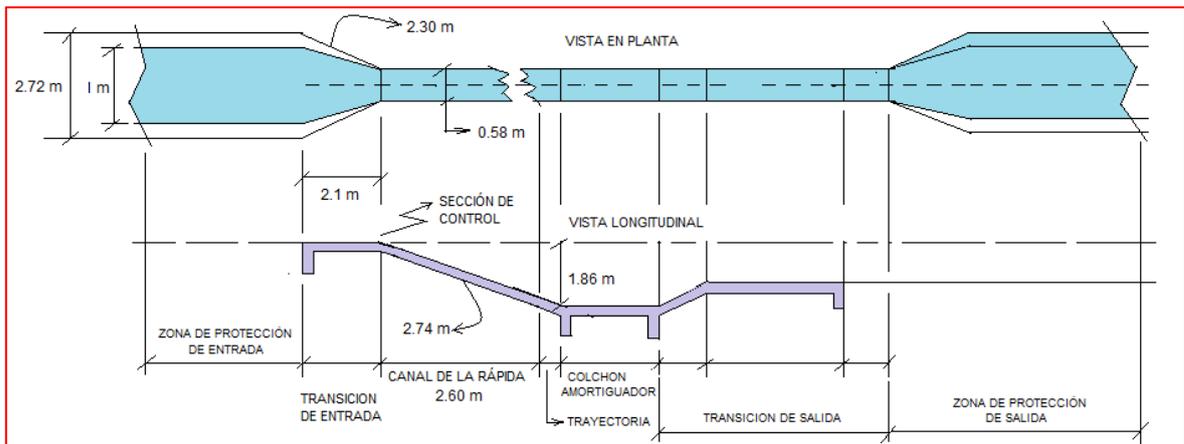
Esto ocurre porque la velocidad del agua no debe ser muy alta (máximo 0.9 m/s) para evitar erosiones en las paredes internas del canal y que no den lugar a precipitaciones de las partículas en suspensión que lleva el agua por muy lenta su velocidad. Esto es crítico porque estas precipitaciones forman ingentes volúmenes de lodo que requieren de un mantenimiento costoso.

Estas condiciones se mantienen en el diseño de toda obra de arte en los canales sea cual fuera su capacidad.

5.4.DISEÑO DE TRANSICIÓN RECTA.

En el diseño de las transiciones se tiene dos alternativas que pueden ser curva o rectas. Las curvas son costosas debido al encofrado de acuerdo a las curvas; por el contrario, se diseñó transiciones rectas por más económicas.

Figura N° 4.15 Plano del diseño de la rápida



Fuente: Autoría propia

5.5.DISEÑO DE LA CANOA O PUENTE CANAL.

Para el diseño del puente canal o canoa existe metodología para transiciones curvas o rectas.

En este caso se aplica las transiciones rectas por ser más económicas y porque el cálculo es similar al de una rápida; con la diferencia de que la pendiente en la canoa es constante entre la entrada a puente canal y salida del puente canal. (Ver anexo

CONCLUSIONES

- ✓ En el diseño y selección de las obras de arte es necesario contar con las experiencias de la tecnología de transporte de agua de riego por canales porque utilizando gráficos o tablas el diseño es más ágil, que cuando se diseña con un procedimiento netamente algebraico. Además, el uso de hojas de cálculo en Excel es una herramienta importante cuando se trata del seguimiento al diseño de canales de gran envergadura. Sin embargo, dado la responsabilidad es recomendable asegurarse de tales herramientas virtuales estén homologadas.
- ✓ Para el diseño de las obras de arte existen datos y métodos experimentales como es el caso lo que ofrece Manning, Horton u otros. Sin embargo, el coeficiente de rugosidad del suelo por donde debe pasar el canal no son homogéneos, más bien son heterogéneos. No existen terrenos que contienen el mismo material en el suelo y por tanto la misma rugosidad. En el análisis de campo se encuentran con rocas solidas o rocas areniscas, suelo con tierra arcillosa, tierra negra, tierras de arenas; pero también una combinación entre ellas.
- ✓ En el cálculo para diseño de obras de arte se encontró similitud metodológica entre ellas. Por un lado, hay métodos de cálculo con ábacos, diagramas, tablas o similares y resulta realizarlo sin mayor dificultad. Pero también, está el método netamente algebraico que se demora más, pero también es una opción muy confiable.
- ✓ En el diseño del puente canal o canoa se encontró similitud en sus cálculos con el diseño de las rápidas. Con las rápidas se construye para vencer saltos en el trayecto del canal porque se usa cuando hay necesidad de cambios bruscos en la pendiente de diseño del canal. Es decir, el puente canal mantiene su pendiente de diseño a la entrada y a la salida para pasar una zona accidentada como quebradas o paso de caminos. La similitud esta por el lado que ambas estructuras usan transiciones de entrada y salida, con un canal reducido intermedio para evitar derrames por la curva del remanso.

RECOMENDACIONES

- ✓ Los resultados que se obtienen mediante cálculos usando graficas o constantes tabuladas deben ser comprobados y no solo guiarse por la comodidad de cálculos con métodos netamente algebraicos o netamente con datos gráficos o tabulados. Realizar un contraste de información seria lo indicado.
- ✓ Para el diseño de las obras de arte se debe analizar experimentalmente el coeficiente de rugosidad del suelo por donde debe pasar el canal. Generalmente no existen terrenos que contienen el mismo material en el suelo por donde pasara el canal. Siendo muy dificil encontrar el mismo suelo en todo lugar, es necesario comprobar experimentalmente el coeficiente de rugosidad de Manning promedio para el éxito del diseño o la obra.
- ✓ En el diseño y selección de las obras de arte es necesario contar con las experiencias de la tecnología de transporte de agua de riego por canales; porque utilizando gráficos o tablas el diseño es más ágil, que cuando se diseña con un procedimiento netamente algebraico. Además, el uso de hojas de cálculo en Excel es una herramienta importante cuando se trata del seguimiento al diseño de canales de gran envergadura. Sin embargo, dado la responsabilidad es recomendable asegurarse de tales herramientas virtuales estén homologadas.
- ✓ Se recomienda utilizar las transiciones solo rectas para obras de pequeña o mediana envergadura, pero para obras de gran escala es necesario comprobar las limitaciones de las rectas o adoptar necesariamente las curvas. Además, es recomendable realizar ensayos de laboratorio para estar seguro con el uso de constantes hidráulicas que requiere el cálculo. Por eso se construye el proyecto a pequeña escala para asegurar cálculos seguros y obras construidas propios para cada caso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1.- A.N.A. (01 de 12 de 2010). Autoridad Nacional del Agua. Obtenido de Autoridad Nacional del Agua: www.ana.gob.pe/
- 2.- Aguirre Pe, J. (1974). Hidráulica de canales. Mérida, Venezuela: Centro Interamericano de Desarrollo de Aguas y Tierras – CIDIAT.
- 3.- Alimentación, M. d. (1978). Ministerio de Agricultura y Alimentación, Consideraciones Generales sobre Canales Trapezoidales. Lima-Perú: Boletín Técnico N° 7.
- 4.- Ander-Egg, E. (1993). Técnicas de investigación social Humanitas, Buenos Aires, 1983. Buenos Aires: Umanitas.
- 5.- Billón Béjar, M. (2005). Diseño de estructuras hidráulicas. Costa Rica: Villón.
- 6.- Krochin Sviatos, I. (1978). Diseño Hidráulico. Moscú: Ed. M IR.
- 8.- L. Mott, R. (1996). Mecánica de Fluidos Aplicada. México: Editorial Pearson Educación.
- 9.- Losada, A. (1997). Glosario sobre sistemas de riego. Ingeniería del agua, 55-68.
- 12.- Palomino Bendezú, J. (2003). Diseño hidráulico de una rápida para el proyecto: construcción del canal principal de Fortaleza, distrito Congas, provincia Ocos, Región Ancash. Lima, Perú: UNMSM. Biblioteca Central.
- 13.- Rodríguez Ruiz, P. (11 de 11 de 2010). Civilgeeks. Obtenido de Civilgeeks: <https://civilgeeks.com/2010/11/10/clasificacion-del-flujo-en-canales-abiertos/>
- 14.- Tello Sánchez, P. y. (2016). Estudio hidrológico y diseño hidráulico de obras de captación y conducción para la implementación de un nuevo sistema de riego en una tierra de cultivo para palta en el distrito de Luricocha de la provincia de Huanta – departamento de Ayacucho. Lima, Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- 15.- Villón Béjar, M. (1981). Hidráulica de canales Dpto. De Ingeniería Agrícola. Lima, Perú: Instituto Tecnológico de Costa Rica, Editorial Hozlo.

