

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



---

**“DISEÑO HIDRÁULICO DE DOS RÁPIDAS Y TRANSICIONES, PARA EL  
MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO CASERÍO UCHUCUBAMBA,  
DISTRITO SITABAMBA, PROVINCIA SANTIAGO DE CHUCO”**

---

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL  
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: HIDRAULICA**

**AUTORES:**

**Br. THILA ANTUANET FLORES ABRILL**

**Br. ALEXANDER CARRASCO HERRERA**

**JURADO EVALUADOR:**

**Presidente: LUJÁN SILVA ENRIQUE FRANCISCO**

**Secretario: HENRIQUEZ ULLOA JUAN PAUL**

**Vocal: CABANILLAS QUIROZ GUILLERMO JUAN**

**ASESOR:**

**ING. MANUEL ALBERTO VERTIZ MALABRIGO**

**Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9168-8258>**

**TRUJILLO – PERÚ**

**2021**

**Fecha de Sustentación: 16/03/2022**



**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



---

**“DISEÑO HIDRÁULICO DE DOS RÁPIDAS Y TRANSICIONES,  
PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO CASERÍO  
UCHUCUBAMBA, DISTRITO SITABAMBA, PROVINCIA  
SANTIAGO DE CHUCO”**

---

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL  
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: HIDRAULICA**

**AUTORES:**

**Br. THILA ANTUANET FLORES ABRILL**

**Br. ALEXANDER CARRASCO HERRERA**

**ASESOR:**

**ING. MANUEL ALBERTO VERTIZ MALABRIGO**

**TRUJILLO – PERÚ**

**2021**

**Nº DE REGISTRO .....**

## **DEDICATORIA**

**A Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso de mi vida.**

**A mis queridos padres: JOSE y MOIKA quiénes me han guiado con sus consejos y apoyado con sabiduría, esfuerzo y dedicación durante todo el transcurso de mi carrera profesional en una Gran Universidad UPAO.**

**A mi hermana NEIDE; quien es un ejemplo y motivación para seguir adelante, lograr mis metas trazadas y a mi sobrina Avril por sentirme feliz de su existencia que conformamos un hogar unido y con muchas bendiciones.**

**A mi Abuelitos: GUILLERMO y ROSA; ANDRES y NANCY quienes son mi apoyo moral y emocional para lograr mis metas trazadas.**

**A ti amor JHORDY, por toda la fortaleza y amor que me brindaste y en especial a nuestro Ángel M.A.F.**

**THILA ANTUANET**

## **DEDICATORIA**

**A Dios**, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso de mi vida.

**A mis queridos padres: JOSE DEL CARMEN y JUANA IRENE** quiénes me han guiado con sus consejos y apoyado con sabiduría, esfuerzo y dedicación durante todo el transcurso de mi carrera profesional en una Gran Universidad UPAO.

**A mi hermana MARIA VICTORIA**, que sea un ejemplo de superación y desarrollo integral como persona y como profesional.

**ALEXANDER**

## **AGRADECIMIENTO**

### **A: DIOS:**

Por estar con nosotros en cada paso que damos, por fortalecer nuestro corazón e iluminar nuestra mente y por haber puesto en mi camino aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

### **A NUESTROS PADRES:**

Por todo su apoyo en cada momento de nuestra vida y en especial en nuestra formación profesional, por su apoyo moral y económico que nos permitió alcanzar ésta meta.

### **A NUESTROS DOCENTES:**

A nuestros docentes que con sus enseñanzas y conocimiento aportaron al desarrollo de nuestra formación profesional y personal.

### **A NUESTRO ASESOR DE TESIS**

A nuestro asesor el **Ing. Manuel Alberto Vertiz Malabrigo**, por su oportuna y valiosa asesoría, en el presente trabajo de investigación.

## RESUMEN

Las dos Rápidas y dos transiciones para el mejoramiento del sistema de riego Caserío Uchucubamba, distrito de Sitabamba, Provincia de Santiago de Chuco, como sistema de conducción en el esquema hidráulico de la infraestructura de riego se ubica dentro del esquema hidráulico a 2,586.41 m.s.n.m. para un caudal de 0.616 m<sup>3</sup>/s . Se han diseñado los siguientes componentes hidráulicos de la rápida: Un tramo de canal rectangular, la transición de entrada y sección de control, un tramo inclinado de sección rectangular de la rápida, la trayectoria, el tramo pronunciado de ingreso a la poza, la poza disipadora de sección trapezoidal y un canal con revestimiento con una sección de control terminal. Utilizando el software Rápidas v1.0, se ha simulado el escurrimiento y calculado las características del perfil hidráulico: velocidad, tirante, elevación del nivel de energía y tirantes conjugados antes y después del resalto hidráulico .Además, se han realizado las siguientes verificaciones al diseño hidráulico de la rápida, como: Verificación de flotación por efecto de la subpresión, Verificación del resalto hidráulico, Verificación de la Fuerza de deslizamiento, Verificación al efecto de tubificación y Verificación a la posibilidad de producción de ondas en la rápida. El diseño hidráulico de la rápida en Uchucubamba, permite concluir que a lo largo de un tramo inclinado de la sección rectangular de la rápida, se garantiza que no se presentará flujo inestable. La poza diseñada, controla el resalto hidráulico y no tiene problemas de flotación por efecto de la subpresión. Asimismo, en el diseño hidráulico dentro de lo posible se debe evitar la presencia de curvas horizontales en el trazo de la conducción.

Palabras Clave: Hidráulica, Diseño Hidráulico de dos Rápida y dos transiciones, Sistema de Riego Caserío Uchucubamba.

## **ABSTRACT**

the two fasts and two transitions, for the improvement of the irrigation system Caserío Uchucubamba, district of Sitabamba, Province of Santiago de Chuco, as a conduction system in the hydraulic scheme of the irrigation infrastructure is located within the hydraulic scheme at 2,586.41 m.a.s.l. for a flow rate of 0.616 m<sup>3</sup> / s. The following hydraulic components of the rapid have been designed: A section of rectangular channel, the transition of entrance and control section, an inclined section of rectangular section of the rapid, the trajectory, the pronounced section of entry to the pool, the pool Trapezoidal section heat sink and a lined channel with a terminal control section. Using the fasts v1.0 software, the runoff has been simulated and the characteristics of the hydraulic profile calculated: speed, tie, rise in energy level and conjugated tie rods before and after the hydraulic jump. In addition, the following verifications have been made to the hydraulic design of the rapid, such as: Verification of flotation due to the subpressure effect, Verification of the hydraulic jump, Verification of the sliding force, Verification of the effect of tubing and Verification of the possibility of production of waves in the rapid. The hydraulic design of the rapid in La Unión, allows to conclude that along an inclined section of the rectangular section of the rapid, it is guaranteed that there will not be unstable flow. The designed pool controls the hydraulic jump and does not have flotation problems due to the underpressure. Likewise, in the hydraulic design, as far as possible, the presence of horizontal curves in the line of the conduit should be avoided.

**Keywords:** Hydraulics, Hydraulic Design of two fasts and two transitions, Irrigation System Caserío Uchucubamba.



## **PRESENTACION A LOS MIEMBROS DE JURADO**

Señores Miembros del Jurado: Dando cumplimiento al Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada “Antenor Orrego”, para el título Profesional de Ingeniero Civil, es grato poner a vuestra consideración, la presente tesis titulada: **“DISEÑO HIDRÁULICO DE DOS RÁPIDAS Y TRANSICIONES, PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO CASERÍO UCHUCUBAMBA, DISTRITO SITABAMBA, PROVINCIA SANTIAGO DE CHUCO”**, con la convicción de alcanzar una justa evaluación y dictamen. Atentamente,

**Br. Thila Antuanet Flores Abril      Br. Alexander Carrasco Herrera**

Trujillo, Diciembre del 2021

## **JURADO EVALUADOR**

---

**ING. ENRIQUE FRANCISCO LUJÁN SILVA**  
**Presidente**

---

**ING. JUAN PAUL HENRIQUEZ ULLOA**  
**Secretario**

---

**ING. GUILLERMO JUAN CABANILLAS QUIROZ**  
**Vocal**

---

**ING. MANUEL ALBERTO VERTIZ MALABRIGO**  
**Asesor**

## INDICE GENERAL

|  |           |
|--|-----------|
| DEDICATORIA .....                                  | iv        |
| AGRADECIMIENTO .....                               | vi        |
| RESUMEN.....                                       | vii       |
| ABSTRACT .....                                     | viii      |
| PRESENTACION .....                                 | ix        |
| INDICE .....                                       | xi        |
| <b>I. INTRODUCCION.....</b>                        | <b>1</b>  |
| 1.1. Problema de investigación .....               | 1         |
| 1.2. Objetivos .....                               | 4         |
| 1.3. Justificación del estudio.....                | 5         |
| <b>II. MARCO DE REFERENCIA .....</b>               | <b>6</b>  |
| 2.1. Antecedentes del estudio .....                | 6         |
| 2.2. Marco Teórico .....                           | 13        |
| 2.3 Marco Conceptual .....                         | 35        |
| 2.4. Sistema de hipótesis.....                     | 54        |
| <b>III. METODOLOGIA EMPLEADA .....</b>             | <b>56</b> |
| 3.1. Tipo y nivel de investigación .....           | 56        |
| 3.2. Población y muestra de estudio .....          | 56        |
| 3.3. Diseño de Investigación .....                 | 56        |
| 3.4. Técnicas e instrumentos de investigación..... | 57        |
| 3.5. Procesamiento y análisis de datos.....        | 58        |
| <b>IV. PRESENTACION DE RESULTADOS.....</b>         | <b>59</b> |
| 4.1. Propuesta de investigación .....              | 60        |
| 4.2. Análisis e interpretación de resultados.....  | 77        |
| 4.3. Docimasia de hipótesis .....                  | 78        |
| <b>V. DISCUSION DE LOS RESULTADOS .....</b>        | <b>80</b> |
| <b>VI.CONCLUSIONES.....</b>                        | <b>82</b> |
| <b>VII.RECOMENDACIONES .....</b>                   | <b>83</b> |
| <b>VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>      | <b>84</b> |
| ANEXOS.....  | 86        |



# CAPITULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. Problema de Investigación

Según ANA, 2010: “La agricultura, considerada como una actividad primaria, siempre ha sido un buen índice del grado de desarrollo de un pueblo, porque es el sustento y la base de toda economía, no se conocen culturas que con una agricultura incipiente hayan alcanzado un alto grado de progreso. Es pues menester de los gobernantes que esta actividad este bien llevada, sin descuidar otras también importantes como la educación, salud, transporte, etc”.