- 16.- Wikipedia. (4 de 8 de 2014). Wikipedia, la enciclopedia libre. Recuperado el 4 de 4 de 2018, de Wikipedia, la enciclopedia libre.: https://es.wikipedia.org/wiki/Flujo_uniforme
- 17.- Guadarrama González, P. (2008). Fundamentos filosóficos y epistemológicos de la investigación. Cuba: Academia de Ciencias de Cuba, Centro de Estudios Miguel Enríquez.

ANEXOS

ANEXO N° 1. Matriz de coherencia.

ANEXO N° 2. Matriz de consistencia.

ANEXO N° 3. Matriz de diseño metodológico.

ANEXO N° 4. Matriz de Operacionalización de variables.

ANEXO N° 5. Matriz de definiciones conceptuales

ANEXO N° 6. Matriz de soporte teórico.

ANEXO N° 7. Plano de diseño de la rápida

ANEXO N° 8. Validaciones.

ANEXO N° 9. Planos

ANEXO 1: MATRIZ DE COHERENCIA

TITULO : USO DE OBRAS DE ARTE PARA MEJORAR LOS SISTEMAS DE RIEGO DE LA CUENCA DEL RIO CUNAS DE LA PROVINCIA DE CHUPACA.
 RESPONSABLE : BACH. LUIS BARTOLOMÉ HUAMAN HUAMANO

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL
¿Qué obras de arte se deben usar para mejorar los sistemas de riego de la cuenca del Rio Cunas de la Provincia de Chupaca?	Determinar las obras de arte que se deben usar para mejorar los sistemas de riego de la cuenca del Rio Cunas de la Provincia de Chupaca.	Las obras de arte de control de pendientes, de paso de quebradas y medidores de caudal se deben usar para mejorar los sistemas de riego de la cuenca del Rio Cunas de la Provincia de Chupaca.
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS
a) ¿Qué obras de arte de control de pendientes se debe usar para mejorar los sistemas de riego de la cuenca del Rio Cunas de la Provincia de Chupaca?	a) Determinar las obras de arte de control de pendientes que se debe usar para mejorar los sistemas de riego de la cuenca del Rio Cunas de la Provincia de Chupaca.	a) Las obras de arte de control de pendientes se deben usar para mejorar los sistemas de riego de la cuenca del Rio Cunas de la Provincia de Chupaca.
b) ¿Qué obras de arte de paso de quebradas se debe usar para mejorar los sistemas de riego de la cuenca del Rio Cunas de la Provincia de Chupaca?	b) Determinar las obras de arte de paso de quebradas que se debe usar para mejorar los sistemas de riego de la cuenca del Rio Cunas de la Provincia de Chupaca.	b) Las obras de arte de paso de quebradas se deben usar para mejorar los sistemas de riego de la cuenca del Rio Cunas de la Provincia de Chupaca.
c) ¿Qué obras de arte medidores de caudal se debe usar para mejorar los sistemas de riego de la cuenca del Rio Cunas de la Provincia de Chupaca?	c) Determinar las obras de arte medidores de caudal que se debe usar para mejorar los sistemas de riego de la cuenca del Rio Cunas de la Provincia de Chupaca.	c) Las obras de arte medidores de caudal se deben usar para mejorar los sistemas de riego de la cuenca del Rio Cunas de la Provincia de Chupaca.

ANEXO 2: MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO : USO DE OBRAS DE ARTE PARA MEJORAR LOS SISTEMAS DE RIEGO DE LA CUENCA DEL RIO CUNAS DE LA PROVINCIA DE CHUPACA.
 RESPONSABLE : BACH. LUIS BARTOLOMÉ HUAMAN HUAMAN

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA
GENERAL ¿Qué obras de arte se debe usar para mejorar los sistemas de riego de la cuenca del Rio Cunas de la Provincia de Chupaca?	GENERAL Determinar las obras de arte que se debe usar para mejorar los sistemas de riego de la cuenca del Rio Cunas de la Provincia de Chupaca.	GENERAL Las obras de arte de control de pendientes, de paso de quebradas y medidoras de caudal se deben usar para mejorar los sistemas de riego de la cuenca del Rio Cunas de la Provincia de Chupaca.	Independiente: X = Uso de obras de arte Dependiente: Y = Mejora de los sistemas de riego	X ₁ = Obras de control de pendientes. X ₂ = Obras de paso de quebradas X ₃ = Obras medidoras de gasto. Y = f (X ₁ , X ₂ , X ₃)	Tipo de Investigación: Aplicada. Nivel de Investigación: Descriptiva Método de la Investigación: Inductivo – Deductivo, lógico. Diseño de la investigación: Por objetivos Población y muestra: Solo la cuenca del rio Cunas, entonces se trata de estudios de caso único. Instrumentos: Fichas de registro, fichas de Observación Fuentes: impresas y digitales de reconocidas editoriales y de primer orden
ESPECÍFICOS a) ¿Qué obras de arte de control de pendientes se debe usar para mejorar los sistemas de riego de la cuenca del Rio Cunas de la Provincia de Chupaca?	ESPECÍFICOS a) Determinar las obras de arte de control de pendientes que se debe usar para mejorar los sistemas de riego de la cuenca del Rio Cunas de la Provincia de Chupaca.	ESPECÍFICAS a) Las obras de arte de control de pendientes se deben usar para mejorar los sistemas de riego de la cuenca del Rio Cunas de la Provincia de Chupaca.	Independiente X ₁ = Obras de control de pendientes Dependiente: Y ₁ = Mejora de los sistemas de riego	X ₄ = Caídas X ₅ = Rápidas Y ₁ = f (X ₄ , X ₅)	
b) ¿Qué obras de arte de paso de quebradas se debe usar para mejorar los sistemas de riego de la cuenca del Rio Cunas de la Provincia de Chupaca?	b) Determinar las obras de arte de paso de quebradas que se debe usar para mejorar los sistemas de riego de la cuenca del Rio Cunas de la Provincia de Chupaca.	b) Las obras de arte de paso de quebradas se deben usar para mejorar los sistemas de riego de la cuenca del Rio Cunas de la Provincia de Chupaca.	Independiente: X ₂ = Obras de paso de quebradas. Dependiente: Y ₂ = Mejora de los sistemas de riego	X ₆ = Canoas X ₇ = Sifón invertido Y ₂ = f (X ₆ , X ₇)	
c) ¿Qué obras de arte medidoras de caudal se debe usar para mejorar los sistemas de riego de la cuenca del Rio Cunas de la Provincia de Chupaca?	c) Determinar las obras de arte medidoras de caudal que se debe usar para mejorar los sistemas de riego de la cuenca del Rio Cunas de la Provincia de Chupaca.	c) Las obras de arte medidoras de caudal se deben usar para mejorar los sistemas de riego de la cuenca del Rio Cunas de la Provincia de Chupaca.	Independiente: X ₃ = Obras medidoras de caudal Dependiente: Y ₃ = Mejora de los sistemas de riego	X ₈ = Transiciones X ₉ = Toma lateral Y ₃ = f (X ₈ , X ₉)	

ANEXO N° 3: MATRIZ DE DISEÑO METODOLÓGICO

TITULO : USO DE OBRAS DE ARTE PARA MEJORAR LOS SISTEMAS DE RIEGO DE LA CUENCA DEL RIO CUNAS DE LA PROVINCIA DE CHUPACA
 RESPONSABLE : BACH. LUIS BARTOLOMÉ HUAMAN HUAMAN

HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
Las obras de arte de control de pendientes, de paso de quebradas y medidores de caudal se deben usar para mejorar los sistemas de riego de la cuenca del Río Cunas de la Provincia de Chupaca.	Variable independiente: V.I. Uso de obras de arte	1) Obras de control de nivel.	1) Caídas
			2) Rápidas
		2) Obras de control de paso de quebradas.	3) Canoas
			4) Sifón invertido
	Variable dependiente: V.D. Mejora de los sistemas de riego	3) Obras medidoras de caudal.	5) Transiciones
			6) Toma lateral
		4) Caudal de diseño.	7) Erosión de las paredes internas del canal
			8) Partículas suspendidas en el fluido

Comentario: La tabla indica que la investigación tiene una hipótesis general, dos variables, cuatro dimensiones y nueve indicadores. Por tanto, los resultados estarán orientados a la aplicación adecuada de esta propuesta para mejorar los sistemas de riego

ANEXO N° 4: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

TITULO : USO DE OBRAS DE ARTE PARA MEJORAR LOS SISTEMAS DE RIEGO DE LA CUENCA DEL RIO CUNAS DE LA PROVINCIA DE CHUPACA
 RESPONSABLE : BACH. LUIS BARTOLOMÉ HUAMAN HUAMAN

HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
Las obras de arte de control de pendientes, de paso de quebradas y medidores de caudal se deben usar para mejorar los sistemas de riego de la cuenca del Rio Cunas de la Provincia de Chupaca.	Variable independiente: X = Uso de obras de arte	X ₁ = Obras de control de nivel X ₁ = f (X ₄ , X ₅)	X ₄ = Caídas
			X ₅ = Rápidas
		X ₂ = Obras de paso de quebradas X ₂ = f (X ₆ , X ₇)	X ₆ = Canoas
			X ₇ = Sifón invertido
		X ₃ = Obras medidores de caudal X ₃ = f (X ₈ , X ₉)	X ₈ = Transiciones
			X ₉ = Toma lateral
	Variable dependiente: Y = Mejora de los sistemas de riego	Y = Caudal de diseño. Y = f (X ₁ , X ₂ , X ₃) Y = f (X ₄ , X ₅ , X ₆ , X ₇ , X ₈ , X ₉) Y = f (Y ₁ , Y ₂)	Y ₁ = Erosión de las paredes internas del canal
			Y ₂ = Partículas suspendidas en el fluido

ANEXO N° 5: MATRIZ DE DEFINICIÓN CONCEPTUAL

TITULO : USO DE OBRAS DE ARTE PARA MEJORAR LOS SISTEMAS DE RIEGO DE LA CUENCA DEL RIO CUNAS DE LA PROVINCIA DE CHUPACA

RESPONSABLE : BACH. LUIS BARTOLOMÉ HUAMAN HUAMAN

HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
Las obras de arte de control de pendientes, de paso de quebradas y medidores de caudal se deben usar para mejorar los sistemas de riego de la cuenca del Rio Cunas de la Provincia de Chupaca.	Variable independiente: X = Uso de obras de arte	1) Obras de control de nivel. Son construcciones que permiten mantener constante la pendiente de diseño del canal en función a las recomendaciones técnicas de la hidráulica de canales.	1) Cáidas. Son estructuras hidráulicas que se utilizan para conectar dos tramos que tienen un desnivel pronunciado para una longitud corta. Dos o más caídas pueden formar parte de una rápida.
		2) Obras de control de paso de quebradas. Es para que el canal pase de un lado a otro cuando encuentre un vacío en el terreno para el paso del canal	2) Rápidas. Son estructuras hidráulicas en plano inclinado y de acuerdo al cambio de pendiente que se debe enfrentar para la continuidad de construcción del canal. Pueden ser tipo graderías, de caídas o superficie inclinada lisa.
			3) Canoas o puente canal Conocidas como puente canal, sirven para pasar un accidente geográfico tipo quebradas o cursos de escurrimientos naturales y estacionarios de gran volumen que podrían afectar a la continuidad de la construcción del canal.
		Variable dependiente: Y= Mejora de los sistemas de riego.	3) Obras medidoras de caudal. Son construcciones hidráulicas en el curso el canal para medir el racionamiento del fluido para cada necesidad de los regantes. La ausencia de estas obras conlleva a reclamos de un supuesto mal manejo del caudal.
	5) Transiciones. Obras hidráulicas utilizadas para el cambio de la sección transversal del canal con una forma alabeada o prismática recta. Se utiliza como disipador de energía o como medidor de caudal utilizando la diferencia de tirantes.		
	1) Caudal de diseño. Es la variable del volumen de agua que debe abastecer el proyecto del sistema de riego. Al aumentar o disminuir la longitud del canal para superar un cambio brusco de pendiente o un accidente superficial que impide la continuidad del paso de la solera del canal.		6) Toma lateral. Esta obra se utiliza para abastecimiento secundario o poco caudal donde la medida de tirantes nos da información del caudal que se puede abastecer.
			7) Erosión de las paredes internas del canal. Presencia de rugosidades en las paredes internas del canal que afectan a la estructura física y el gasto. Puede llegar a postergar el uso del canal, es decir, destrucción del canal. Esto se debe cuando la velocidad del fluido no es controlada por los parámetros de diseño técnicamente establecidos o recomendados.
			8) Partículas suspendidas en el fluido. El fluido a pesar de haber pasado por un desarenador o similares, siempre lleva finas partículas en suspensión que, debido a una baja velocidad uniforme del fluido, tales partículas, se precipitan al fondo del canal y con el pasar del tiempo se forman altos volúmenes de lodo, cuyo mantenimiento es costoso e interrumpe el abastecimiento de agua de riego.