“Nuestro país con una extensión territorial grande con respecto a su población no alcanza su auto abastecimiento debido a que la relación: área agrícola hombre es bajo; de allí el afán de extender nuestra frontera agrícola realizando Irrigaciones” (ANA.2009, P.95).

“El Canal Uchucubamba, se desarrolla en una extensión de 4.53 Km de longitud y tiene una capacidad de conducción de 200 lt/s. La canalización permitirá evitar las pérdidas por filtración, que en la acequia existente llegan hasta un 30% del volumen de agua que discurre por ella. Asimismo, posibilitará mejorar el riego de las tierras de cultivo que actualmente se encuentran sin sembríos” (ANA, 2021).

Según, ANA, (2021): “El canal actual del Caserío Uchucubamba es una acequia rústica construida sobre un relieve accidentado perteneciente a la cadena montañosa. La información geológica y los trabajos de reconocimiento de campo demuestran que hasta un 80% del suelo conformante es rocoso (roca dura o compacta, tipo andesita). El trazo se ha desarrollado sobre ese tipo de terreno, procurando sortear su relieve que es muy accidentado y de fuertes pendientes. Un nuevo trazo para corregir la pendiente a todo lo largo del canal implicaría un recorrido distinto, pero con las mismas características geológicas del terreno”.

Según ANA (2021) : “Mediante Resolución Jefatural se dictan los lineamientos que facilitan el proceso de reconocimiento y adecuación de las

organizaciones de usuarios de agua a la Ley N°30157, Ley de las Organizaciones de Usuarios de Agua y su Reglamento, aprobado con D.S. N° 005-2015-MINAGRI; Que, mediante escrito del visto, solicitan reconocimiento del Domiciliado en el caserío Uchucubamba, Distrito de Sitabamba, Provincia de Santiago de Chuco, Departamento la Libertad”.

El INEI, 2021 indica: “En el caserío de Uchucubamba, Distrito de Sitabamba, según características rurales (67.88% de la población), el nivel de pobreza es de 36.2% y pobreza extrema 33.3%. Así tenemos que se ubica en el quintil 1, igual a nivel provincial. El mismo modo, según el Índice de Desarrollo Humano (IDH) para el distrito de Sitabamba es de 0.5800 y de la provincia de Santiago de Chuco es de 0.5647”.

Por ello, es necesario tomar la decisión técnica política de aprovechar la excavación ya existente, efectuar un revestimiento de concreto del canal y diseñar la construcción de un sistema de dos rápidas y dos transiciones, para empalmar dos tramos de canal mediante fuertes caídas en donde sea posible disipar la energía y asegurar la vida útil como la operación de las estructuras del canal.



**Figura 1**

Ubicación de la Cuenca del Río Santa.

Fuente: Ministerio de Agricultura y Riego (ANA)

El presente proyecto de Tesis abordará el “Diseño hidráulico de dos rápidas y transiciones, para implementar sistema de riego caserío Uchucubamba, distrito Sitabamba, provincia Santiago de Chuco”, a fin de contribuir a la mayor productividad en la agricultura y por ende a disminuir la pobreza y a la desnutrición y poder así contribuir con el desarrollo social y económico de dicho caserío, que es parte del Perú.

**Tabla 1**

*Provincia de Santiago de Chuco: tipo de superficie agrícola por distrito 2019*

*Fuente: Gerencia Regional de ambiente. 2020*

| Distrito              | Total     | Tipo de suelo |           |                  |                  |
|-----------------------|-----------|---------------|-----------|------------------|------------------|
|                       |           | Agrícola      |           | Pastos naturales | Montes y bosques |
|                       |           | Riego         | Secano    |                  |                  |
| Total Provincia (Has) | 265 896,0 | 11 460,95     | 29 984,87 | 41 335,57        | 6 108,08         |
| Total relativo        | 100,0     | 100,0         | 100,0     | 100,0            | 100,0            |
| Santiago de Chuco     | 40,4      | 33,6          | 45,2      | 49,1             | 26,5             |
| Angamarca             | 5,8       | 12,5          | 10,0      | 1,9              | 14,7             |
| Cachicadán            | 10,0      | 9,6           | 4,8       | 6,1              | 4,2              |
| Mollebamaba           | 2,6       | 11,5          | 0,5       | 1,1              | 4,6              |
| Mollepata             | 2,7       | 4,6           | 1,7       | 0,5              | 1,5              |
| Quiruvilca            | 20,7      | 20,9          | 11,8      | 26,0             | 19,9             |
| Santa Cruz de Chuca   | 6,2       | 5,7           | 16,1      | 5,8              | 24,1             |
| Sitabamba             | 11,7      | 1,6           | 10,0      | 10,0             | 4,6              |

Esta investigación busca contribuir a mantener el trazo y excavación del canal Uchucubamba, permitiendo la conexión de los tramos en toda su longitud mediante la construcción de dos Rápidas, que permitirán implementar el sistema de riego en el caserío de Uchucubamba, distrito Sitabamba, Provincia Santiago de Chuco.

### **Delimitación**

El río San Sebastián, que es tributario de la cuenca del río Santa, está ubicado en la cabecera del caserío Uchucubamba, Distrito de Sitabamba, cuyo caudal es de 200 litros/seg que circula en el canal Riego Uchucubamba, en donde se propondrá el diseño hidráulico de dos rápidas, y dos transiciones a fin de implementar el sistema de riego en el Caserío de Uchucubamba, distrito de Sitabamba, Provincia de Santiago de Chuco. Y también mantener el trazo de dicho canal, permitiendo la conexión de los

tramos en toda su longitud del indicado canal de riego.

Mediante Informe Técnico, se concluye que la junta de usuarios, han cumplido con presentar los requisitos exigidos en el TUPA de la Autoridad Nacional del Agua, por lo que procede el reconocimiento del Domiciliado en el caserío Uchucubamba, Distrito de Sitabamba, Provincia de Santiago de Chuco, Cuenta 21 usuarios, con Domiciliado en el caserío Uchucubamba, Distrito de Sitabamba, Provincia de Santiago de Chuco, Departamento la Libertad.

## **1.2. Objetivos**

### **2.1. Objetivo general**

Determinar el Diseño Hidráulico de dos Rápidas y dos Transiciones, para implementar el sistema de riego Caserío Uchucubamba, distrito Sitabamba, Provincia Santiago de Chuco.

### **2.2. Objetivos específicos**

Nos proponemos a determinar los objetivos específicos siguientes:

- Realizar el Inventario de la documentación cartográfica, pluviométrica, topográfica de la zona de estudio.
- Determinar el trazo del canal, permitiendo la conexión de los tramos en toda su longitud mediante la construcción de dos rápidas y de dos transiciones.
- Calcular los parámetros hidráulicos para el diseño de las dos Rápidas y de las dos transiciones para implementar el sistema de riego en el Caserío Uchucubamba.
- Realizar el estudio topográfico e hidrológico de la zona del proyecto, para obtener la pendiente, longitud, el caudal de diseño para la ubicación de las dos Rápidas y transiciones.
- Diseño hidráulico-sostenible de las Rápidas y de Transiciones, para obtener una estructura económica, social y mitigar la contaminación ambiental (sostenible).
- Determinar los cálculos mediante fórmulas y softwares, para el diseño óptimo de las dos rápidas y de las dos transiciones, para implementar el sistema de Riego en el Caserío de Uchucubamba.



## **1.3. JUSTIFICACION**

### **1.3.1 Justificación Teórica**

Es interés de esta investigación es realizar el diseño hidráulico de dos Rápidas y de dos transiciones, para implementar el sistema de riego en el Caserío Uchucubamba, que son usadas para conducir agua desde una elevación mayor a una baja. Así mismo permitirá realizar el diseño de sus partes que conforma una Rápida como son: una transición de entrada, un tramo inclinado, un dissipador de energía y una transición de salida.; mantener el trazo y la excavación del canal indicado, permitiendo la conexión de los tramos en toda su longitud, contribuyendo así a una eficiencia de riego, aumento de áreas agrícolas, disminución de la desnutrición y mayor calidad de vida de los residentes en la jurisdicción de dicho caserío de Uchucubamba.

### **1.3.2 Justificación práctica**

El diseño hidráulico de dos Rápidas y de dos transiciones en el sistema de Riego en el Caserío Uchucubamba, permitirá evaluar alternativas de dimensiones y ubicaciones relativas. Cualquier cambio que se efectúe con aplicación de modelamiento y simulación es rápido y económico respecto al prototipo. Los resultados arrojarían posibles problemas locales, así **como** alternativas de solución a dichos problemas.