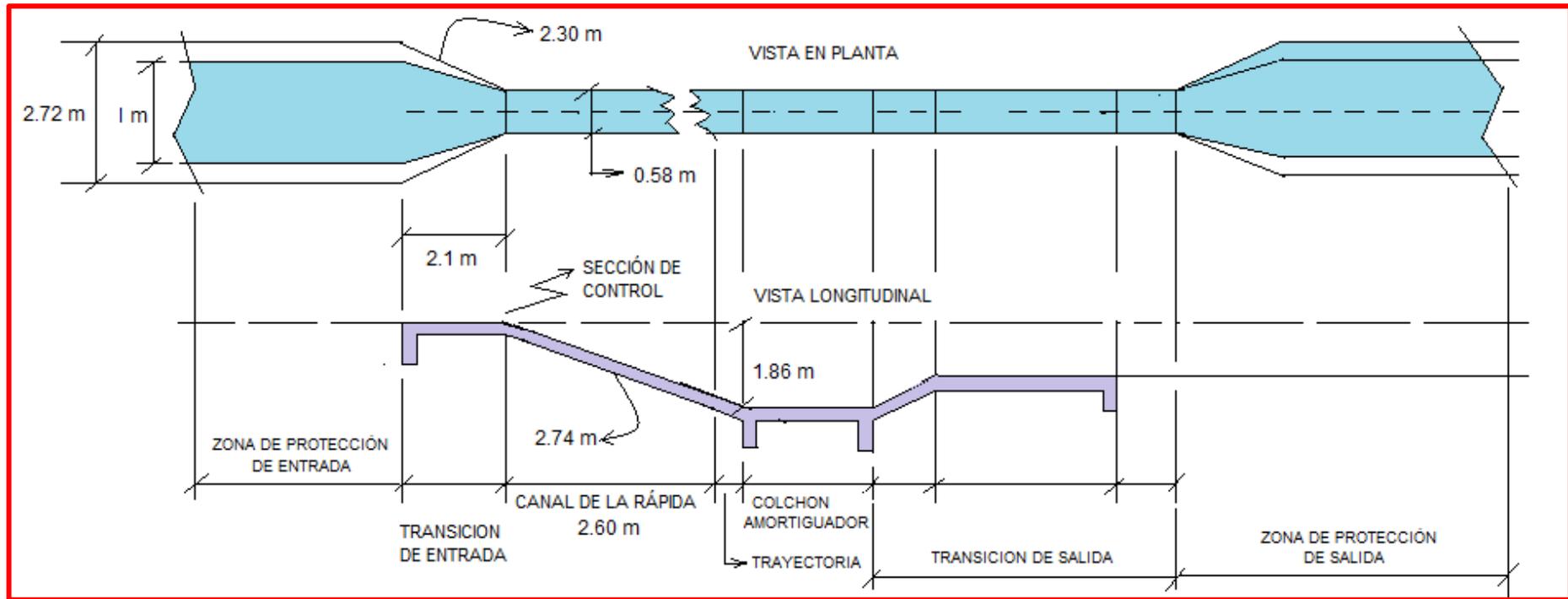
Después de la revisión bibliográfica se define cada variable, cada dimensión y cada indicador; de manera conceptual, es decir, definiciones propias del investigador.

ANEXO N° 6: MATRIZ DE SOPORTE TEÓRICO

TITULO : USO DE OBRAS DE ARTE PARA MEJORAR LOS SISTEMAS DE RIEGO DE LA CUENCA DEL RIO CUNAS DE LA PROVINCIA DE CHUPACA.
 RESPONSABLE: BACH. LUIS BARTOLOMÉ HUAMAN HUAMAN

HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
Las obras de arte de control de pendientes, de paso de quebradas y medidores de caudal se deben usar para mejorar los sistemas de riego de la cuenca del Rio Cunas de la Provincia de Chupaca.	1.2.1. Uso de obras hidráulicas	1.2.1.1. Obras de control de pendiente.	a) Caídas
			b) Rápidas
		1.2.1.2. Obras de paso de quebradas.	a) Canoas
			b) Sifón invertido
		1.2.1.3. Obras medidoras de caudal	a) Transiciones.
			b) Tomas laterales.
	1.2.2. Mejora de los sistemas de riego	2.2.2.2. Caudal de diseño esperado.	a) Erosión de paredes internas en un canal.
			b) Precipitación partículas en suspensión.

ANEXO N° 7: DISEÑO DE LA CAIDA CON TRANSICIÓN RECTA DE ENTRADA Y SALIDA. COLCHÓN AMORTIGUADOR.



Fuente: Autoría propia.

ANEXO N° 8: VALIDACIONES

📄 Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

—
□
×

Lugar: <input type="text" value="HUARISCA-CHUPACA"/>	Proyecto: <input type="text" value="USO DE OBRAS DE ARTE P"/>
Tramo: <input type="text" value="Km 00+00 al Km 01+00"/>	Revestimiento: <input type="text" value="CONCRETO"/>

Datos:		
Caudal (Q):	<input type="text" value="0.750"/> m3/s	
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="1"/> m	
Talud (Z):	<input type="text" value="1"/>	
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.003"/>	
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.003"/> m/m	

Resultados:			
Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.860"/>	m	
Area hidráulica (A):	<input type="text" value="1.5990"/>	m ²	Perímetro (p): <input type="text" value="1.4174"/> m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="2.720"/>	m	Radio hidráulico (R): <input type="text" value="0.1195"/> m
Número de Froude (F):	<input type="text" value="3.9105"/>		Velocidad (v): <input type="text" value="4.4289"/> m/s
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Supercrítico"/>		Energía específica (E): <input type="text" value="1.1473"/> m-Kg/Kg

 Calcular	 Limpiar Pantalla	 Imprimir	 Menú Principal	 Calculadora
--------------	----------------------	--------------	--------------------	-----------------

Ingresar el tipo de material del canal

18:49
09/07/2021

Lugar:

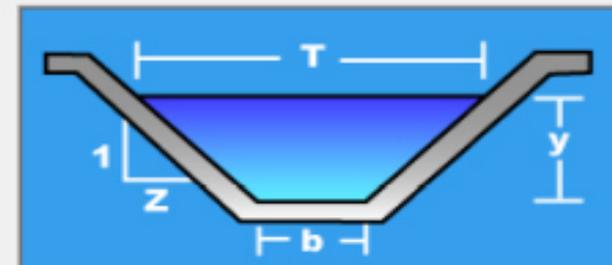
Proyecto:

Tramo:

Revestimiento:

Datos:

Caudal (Q): m³/s
 Ancho de solera (b): m
 Talud (Z):
 Rugosidad (n):
 Pendiente (S): m/m



Resultados:

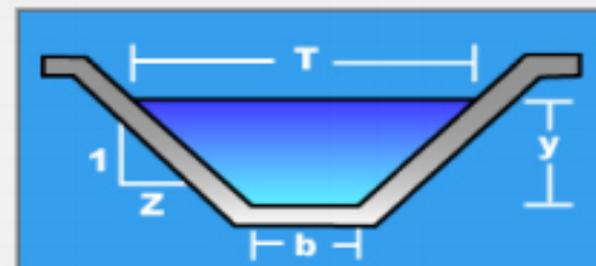
Tirante normal (y): <input type="text" value="0.860"/> m	Perímetro (p): <input type="text" value="1.4174"/> m
Área hidráulica (A): <input type="text" value="1.5990"/> m ²	Radio hidráulico (R): <input type="text" value="0.1195"/> m
Espejo de agua (T): <input type="text" value="2.720"/> m	Velocidad (v): <input type="text" value="4.4289"/> m/s
Número de Froude (F): <input type="text" value="3.9105"/>	Energía específica (E): <input type="text" value="1.1473"/> m-Kg/Kg
Tipo de flujo: <input type="text" value="Supercrítico"/>	

Lugar: **HUARISCA-CHUPACA**
 Tramo: **Km 03+00 al Km 04+00**

Proyecto: **USO DE OBRAS DE ARTE P.**
 Revestimiento: **CONCRETO**

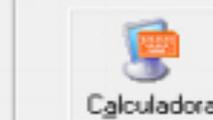
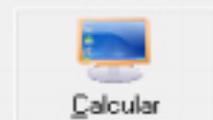
Datos:

Caudal (Q): **0.750** m³/s
 Ancho de solera (b): **1** m
 Talud (Z): **1**
 Rugosidad (n): **0.003**
 Pendiente (S): **0.003** m/m



Resultados:

Tirante normal (y):	0.860 m	Perímetro (p):	1.4174 m
Area hidráulica (A):	1.5990 m ²	Radio hidráulico (R):	0.1195 m
Espejo de agua (T):	2.720 m	Velocidad (v):	4.4289 m/s
Número de Froude (F):	3.9105	Energía específica (E):	1.1473 m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico		



Retorna al Menú principal

18:55

09/07/2021

Lugar: **HUARISCA-CHUPACA**

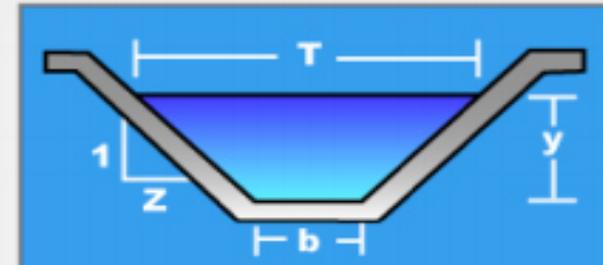
Proyecto: **USO DE OBRAS DE ARTE P.**

Tramo: **Km 04+00 al Km 05+00**

Revestimiento: **CONCRETO**

Datos:

Caudal (Q): m³/s
 Ancho de solera (b): m
 Talud (Z):
 Rugosidad (n):
 Pendiente (S): m/m



Resultados:

Tirante normal (y): <input type="text" value="0.860"/> m	Perímetro (p): <input type="text" value="1.4174"/> m
Área hidráulica (A): <input type="text" value="1.5990"/> m ²	Radio hidráulico (R): <input type="text" value="0.1195"/> m
Espejo de agua (T): <input type="text" value="2.720"/> m	Velocidad (v): <input type="text" value="4.4289"/> m/s
Número de Froude (F): <input type="text" value="3.9105"/>	Energía específica (E): <input type="text" value="1.1473"/> m-Kg/Kg
Tipo de flujo: <input type="text" value="Supercrítico"/>	



Lugar: **HUARISCA-CHUPACA**

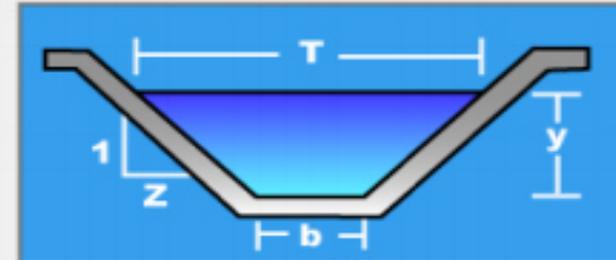
Proyecto: **USO DE OBRAS DE ARTE P...**

Tramo: **Km 04+00 al Km 05+00**

Revestimiento: **CONCRETO**

Datos:

Caudal (Q): m³/s
 Ancho de solera (b): m
 Talud (Z):
 Rugosidad (n):
 Pendiente (S): m/m



Resultados:

Tirante normal (y): <input type="text" value="0.860"/> m	Perímetro (p): <input type="text" value="1.4174"/> m
Area hidráulica (A): <input type="text" value="1.5990"/> m ²	Radio hidráulico (R): <input type="text" value="0.1195"/> m
Espejo de agua (T): <input type="text" value="2.720"/> m	Velocidad (v): <input type="text" value="4.4289"/> m/s
Número de Froude (F): <input type="text" value="3.9105"/>	Energía específica (E): <input type="text" value="1.1473"/> m-Kg/Kg
Tipo de flujo: <input type="text" value="Supercrítico"/>	



Ingresar el tipo de material del canal

18:57

09/07/2021

Lugar: **HUARISCA-CHUPACA**

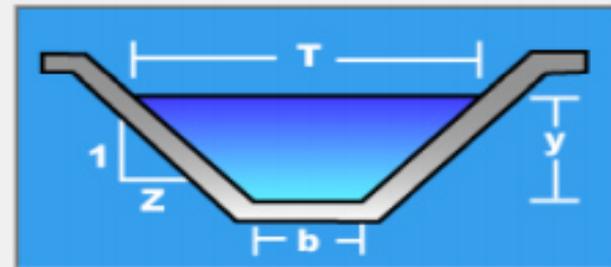
Proyecto: **USO DE OBRAS DE ARTE P**

Tramo: **Km 05+00 al Km 06+684**

Revestimiento: **CONCRETO**

Datos:

Caudal (Q): m³/s
 Ancho de solera (b): m
 Talud (Z):
 Rugosidad (n):
 Pendiente (S): m/m

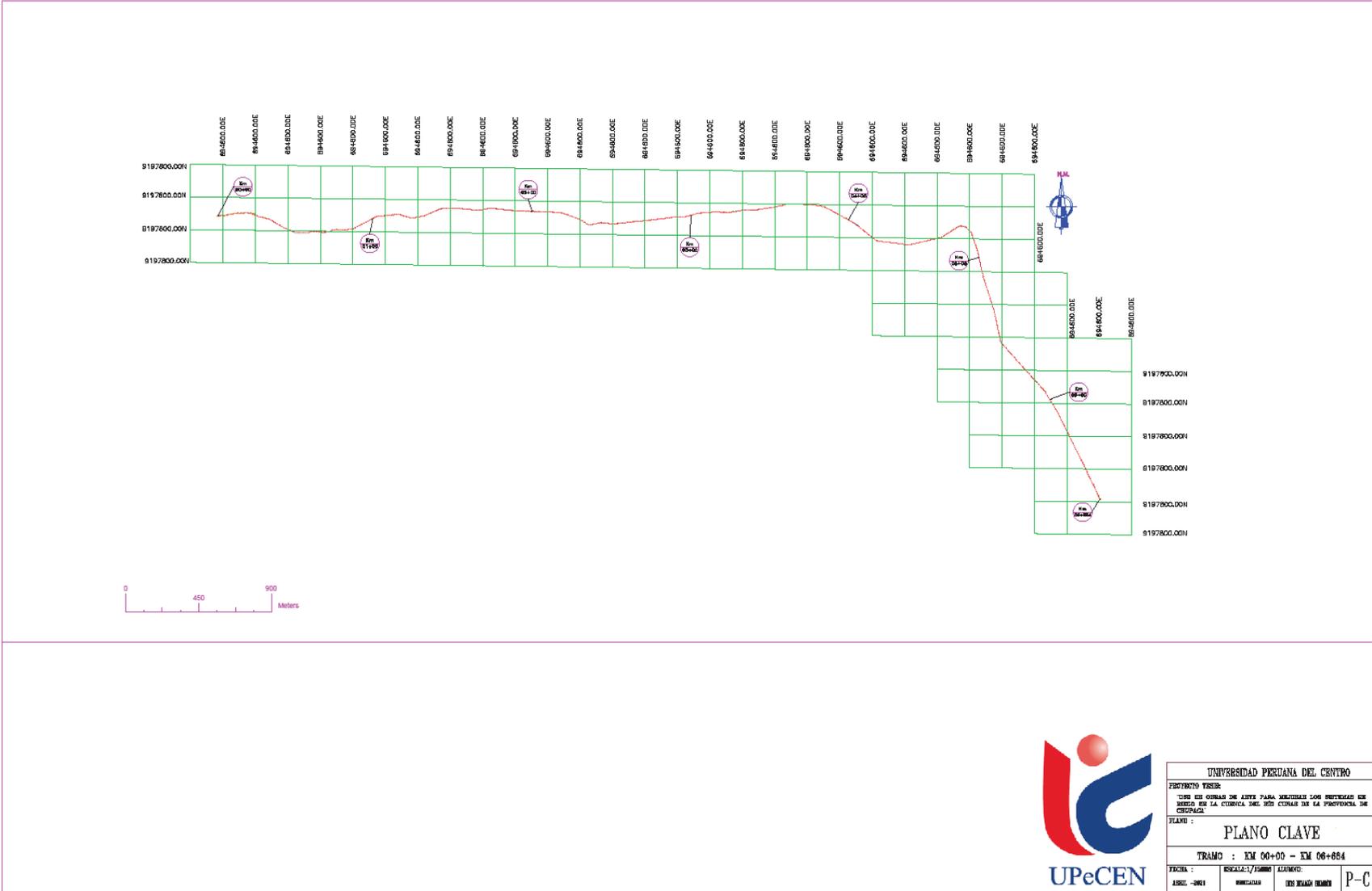


Resultados:

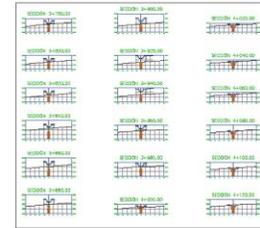
Tirante normal (y): <input type="text" value="0.860"/> m	Perímetro (p): <input type="text" value="1.4174"/> m
Área hidráulica (A): <input type="text" value="1.5990"/> m ²	Radio hidráulico (R): <input type="text" value="0.1195"/> m
Espejo de agua (T): <input type="text" value="2.720"/> m	Velocidad (v): <input type="text" value="4.4289"/> m/s
Número de Froude (F): <input type="text" value="3.9105"/>	Energía específica (E): <input type="text" value="1.1473"/> m-Kg/Kg
Tipo de flujo: <input type="text" value="Supercrítico"/>	



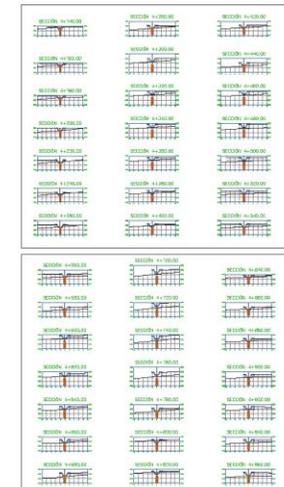
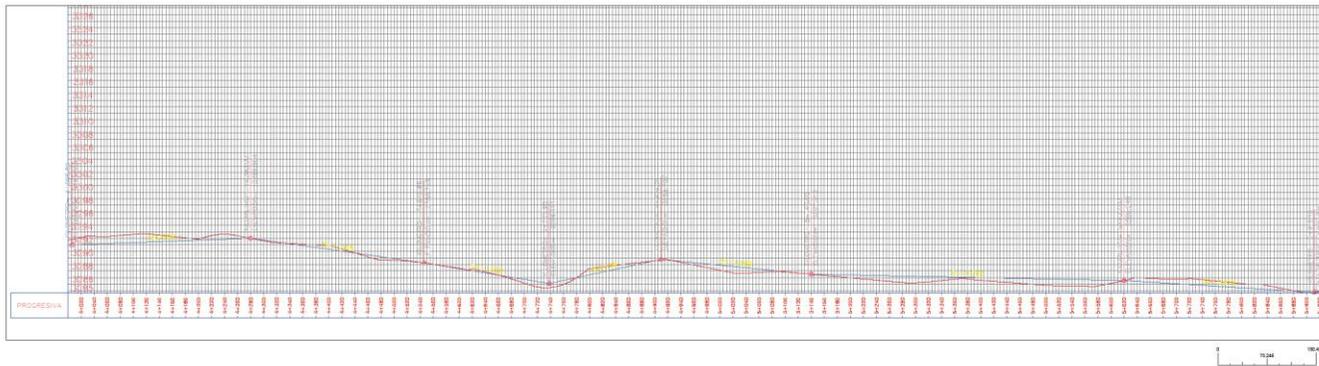
ANEXO N° 9 : PLANOS