### **1.3.3 Justificación metodológica.**

Con esta investigación se pretende contribuir a las mejoras en tiempo con el uso de herramientas tecnológicas dentro de los proyectos de infraestructura Hidráulica convencional, siguiendo un procedimiento de selección y diseño de tipo entrada y salida, determinar la gradiente de energía, diseñar la trayectoria y la parte pronunciada de la sección de las dos rápidas y de las dos transiciones, Implementando así el sistema de riego, mayor productividad en los cultivos y éxito de la construcción de obras hidráulicas en el Perú.

## **CAPITULO II**

### **MARCO DE REFERENCIA**

#### **2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO**

La provincia de Santiago de Chuco, como todo territorio andino, presenta una geografía complicada, con variedad de microclimas y con una economía predominantemente agrícola y de autoconsumo, con una estructura productiva, orientada hacia los sectores primarios agropecuarios. El sector agrario tiene básicamente tres problemas: régimen de propiedad legal de la tierra, el tamaño de la parcela mínima y la cadena de comercialización.

Los sistemas de riego existentes en el caserío de Uchucubamba, no está operativo, es decir existe desatención por parte de las autoridades responsables del sector, por lo que se requiere el mejoramiento del sistema de riego del caserío Uchucubamba, distrito Sitabamba, provincia Santiago de Chuco.



**Fotografía 01 :**  
**Vista de tramo de canal**  
**Uchucubamba**  
**Fuente: propia**

## INVESTIGACIONES INTERNACIONALES

**1.- ARAUJO ERAZO DIEGO EFRÉN (2017).** De la Pontificia Universidad Católica del Ecuador; realizó una investigación cuyo título es: “DISEÑO DE LA RÁPIDA DE EXCESOS DEL DESARENADOR DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO VICTORIA” ; llegando a las siguientes conclusiones:

- “En el diseño de este proyecto se ha encontrado que, para un diseño hidráulico, la determinación del caudal de diseño, el coeficiente de Manning y la pendiente del canal ejercen una gran importancia en el diseño de un canal, esto debido a que un cambio en alguna de estas variables ocasiona un comportamiento del flujo diferente al previsto”.
- “Establecer con exactitud el coeficiente de Manning resulta complejo debido a que es un valor experimental, por lo que la elección de este coeficiente en base a la teoría usada incide en la selección apropiada del material, sección geométrica y proceso constructivo del canal para garantizar este valor y el comportamiento hidráulico esperado”.
- “Al diseñar la rápida de excesos bajo la condición de conducto cerrado, se brinda una protección a la rápida frente a los posibles deslizamientos de tierra en las inmediaciones del lugar de implantación de la rápida, asegurando su correcto funcionamiento sin considerar los efectos que causan estos deslizamientos en canales abiertos”.
- “Las rápidas escalonadas poseen una gran eficiencia en la disipación de energía, por lo que pueden ser usadas directamente para descargar caudales excedentes en las obras hidráulicas o a su vez como un complemento de los disipadores de energía principales en función a la topografía del lugar y desde un punto de vista constructivo, como es el caso del presente diseño”.
- “De la simulación hidráulica en el programa HEC-RAS se obtuvo un resultado desfavorable en la segunda alcantarilla, tanto para la máxima crecida esperada en la quebrada como en la descarga de la rápida de excesos. Si bien la descarga no estuvo contemplada en el diseño original de la alcantarilla, esta debería tener un comportamiento adecuado frente a la máxima crecida esperada en la quebrada, por lo que su diseño actual se considera deficiente”.

**2.- CHICA GUZMÁN CARLOS ADRIÁN Y CORONEL SACOTO DIEGO FERNANDO (2021);** de la Universidad Católica de Cuenca. Ecuador, realizaron una investigación cuyo título es: “**APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE LA GESTIÓN BIM EN EL CANAL DE CONDUCCIÓN DE AGUA DEL SISTEMA DE RIEGO CHITICAY – PAUTE** y cuyos objetivos, metodología, Resultados y Conclusiones llegaron a las siguientes: **Objetivo.** Obtener información de fuentes bibliográficas y de expertos distribuidos en Europa y América sobre las herramientas utilizadas para la gestión BIM en procesos de construcciones civiles de obra lineal como canales de riego. **Metodología.** Se inició realizando una encuesta a diferentes especialistas BIM, hidráulicos y viales que están involucrados en este tipo de gestión de diferentes países de Europa y América para constatar cuales son las herramientas más accesibles y que da los mejores resultados para el desarrollo de la tercera, cuarta y quinta dimensión de la gestión de proyectos. En adición, se realiza una revisión bibliográfica sobre investigaciones que implementan la metodología BIM para complementar los datos presentados por los expertos y verificar el nivel de madures del uso de estas herramientas en diferentes países. Además, se efectuó el modelado de un tramo del canal y se cuantificó los rubros exactos para optimizar los recursos y tiempo del sistema de riego antes mencionado. **Resultados.** De los datos obtenidos por las herramientas de investigación y la revisión bibliográfica se pudo constatar que la tecnología BIM redujo los costos de ejecución de obra para la reconstrucción del canal en 13,08 dólares en los 20 metros analizados, mientras que, en los 17 km que posee la dimensión total del canal se calcula un ahorro de \$11.118,00 dólares. Además, se optimiza el tiempo en el diseño y construcción en el cambio de la sección hidráulica del canal. **Conclusión.** Se concluye que la metodología BIM es apto para ser aplicado en varios sistemas de riego de la provincia del Azuay para ahorrar recursos e interconectar varios procesos de la gestión en un solo sistema colaborativo en tiempo real.

**3.- GARCÍA ALEJANDRO Y DAMIANI OSCAR (2020),** Artículo de Revista Científica de Argentina, RIVAR Vol. 7, nº 20. mayo 2020: 22-45. DOI

<https://doi.org/10.35588/rivar.v7i20.4473> · ISSN 0719-4994; realizaron una investigación cuyo título es: “SISTEMAS DE RIEGO Y AGRICULTURA PREHISPÁNICA EN EL CENTRO OESTE DE ARGENTINA” y llegaron al siguiente Resumen: Las actividades agrícolas prehispánicas en San Juan y Mendoza y su incidencia en la vida indígena han ocupado un lugar importante en la agenda de trabajo de los investigadores locales. Como contribución a la visibilización del conocimiento actual sobre el tema y a la discusión de algunos aspectos abiertos a debate, este artículo presenta un panorama acerca del registro de datos sobre el tema a nivel regional y algunas consideraciones sobre la adquisición de los primeros cultivos y la cronología de su consumo.

## **INVESTIGACIONES NACIONALES**

**1.-TORRES SANCHEZ JEIMY MAYLIN (2013)** de la Universidad de Ciencias Aplicadas. Lima; realizó un trabajo de investigación cuyo título es: “**DISEÑO HIDRÁULICO Y MODELAMIENTO EN HEC-RAS DEL CANAL DE CONCRETO Y DE OBRAS DE ARTE DEL PROYECTO CARPINTERO – TRAMO KM 0+000 AL KM 5+000.**” y llegó a las siguientes conclusiones:

- “El diseño realizado del canal Carpintero es eficiente ya que cumple con los requerimientos establecidos por la U.S.B.R:
  - ✓ En canal Carpintero no tendrá problemas de sedimentación al ser su velocidad mínima proyectada es de 1.03 m/seg, valor que es superior a la velocidad mínima (0.762 m/seg) recomendada que no permite la sedimentación.
  - ✓ No habrá problemas de levantamiento del revestimiento del canal proyectado con concreto simple  $f'c$ : 175 Kg/seg porque la velocidad máxima proyectada es de 2.19 m/seg, el cual está por debajo de la velocidad máxima (3.00 m/seg) a partir de la cual podría ocasionar el levantamiento del revestimiento.
- Las obras de arte proyectadas cumplen con las recomendaciones dadas por el Bureau of Reclamation, lo cual permitirá un adecuado funcionamiento hidráulico de todo el sistema proyectado del canal Carpintero.
  - Al modelar el flujo en el canal así como en las obras de arte se observó que el flujo no tiene problemas en todo el recorrido, con lo

cual se puede afirmar que el programa HEC-RAS es adecuado para verificar y analizar el comportamiento del flujo en el canal y las obras de artes diseñadas.

- En el análisis del flujo se puede apreciar que las características hidráulicas obtenidas del modelo en HEC-RAS son muy similares. En cuanto a las obras de arte, se aprecia diferencias no significativas en los resultados entre en el modelo en HEC-RAS y según las recomendaciones del U.S.B.R. como aforador Parshall, caídas y sección de retenciones. Se puede concluir que el Programa HEC-RAS modela adecuadamente el flujo en el canal y en las estructuras mencionadas siempre y cuando se ingresen correctamente las secciones de cada estructura y las consideraciones para cada una de ellas”.

**2.- PANTA LALOPU CARLOS GUSTAVO (2016);** de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque, realizó un trabajo de investigación cuyo título es: "MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO TUNAN" y llego a las siguientes conclusiones:

- “Realizado el diagnóstico del Sistema de Riego Tunan se verificó que el sistema de riego utilizado es por gravedad, el riego se realiza mediante agua de reservorio y canal, las deficiencias en el manejo y mantenimiento del sistema de riego así como la vulnerabilidad del mismo, la precariedad de las estructuras de almacenamiento, el deterioro e inexistencia de estructuras de medición de caudales (aforadores) y obras hidráulicas accesorias (obras de arte) ocasionan una disminución en la capacidad hidráulica , dado que es una infraestructura rústica con pérdidas de agua por infiltraciones y por mal manejo que impiden conocer con certeza el volumen de agua que se distribuye a los usuarios de riego generando conflictos y deficiencias en el servicio”.
- “El planteamiento del mejoramiento del sistema de riego existente incrementará la disponibilidad hídrica mediante el mejoramiento y la implementación de infraestructura de riego el cual contará principalmente con el mejoramiento de un (01) reservorio nocturno con una capacidad de 755.75 m<sup>3</sup>, 1457.70 mts de canal rectangular

para un caudal  $Q = 0.10 \text{ m}^3/\text{s}$  revestido de concreto simple  $f_c = 175 \text{ kg/cm}^2$ , una estructura de medición aforador RBC, once (11) estructuras de saltos de agua gradas, diez (10) alcantarillas tipo marco de concreto armado y trece (13) tomas prediales”.