PLANO: PROYECTO CANAL CHUPACA

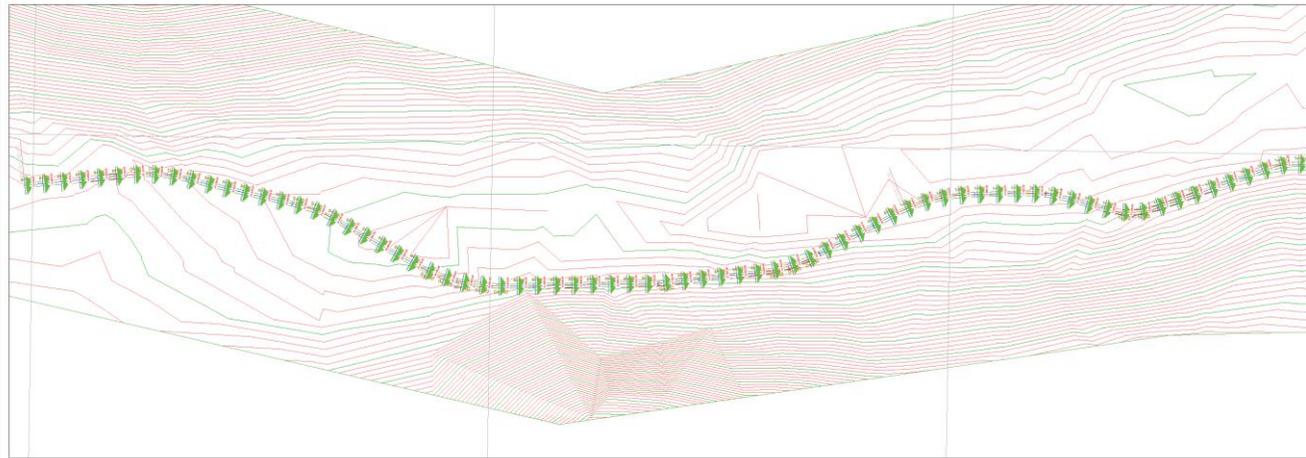


PLANO DE UBICACIÓN

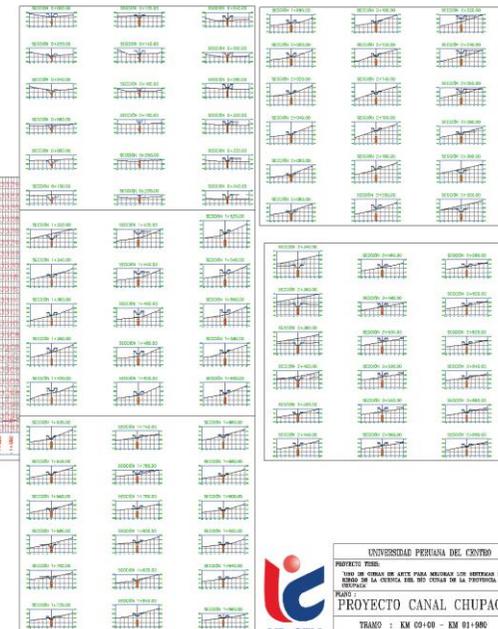
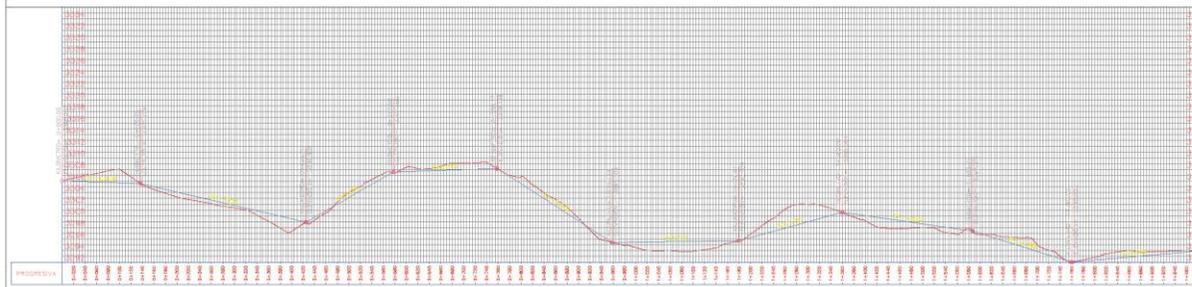


UNIVERSIDAD PERUANA DEL CENTRO			
PROYECTO TESIS:			
USO DE OBRAS DE ARTE PARA MEJORAR LOS SISTEMAS DE RIEGO DE LA CUENCA DEL RIO CUNAS DE LA PROVINCIA DE CHUPACA			
PLANO :			
PROYECTO CANAL CHUPACA			
TRAMO : KM 04+20 - KM 05+980			
FECHA :	ESCALA :	ALUMNO:	P-03
ABRIL -2021	INDICADAS	LUIS HUAMAN HUAMAN	