- “El costo directo de las obras del mejoramiento del sistema de riego es de S/. 441,847.80 nuevos soles y equivale en dólares a\$ 157,870.44 (Tipo de cambio interbancario S/. 2.7988- BCR al 08.05.2014), dicho costo se podrá reajustar a través de la fórmula polinómica”.
- “Se elaboró el Manual Básico de Operación y Mantenimiento con el propósito de proveer información básica necesaria para servir de guía práctica en la capacitación para una adecuada operación y mantenimiento del sistema de riego, a fin de garantizar su funcionamiento permanente y conservación, por lo que de su uso y aplicación dependerá de las Condiciones para distribuir el agua con mayor eficiencia”.

**3.- CUZQUE HUAMÁN HENRRY NEYSER (2019)** de la Universidad Señor de Sipan, Chiclayo realizó un trabajo de investigación cuyo título es: “**DISEÑO DE UN MODELO FÍSICO HIDRÁULICO PARA DISIPAR ENERGÍA EN UN CANAL CON PANTALLAS DEFLECTORAS**” y llegó a las siguientes conclusiones:

- “Análisis del tipo de dissipador seleccionado que ayude a disminuir la energía para una pendiente del 50%. La selección del dissipador fueron obtenidos de las distintas bibliografías que existen, que son normadas, actualizadas y adecuadas a la rama de la Hidráulica. Se realizó varios pasos a seguir para una buena y correcta elección de todos los dissipadores que existen y guarden relación de lo que se está buscando. Otro motivo de selección, fue que no existe ese tipo de dissipador que esté comprobado y por lo tanto se analizó el dissipador con pantallas deflectoras en una pendiente mayor del 50%”.
- “Aplicación del modelo físico hidráulico para disminuir la velocidad del caudal aguas abajo en un rango de 0 a 1 m/seg. Todas las características de los canales en estudio (tabla 9 y 10), obedecen a los parámetros proporcionados por el Manual de la Bureau of

Reclamation. Según ello, el canal se diseñó con los parámetros de una caída inclinada por ser menor a 4m. Con las dimensiones de la variable 4 se logra disminuir las velocidades y energías, por lo tanto si se encuentran dentro del rango de velocidades de 0 a 1 m/seg, es decir, solo para el caudal máximo 3.99 Lt/min y caudal mínimo 0.78 Lt/min según se puede apreciar en la tabla 11”.

- “Comparación de los resultados y obtención de la mejor estructura que ayude a disipar la energía en determinada pendiente. Ya finalizado se pudo analizar que cuando se utiliza pantallas deflectoras con distancias menores con mayor cantidad de disipadores, se puede reducir la energía y la velocidad del caudal puede disminuir. Pero en cambio si se utiliza las pantallas con distancias un poco mayores y por ende obtendremos menos cantidad de disipadores, la velocidad y la energía aumenta. 117 Se trabajó con 4 variables de dimensiones distintas de pantallas deflectoras y con 6 caudales diferentes para observar su comportamiento de como actuaban en cada una de ellas, en lo cual quedando con la variable 4 que se disipa más su energía del caudal en una pendiente del 50%. Finalmente se optaría por las pantallas deflectoras, pero hay una desventaja de este disipador en cuanto a su construcción, se eleva un poco su costo, pero por el contrario la ventaja que presenta que aumenta mayor período de vida útil de la estructura Hidráulica y disipa más energía”.
- “Conclusión con la evaluación económica del Modelo Hidráulico para un caudal de diseño de 0.2684 m<sup>3</sup> /seg . Para toda investigación se tiene un cierto presupuesto económico que garantiza su valorización en cuanto a su generación de egresos, acumulándose un total con los diferentes recursos que fueron necesarios para la culminación de esta investigación. El costo de la investigación se eleva en cuanto al caudal de diseño, es decir, cuando se trabaja con caudales mucho mayores al de la presente investigación, las medidas del Modelo Físico se incrementarían por ende se utilizaría mayor cantidad de materiales. El caudal del modelo físico que se diseñó fue con 18.48 lt/min”.



## 2.2. MARCO TEORICO: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA Y CIENTÍFICA DEL PROBLEMA.

### 2.2.1. Tipos de Flujo, Energía y Momentum

#### 2.2.1.1. Tipos de flujo

##### 2.2.1.1.1. Flujo uniforme.

Sotelo (2016) define flujo uniforme (figura 1), como: “es aquel que tomando como criterio el espacio, las características hidráulicas no cambian entre dos secciones separadas una distancia X”, es decir:

$$(dv/dx) = 0 \quad Y_1 = Y_2 \quad V_1 = V_2 \quad S_0 = S_w = S_f$$

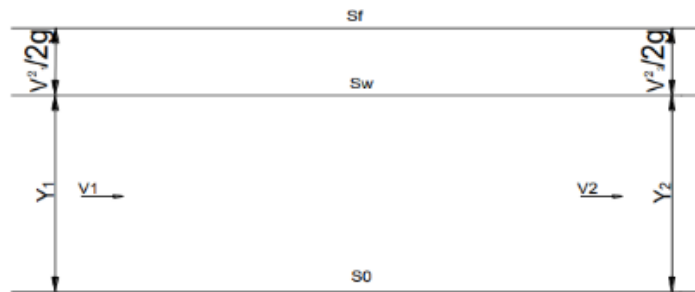


Figura 2 :  
Perfil longitudinal de un canal, mostrando flujo uniforme  
Fuente: Sotelo, G. (2016)

##### 2.1.1.1. 2. Flujo no uniforme.

Así mismo Sotelo (2016) define a flujo no uniforme: “Es aquel en el cual las características hidráulicas cambian entre dos secciones”, es decir:

$$(dv/dx) \neq 0 \quad Y_1 \neq Y_2 \quad V_1 \neq V_2 \quad S_0 \neq S_w \neq S_f$$

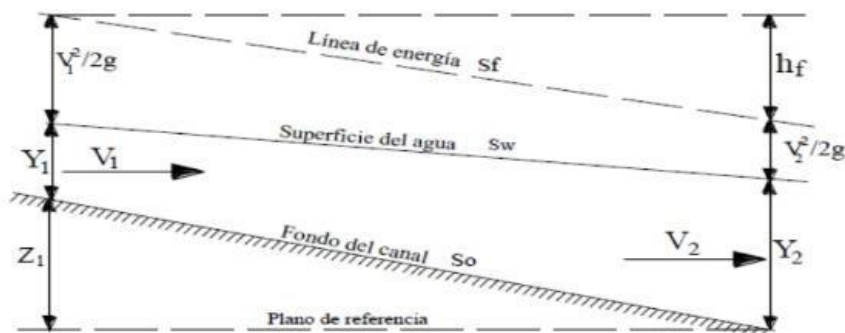
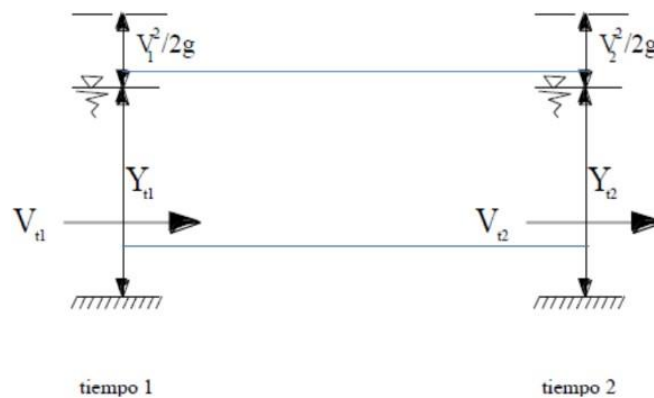


Figura 3 :  
Perfil longitudinal de un canal, con flujo no uniforme  
Fuente: Sotelo, G. (2016)

### 2.1.1.1.3. Flujo permanente.

Sotelo (2016) define al flujo permanente como: “Es aquel en el que tomando como criterio el tiempo, las características hidráulicas permanecen constantes (figura 3), es decir”:

$$(dv/dt) = 0 \qquad Y_1 = Y_2 \qquad V_1 = V_2$$

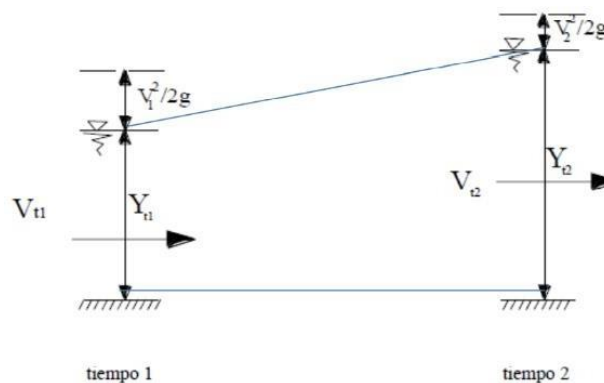


**Figura 4 :**  
**Esquematzación del flujo Permanente**  
**Fuente: Sotelo, G. (2016)**

### 2.1.1.1.4. Flujo no permanente.

Sotelo (2016) define al flujo no permanente como: “Flujo en el cual las características hidráulicas cambian en el tiempo (figura 4), es decir”:

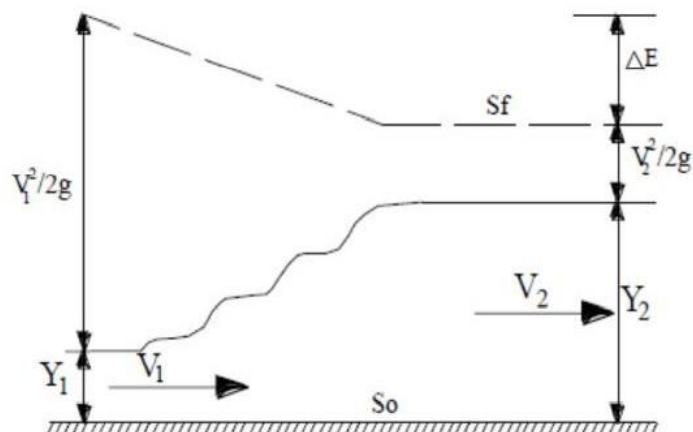
$$(dv/dt) \neq 0$$



**Figura 5 :**  
**Esquematzación del flujo No Permanente**  
**Fuente: Sotelo, G. (2016)**

### 2.1.1.1.5. Flujo rápidamente variado.

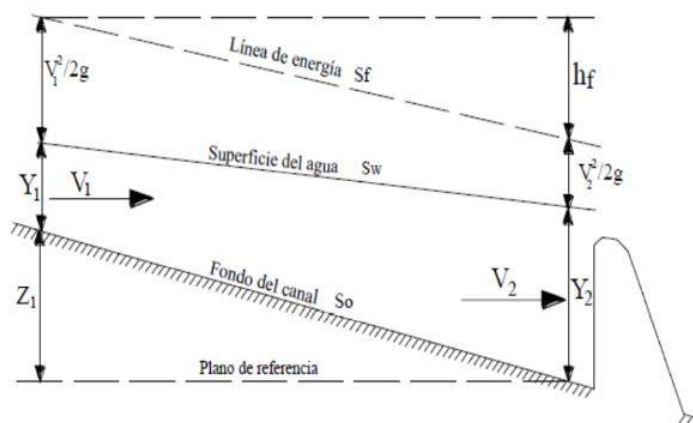
“Flujo en el cual las características hidráulicas cambian rápidamente, en un espacio relativamente corto (figura 5)” (Sotelo, 2016, p.65).



**Figura 6 .**  
**Flujo rápidamente variado**  
**Fuente: Sotelo, G. (2016)**

### 2.1.1.1.6. Flujo gradualmente variado.

“Flujo en el cual las características hidráulicas cambian de manera gradual con la longitud (figura 6)” (Sotelo, 2016, p.68).



**Figura 7**  
**Flujo gradualmente variado**  
**Fuente: Sotelo, G. (2016)**

## 2.1.2 Estados y Regímenes de Flujo

### 2.1.2.1 Estado de flujo.

Según Chanson (2004): “Dependiendo de la magnitud de la proporción de las fuerzas de inercia sobre las fuerzas de viscosidad, número de Reynolds,  $Re$ , el estado del flujo para canales a superficie libre, se clasifica como:

- Laminar  $Re \leq 500$
- Transitorio  $500 \leq Re \leq 12500$
- Turbulento  $12500 \leq Re$

Siendo

$$Re = \frac{V.L}{\nu} = \frac{4.V.R}{\nu}$$

donde,

$V$  = velocidad del flujo en m/s

$L$  = longitud característica, en metros.

La longitud característica en conductos a superficie libre es igual a cuatro veces el radio hidráulico  $R$ .

$\nu$  = viscosidad cinemática del fluido en  $m^2/s$

Si las fuerzas viscosas predominan sobre las de inercia, se considera el estado del flujo como laminar, mientras que cuando las fuerzas de inercia predominan sobre las viscosas se considera el estado del flujo como turbulento”.

### 2.1.2.2 Regímenes de flujo.

Según García, E. (2017) : “Si se relacionan las fuerzas de inercia con las fuerzas gravitacionales se obtiene un parámetro adimensional conocido como número de Froude (Fr), el cual permite clasificar al flujo como subcrítico, crítico y supercrítico.

El número de Froude se escribe.

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gy}}$$

donde,

V = velocidad media del flujo, m/s

g = aceleración de la gravedad, m/s<sup>2</sup>

y = **profundidad hidráulica, m**

Dependiendo de la magnitud de la proporción de las fuerzas de gravedad e inercia, el régimen del flujo es clasificado como:

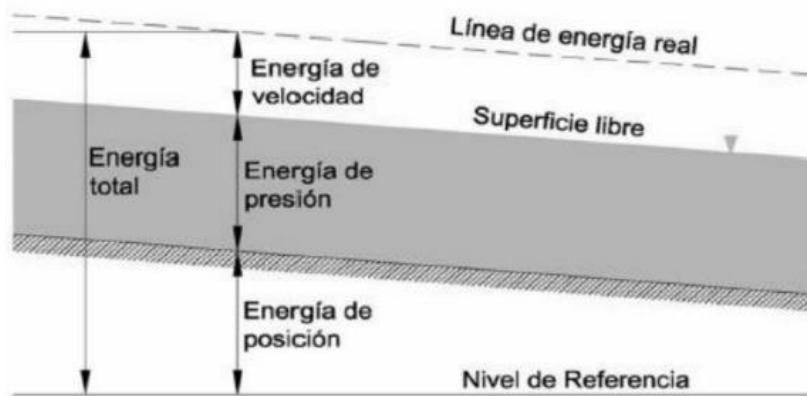
- Subcrítico Fr < 1
- Crítico Fr = 1
- Supercrítico Fr > 1”

### 2.1.3 Energía del Flujo en canales abiertos

Vente Te Chow (2014) Sostiene “La energía total de cualquier línea de corriente que pasa a través de una sección se define como la suma de las energías de posición, más la de presión y más la de velocidad, es decir:

**ENERGIA TOTAL = Energía de posición + Energía de presión + Energía de velocidad.**

En la figura 8 se muestra gráficamente la expresión antes mencionada”.



**Figura 8**  
**Energía Total en una sección de canal**  
**Fuente: VEN TE CHOW (2014)**

### 2.1.3.1 Energía Específica.

Según Rocha, A. (2012): "La energía específica en una sección de canal se define como la energía por unidad de masa de agua en cualquier sección de un canal medido con respecto al fondo de éste.

La energía específica se representa con la ecuación siguiente:

$$E = d * \cos\theta + \alpha \frac{v^2}{2 * g}$$

Ecuación válida para pendiente grande

$$E = y + \frac{v^2}{2 * g} = y + \frac{Q^2}{2 * g * A^2}$$

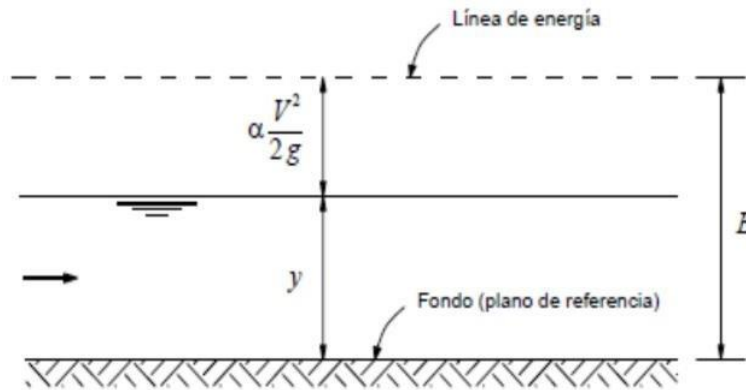
Ecuación válida para pendiente pequeña

Tomando: ( $\alpha = 1$ )

La ecuación anterior como primera equivalencia representa a la energía específica que es igual a la suma de la profundidad del agua más la altura de velocidad y la segunda equivalencia puede notarse que para una sección de canal y un caudal Q determinados, la energía específica en una sección de canal solo es función de la profundidad de flujo, esta última se puede

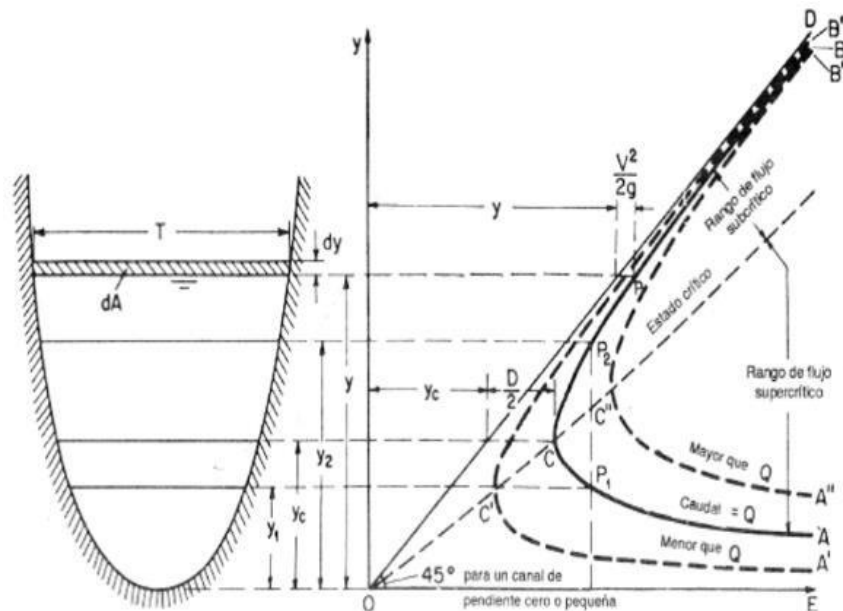
graficar contra la energía específica y se obtiene la curva de energía específica.

Para comprender de una mejor forma la ecuación de energía a continuación se presenta su interpretación, se aclara que es para un canal de pendiente baja”.



**Figura 9 :**  
**Interpretación de la energía específica**  
 Fuente: Rocha, (2012).

A continuación, se muestra un ejemplo de la curva de energía específica



**Figura 10 :**  
**Curva de Energía Específica**  
 Fuente: Ven Te Chow (2014).

### 2.1.4 Principio de Conservación de Momentum

Según French, R. (2014): "El Principio de Conservación del Momentum proviene de la segunda Ley de Newton: La fuerza es igual a la masa por la aceleración:

$$\sum F_x = m * a \quad (\text{Cambio del Momentum})$$

La variación del momentum por unidad de tiempo es igual a la fuerza neta que actúa en el volumen de control.

Aplicando la segunda Ley de Newton a un volumen de control, como el que se muestra en la Figura 10, se obtiene en la dirección x:

$$Q * \rho * \Delta V_x = P_2 - P_1 + W_x - F_f$$

donde:

**P<sub>2</sub> y P<sub>1</sub>** = Fuerza de la presión hidrostática que actúa en el volumen de control en las secciones 1 y 2.

**W<sub>x</sub>** = Peso del agua en el volumen de control

**F<sub>f</sub>** = Fuerza externa de resistencia friccional a lo largo de la superficie mojada.

**Q** = Caudal que pasa por el canal

**ρ** = Densidad del agua

**ΔV<sub>x</sub>** = Cambio de la velocidad del agua, en la dirección longitudinal x

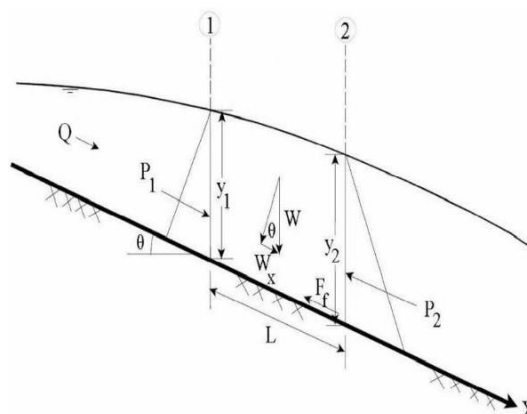


Figura 11 :

Aplicación del principio de conservación del Momentum en un volumen de control

Fuente: FRENCH, R. H. (2014)



#### 2.1.4.1 Fuerza de presión hidrostática

Según Mery, J (2013): “La fuerza en la dirección del canal, producto de la presión hidrostática es:

$$P = \gamma * A * \bar{Y} * \cos \alpha$$

Se supone válida la distribución hidrostática de presiones para pendientes del lecho inferiores al 10% (aproximadamente 6 grados). El  $\cos \alpha$  para una pendiente de 6 grados es igual a 0,995. Dado que la pendiente de los canales, en la mayoría de los casos, es menor al 10%, el  $\cos \alpha$  se puede aproximar a la unidad.

Por lo tanto, las expresiones para las fuerzas de presión hidrostática quedan como sigue:

$$P_1 = \gamma * A_1 * \bar{Y}_1$$

$$P_2 = \gamma * A_2 * \bar{Y}_2$$

Donde:

$\gamma$  = Peso específico del agua

$A_i$  = Área transversal mojada de las secciones 1 y 2.

$Y_i$  = Profundidad medida desde la superficie al centroide de las secciones transversales 1 y 2”.

#### 2.1.4.2 Peso del agua

Según Monsalve, G (2019): “El peso del volumen de agua del volumen de control está dado por el producto entre el volumen y el peso específico del agua:

$$W = \gamma * \left( \frac{A_1 + A_2}{2} \right) * L$$

La fuerza del peso en la dirección del canal está dada por:

$$W_x = W \cdot \text{sen } \alpha$$

Donde

L = Distancia entre las secciones 1 y 2 a lo largo del eje X".

### 2.1.4.3 Fuerza de resistencia friccional (según Pérez & Pérez, 2003)

$$F_t = \tau \cdot \bar{P} \cdot L$$

Donde:

$\tau$  = Tensión tangencial.

$\bar{P}$  = Perímetro mojado promedio entre las secciones 1 y 2.

$$\tau = \gamma \cdot \bar{R} \cdot \bar{S}_f$$

Donde:

$\bar{R}$  = Radio hidráulico promedio ( $R = A/P$ )

$\bar{S}_f$  = Pérdida friccional por unidad de longitud.

$$F_f = \gamma \cdot \frac{A}{\bar{P}} \cdot \bar{S}_f \cdot \bar{P} \cdot L$$

$$F_f = \gamma \cdot \left( \frac{A_1 + A_2}{2} \right) \cdot \bar{S}_f \cdot L$$

$$m \cdot a = Q \cdot \rho \cdot \Delta V_x$$

$$\rho = \frac{\gamma}{g} \quad \text{y} \quad \Delta V_x = (\beta_1 \cdot V_1 - \beta_2 \cdot V_2)$$

$$m \cdot a = \frac{Q \cdot \gamma}{g} \cdot (\beta_1 \cdot V_1 - \beta_2 \cdot V_2)$$

Donde  $\beta$  es el Coeficiente de Momentum o de Boussinesq.

Al sustituir los resultados anteriores se obtiene lo siguiente:

#### 2.1.4.4 Variación del Momentum (según Martín, J. 2018)

$$\frac{Q_2^2 \cdot \beta_2}{g \cdot A_2} + A_2 \cdot \bar{Y}_2 + \left( \frac{A_1 + A_2}{2} \right) \cdot L \cdot \text{sen } \alpha - \left( \frac{A_1 + A_2}{2} \right) \cdot \bar{S}_f \cdot L = \frac{Q_1^2 \cdot \beta_1}{g \cdot A_1} + A_1 \cdot \bar{Y}_1$$

Suponiendo que la velocidad es igual al caudal dividido por la sección: y que el caudal puede variar entre las secciones 1 y 2 se llega a lo siguiente:

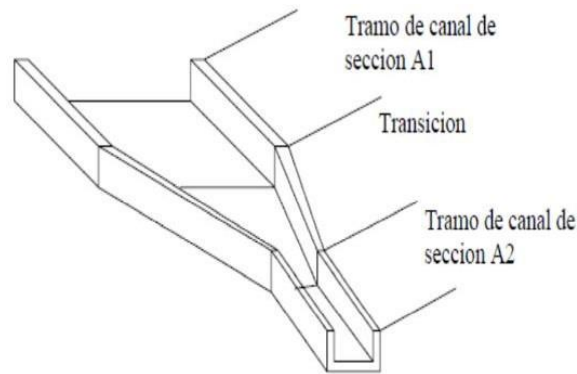
$$\frac{Q_2^2 \cdot \beta_2}{g \cdot A_2} + A_2 \cdot \bar{Y}_2 + \left( \frac{A_1 + A_2}{2} \right) \cdot L \cdot \text{sen } \alpha - \left( \frac{A_1 + A_2}{2} \right) \cdot \bar{S}_f \cdot L = \frac{Q_1^2 \cdot \beta_1}{g \cdot A_1} + A_1 \cdot \bar{Y}_1$$

Sin embargo, como se menciona en el libro de Ven Te Chow (1959), se pueden ignorar el efecto de las fuerzas externas del peso del agua y de fricción para un tramo corto. Por lo que la ecuación queda reducida a:

$$\frac{Q_2^2 \cdot \beta_2}{g \cdot A_2} + A_2 \cdot \bar{Y}_2 = \frac{Q_1^2 \cdot \beta_1}{g \cdot A_1} + A_1 \cdot \bar{Y}_1$$

## 2.2 Transiciones en canales abiertos

Según Ven Te Chow (2014): “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 diferente forma de sección transversal, pendiente o dirección. 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 así las pérdidas de carga en el canal. Las transiciones se diseñan tanto a la entrada como a la salida de diferentes estructuras tales como: Uniones de canales, tomas, rápidas, caídas, desarenadores, alcantarillas, sifones invertidos”.



**Figura 12 :**  
**Transición de un canal**  
**Fuente: VEN TE CHOW (2014).**

## 2.2.2 Transiciones en régimen subcrítico

### 2.2.2.1 Generalidades

Según Huatuco, W. (2010): “La finalidad del diseño de estructuras de transición en flujo subcrítico son las siguientes.

- Minimización de las pérdidas de energía por medio de estructuras económicamente justificables.
- Eliminación de las ondulaciones grandes y de los vórtices
- Eliminación de zonas con agua tranquila o flujo muy retardado.

Para los cálculos hidráulicos en las estructuras de transición con flujo subcrítico se debe tomar en cuenta las siguientes hipótesis:

- Se supone que la pendiente de la línea de energía es constante en el tramo relativamente corto de la estructura de transición y, en ausencia de pérdidas locales, puede calcularse por tramos con la ayuda de la ecuación de Gauckler Manning-Strickler:
- La velocidad varía principalmente en función de la distancia. Se supone que los factores  $\alpha$  y  $\beta$  son iguales a 1, o bien, pueden definirse para las secciones transversales extremas y efectuar una interpolación para las secciones intermedias.
- Los efectos de la curvatura del flujo pueden ignorarse, con lo que las distribuciones de presión resultan hidrostáticas.

Se pueden dejar de considerar también las zonas de separación de flujo. Para el cálculo hidráulico es de gran ayuda el diagrama de energía con las curvas Hoy. Se recomienda trazar, con el caudal dado  $Q$ , una familia de curvas para varias secciones transversales de la estructura, como se indica en la figura 12, donde los cambios en la sección transversal de la estructura de transición están limitados únicamente a cambios en el ancho  $B$  del canal, de tal modo que las secciones transversales consecutivas están caracterizadas por valores definidos del caudal unitario  $q=Q/B$ .