PLANO: PROYECTO CANAL CHUPACA



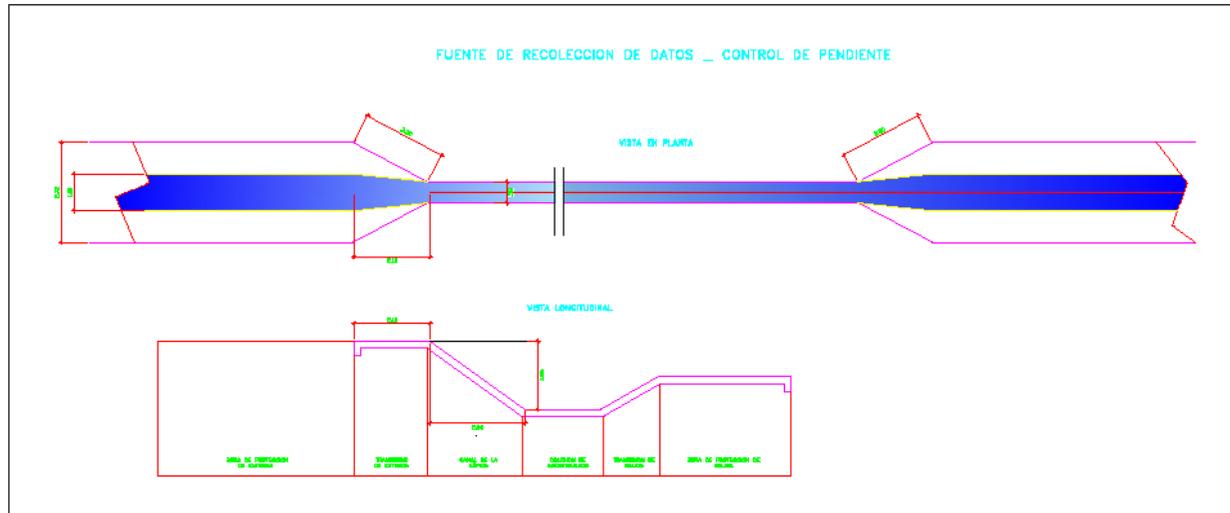
PLANO DE UBICACIÓN



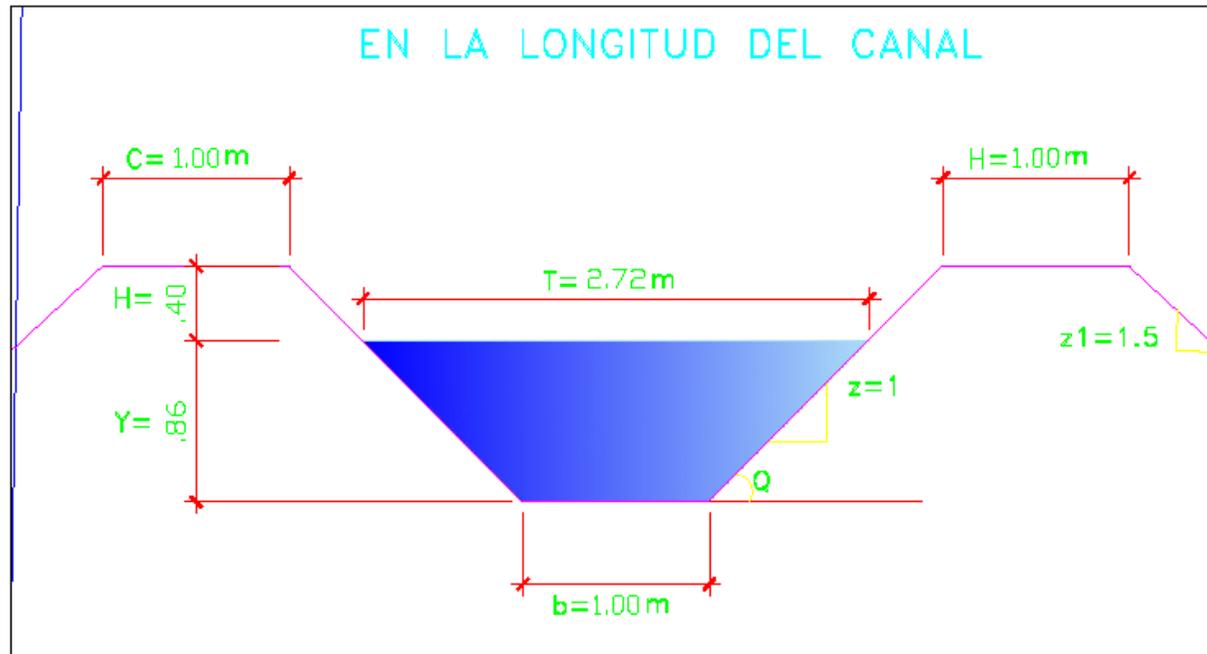
ESTACION	1+000	1+050	1+100	1+150	1+200	1+250	1+300	1+350	1+400	1+450	1+500	1+550	1+600	1+650	1+700	1+750	1+800	1+850	1+900																	
PROFUNDIDAD	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30	1.40	1.50	1.60	1.70	1.80	1.90	2.00	2.10	2.20	2.30	2.40	2.50	2.60	2.70	2.80	2.90	3.00	3.10	3.20	3.30	3.40	3.50	3.60	3.70	3.80	3.90	4.00



UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS
 PROYECTO TÍTULO:
 TÍTULO DE INGENIERO EN AGRI-CULTURA PARA ANALIZAR UN SISTEMA DE REGADÍO EN LA CUENCA DEL RÍO CHUPACA DE LA PROVINCIA DE HUANCA
 PLANO:
 PROYECTO CANAL CHUPACA
 TRAMO : KM 00+00 - KM 01+00
 ESCALA : 1:1000
 FECHA : 2020
 INGENIERO : DR. RAYDAN RAMOS
 P-01

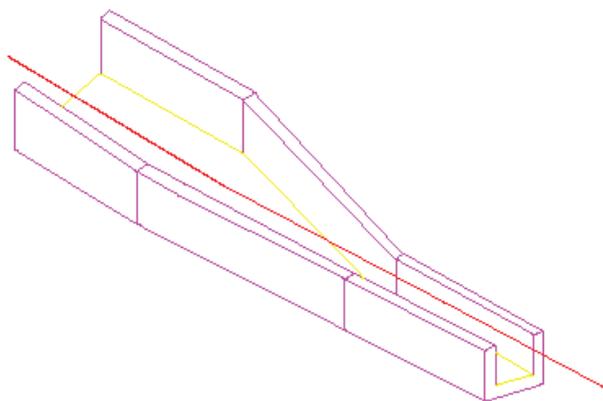
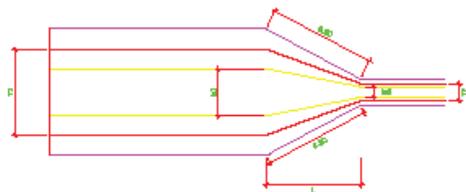


 UPeCEN	UNIVERSIDAD PERUANA DEL CENTRO		
	PROYECTO: PROYECTO: "CANAL DE RIEGO CHUPACA "		
	PLANO : SECCIONES TIPICAS		
	TRAMO : KM 00+00 - KM 04+525		
FECHA : JULIO 2020	ESCALA : 1/100 INDICADAS	CONSULTOR : [-----]	D-01

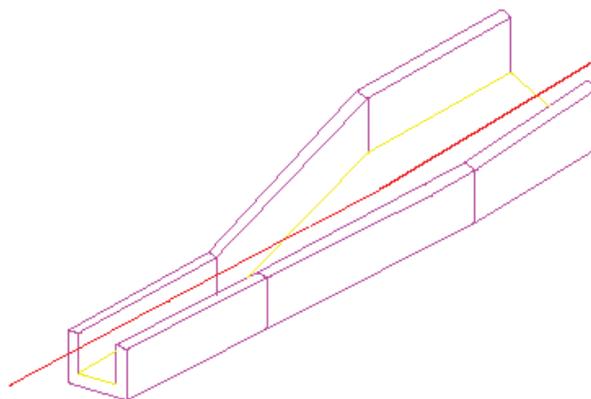
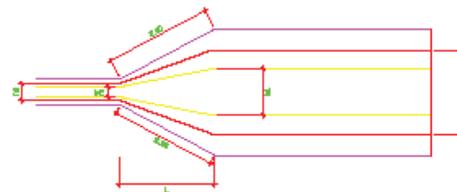


 UPeCEN	UNIVERSIDAD PERUANA DEL CENTRO		
	PROYECTO: PROYECTO: "CANAL DE RIEGO CHUPACA "		
	PLANO : SECCIONES TIPICAS		
	TRAMO : KM 00+00 - KM 04+525		
FECHA : JULIO 2020	ESCALA : 1/25 INDICADAS	CONSULTOR : -----	D-01

VISTA EN LA PLANTA DE LA TRANSICIÓN RECTA DE ENTRADA



VISTA EN LA PLANTA DE LA TRANSICIÓN RECTA DE SALIDA



PROYECTO: UNIVERSIDAD PERUANA DEL CENTRO
 PROYECTO: "CAÑAL DE RIEGO CHUPACA "

PLANO :
SECCIONES TÍPICAS

TRAMO : KM 00+00 - KM 04+525

FECHA :
 JULIO 2020

ESCALA : 1/100
 INDICADAS

CONSULTOR :
 I-----

D-01