Se supone que se conocen las secciones transversales de los canales aguas arriba y aguas abajo, los cuales deben ser unidos con la estructura de transición y también, el caudal, la profundidad de agua, la altura de energía en la sección transversal final y su forma.

Las dimensiones de las secciones transversales intermedias elegidas para la estructura pueden entonces determinarse de dos maneras:

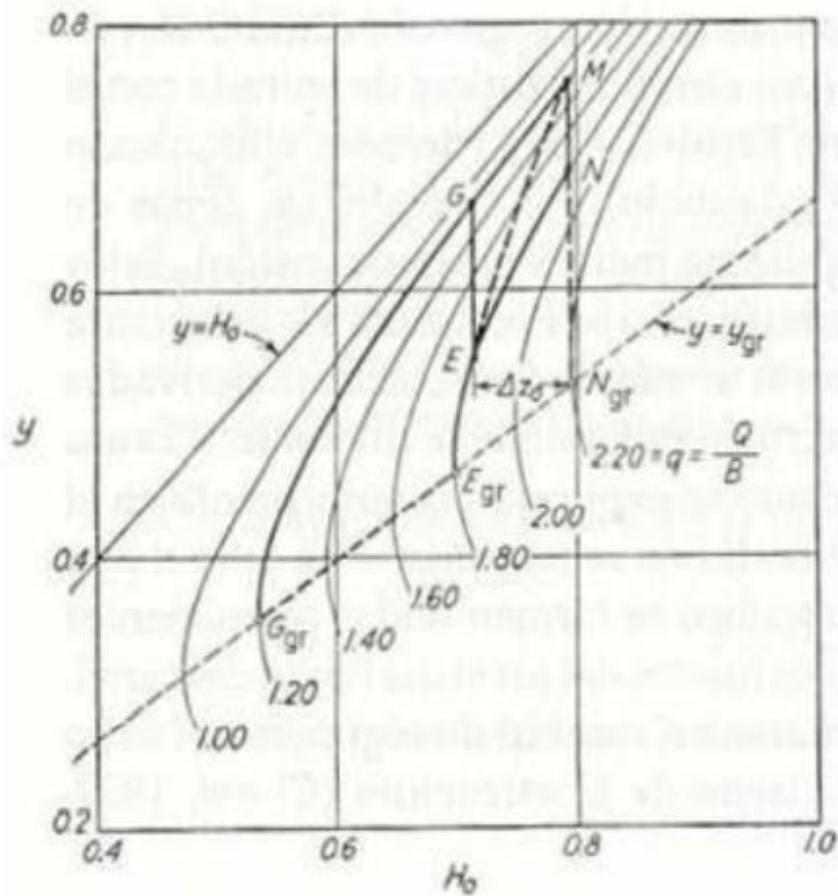
1. Se selecciona un recorrido uniforme para la superficie libre del agua entre la sección transversal inicial y final, con lo que las cargas de velocidad intermedias quedan fijas, es decir, para cada sección transversal, se fija un determinado punto ( $y, H_0$ ). Si se dibujan los valores así definidos para  $H_0$  a lo largo del eje central de la estructura de transición, se obtiene la ubicación del fondo del canal que correspondería al recorrido seleccionado de la superficie libre del agua.
2. Se selecciona un recorrido continuo y uniforme para el fondo del canal entre los puntos extremos de la estructura de transición. De este modo se fijan los valores de  $H_0$  para cada sección transversal intermedia y entonces, con ayuda de la figura 12, se puede definir la profundidad de agua " $y$ " correspondiente.

Es probable que luego del primer cálculo no se obtenga el perfil del fondo del canal, con el primer método, o el perfil de la superficie libre del agua, con el segundo método, tan uniforme y continuo como sería deseable. Será necesario, entonces, repetir el procedimiento de cálculo según un ajuste iterativo apropiado hasta obtener una transición uniforme de la superficie

libre del agua y del fondo del canal, o bien, modificar la separación entre las secciones transversales para las formas seleccionadas previamente o variar la forma misma de las secciones transversales”.

### 2.2.2.2 Contracciones

Según NAUDASCHER, E. (2017): “Las diferentes posibilidades de diseño para estrechamientos en canales pueden explicarse, con ayuda de la figura 12, en el caso de un canal de sección rectangular”.



**Figura 13:** Curvas de variación de la Energía específica con la profundidad de agua para flujo subcrítico. Fuente: NAUDASCHER, E. (2017).

“La reducción de la sección transversal puede efectuarse básicamente en dos formas: mediante una reducción de la profundidad y de agua, o por medio de una reducción del ancho B del canal. Se supone que el punto M en figura 12 representa las relaciones geométricas e hidráulicas existentes en

el extremo aguas arriba del canal. El paso hacia las relaciones del extremo de aguas abajo, representadas por el punto E”.

“Por lo general, para un estrechamiento dado de la sección transversal a lo largo de MNE, resultan variaciones menores de la profundidad que a lo largo de la línea MGE. Por esto, un diseño según la línea MNE, conducirá a una estructura de menor longitud, y con menores efectos de curvatura que un diseño según MGE. Siempre y cuando los puntos M y E permanezcan claramente en la zona de flujo subcrítico (con  $Fr < 0.50$ )”.

“Con una contracción creciente del ancho del canal, el punto N se desplaza hacia abajo, hasta alcanzar finalmente el valor crítico  $N_c$ . El mínimo ancho del canal, para el cual el caudal  $Q$  todavía puede ser transportado con el valor constante de  $H_o$  y una profundidad  $y = y_c$ . Cualquier contracción adicional de las paredes del canal producirá un remanso hacia aguas arriba. Igual resultado se obtiene, si la profundidad del canal es demasiado grande”.

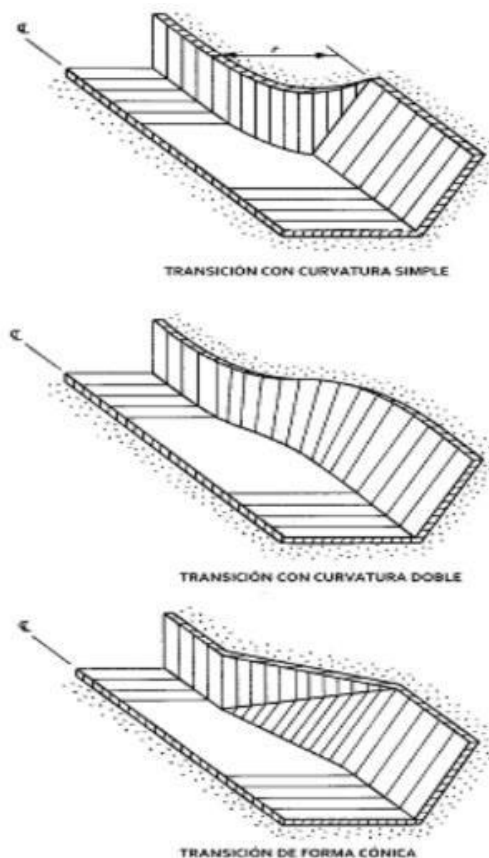
“La consideración de pérdidas de energía a causa de la resistencia de las paredes o del rozamiento para estrechamientos en canales con flujo subcrítico, conduce por lo general a profundidades de agua algo menores, en comparación con los resultados sin consideración de pérdidas, como lo comprobaron las mediciones del U.S. Army Corps of Engineers y del U.S. Bureau of Reclamation. Para estrechamientos de canales, con ángulos en lo posible menores a  $12.5^\circ$  entre el eje de la estructura y la tangente a los lados en el punto de inflexión, recomienda Hinds (1928) la siguiente expresión para la pérdida de energía”:

$$\Delta H = 0.10 \left( \frac{V_B^2}{2g} - \frac{V_A^2}{2g} \right)$$

“Es decir, una pérdida igual a la décima parte de la diferencia de cargas de velocidad en las secciones extremas de la estructura de transición. Esta pérdida debería repartirse proporcionalmente a los cambios locales de cargas de velocidad a lo largo de la estructura. Scobey comprobó esta recomendación. Su trabajo, junto con el de Hinds, proporcionan, hasta el día

de hoy, una presentación válida de los criterios de diseño para estructuras de transición”.

“La formación de ondas en la transición modifica las características del flujo a lo largo de la estructura. Si la reducción de la sección transversal es siempre gradual y suave no se espera que se presenten ondas, a menos que el flujo en la sección de salida esté muy cerca de ser flujo crítico. Las estructuras de transición de un canal trapezoidal a uno rectangular pueden agruparse en tres tipos como se muestran en la figura 13: Las formas a) y b) no son recomendables para altas velocidades, mientras que la forma c) tiene uso restringido para canales pequeños en flujo subcrítico por su costo de construcción. El número de Froude para estos tipos de estructuras está limitado a valores de  $Fr < 0.50$ ”.



**Figura 14 :**  
**Transiciones típicas para flujo subcrítico**  
**Fuente: NAUDASCHER, E. (2017).**



### **2.2.1. Hidrología**

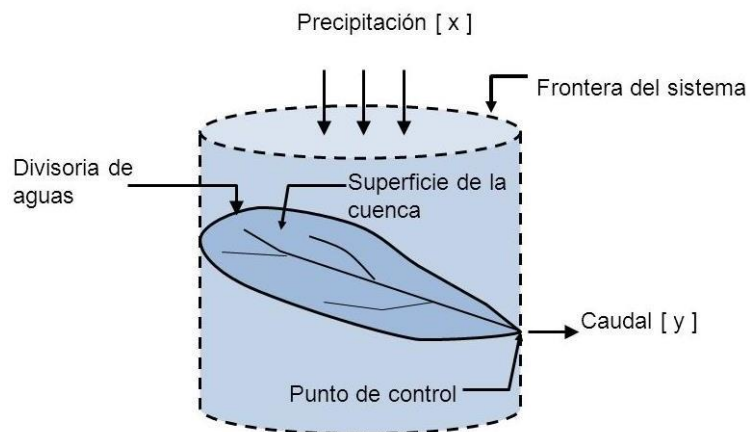
Según Mejía, J. (2012). “La hidrología es la ciencia geográfica que estudia la presencia de todo recurso hídrico dentro de la tropósfera en tiempo, espacio y aleatoriedad. Además, dentro de este recurso se incluye la formación de precipitación, escorrentía, evaporación, agua subterránea y evapotranspiración, los cuales son importantes conocer en el campo de la ingeniería para la realización del diseño y ejecución de obras hidráulicas tales como embalses, drenaje en carreteras, defensas ribereñas, puentes, irrigaciones, abastecimiento de agua, aprovechamiento energético, entre otras”.

Así mismo NOVACK, MOFFAT & NALLURI (2005) indica: “Recordemos que un río es una corriente de agua que fluye por un cauce desde las tierras altas a las tierras bajas y vierte en el mar o en una región endorreica (río colector) o a otro río (afluente). Los ríos se organizan en redes. Una cuenca hidrográfica es el área total que vierte sus aguas de escorrentía a un único río, aguas que dependen de las características de la alimentación. Una cuenca de drenaje es la parte de la superficie terrestre que es drenada por un sistema fluvial unitario. Su perímetro queda delimitado por la divisoria o interfluvio”.

### **2.2.2. Caracterización de la cuenca**

Según ROCHA, F. (2018) sostiene: “No se puede comenzar a realizar un estudio hidrológico sin primero conocer la zona donde se ejecutará dicha tarea. De esta manera, en primera instancia, se debe tener cabida y conocimiento del régimen de agua que tendrá dicho lugar. De esta forma, se da a conocer el término cuenca hidrográfica, como aquella zona, delimitada mediante el uso de cartografía, que es regida por un curso de agua o un sistema integrado de cursos de agua que tienen una sola salida”.

“Es decir, las cuencas tienen siempre un punto de salida, de donde pasa toda el agua drenada. Lo mencionado anteriormente se puede entender mejor en la figura siguiente” (Mejía, 2012, p.47).



**Figura 15 :**  
**La cuenca como sistema hidrológico**  
**Fuente: MEJÍA, J. (2012).**

“En toda cuenca hidrográfica donde las crecidas producen afectaciones tanto a la salud como a los bienes materiales de la población, es cada vez más habitual el uso de sistemas de alerta temprana que permiten pronosticar la evolución de niveles de agua, en línea con la presentación del evento lluvioso que produce la crecida” (Rocha, 2018, p.68).

“La selección del modelo de pronóstico de niveles en tiempo real es dependiente del tamaño y las características de la cuenca, de la disponibilidad de datos hidrometeorológicos, del tiempo de aviso y propósito del pronóstico, de las características del escurrimiento y de la disponibilidad de instalaciones y equipamiento de cómputo” (FAO. 2017, p.96).

Según García, C. & Sala, M. (2018): “Existe una gran variedad de modelos matemáticos que son utilizados para pronóstico de crecidas, así como diversos criterios para su clasificación y estableció una clasificación según la consideración o no de la aleatoriedad involucrada en los fenómenos”:

**a) “Determinísticos”**

**b) “Probabilístico (estocásticos y estadísticos), según la discretización de la cuenca y de los fenómenos involucrados: concentrados (empíricos/conceptuales) o distribuidos (físicamente basados), y paramétricos”.**

### **2.2.3. CUENCAS HIDROGRÁFICAS DE LA REGION LA LIBERTAD**

Según la ANA. (2009): “La Región La Libertad está conformada por 09 cuencas hidrográficas, en base a los principales ríos que irrigan el territorio regional, estas son:

- Cuenca del río alto Huallaga, conformada por el río San Juan, que se encuentra en el territorio del distrito de Ongón provincia de Pataz y tiene una extensión de 130,716 Has.
- Cuenca del río Alto Marañón, abarca los territorios de las provincias de Bolívar, Pataz y parte de las provincias de Sánchez Carrión y Santiago de Chuco, abarca una extensión de 645,627. 80 Has.
- Cuenca del Río Crisnejas: esta cuenca se encuentra en la provincia de Sánchez Carrión, tiene una extensión de 96,392.249 Has”.

“Las cuencas mencionadas están ubicadas en el margen nor oriental del departamento La Libertad, vertiente del Atlántico, beneficiando grandes extensiones de áreas rurales con potencial agrícola, ganadero y minero” (Mejía, J. 2012, p.78).

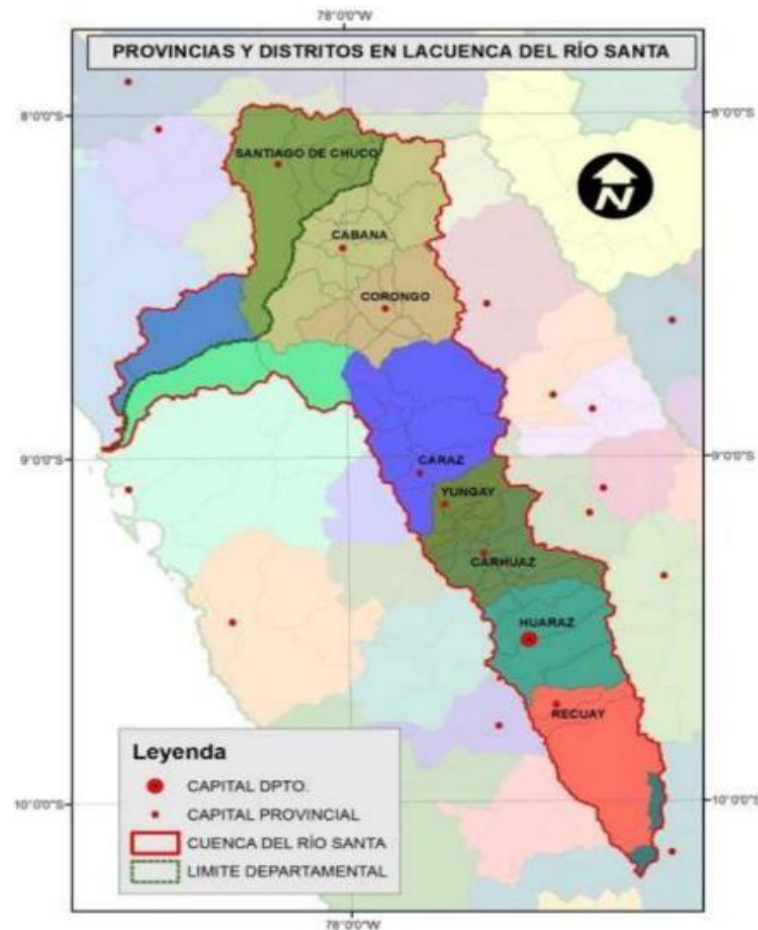
Así mismo Rocha, A. ( 2018) sostiene que: “Tenemos las siguientes cuencas que se orientan hacia la vertiente del Pacífico, abarcando áreas territoriales de sierra y costa”.

- “Cuenca del río Chao: esta cuenca conformada por la confluencia de los ríos Huamanzaña y Chorobal, abarca parte de los territorios de las provincias de Julcán y Santiago de Chuco, con un área de 157,337.516 Has. – Cuenca del río Chicama: abarca los territorios de Santiago de Chuco, Otuzco, Gran Chimú y Ascope, tiene una extensión de 494,555.364 Has”.
- “Cuenca del Río Jequetepeque (parte baja): abarca los territorios de Chepén y Pacasmayo, tiene una extensión de 156,033.44 Has”.
- “Cuenca del Río Moche: esta cuenca abarca parte de los territorios de las provincias de Santiago de Chuco, Julcán, Otuzco y la provincia de Trujillo; tiene una extensión de 266,626.724 Has”.

- “Cuenca del Río Santa: abarca parte de los territorios de la Provincia de Santiago de Chuco y Virú tiene un área de 238,745.926 Has”.

- “Cuenca del Río Virú: esta cuenca abarca parte de los territorios de las provincias de Santiago de Chuco, Julcán y el territorio de Virú, su extensión es de 11, 390. 937 Has”.

“El volumen de descarga de los ríos en la costa es muy variable, en época de lluvias en la sierra los caudales aumentan desperdiciándose mucho recurso hídrico, y en la época de ausencia de lluvias en la sierra, estos caudales se reducen significativamente, con tendencia a variar por efectos del cambio climático” (PSI-INRENA. 2005, p.84).



**Figura 16 :**  
**Provincias y distritos en la Cuenca del Río Santa: Zona de estudio Distrito de Sitabamba, Provincia de Santiago de Chuco.**  
**Fuente : ANA. Autoridad Nacional del agua (2009).**

## **CRITERIOS DE DISEÑO.**

### **Canales abiertos.**

Según Chanson, H. (2004) . “Los canales abiertos son estructuras de sección prismática o natural que poseen una superficie libre, y al estar bajo esa condición están sometidos específicamente a la presión atmosférica. Los principales parámetros dentro de los canales abiertos son la geometría del canal y las propiedades físicas e hidráulicas del flujo”.

Según French, R.H. (2014), indica que: “La geometría del canal por lo general son secciones de figuras geométricas regulares, como un canal rectangular, trapezoidal, triangular, circular, o formas especiales como parábolas o la catenaria hidrostática. Los elementos geométricos de una sección de canal son”:

- **“Profundidad o tirante de flujo:** Es la distancia vertical entre el fondo del canal hasta la superficie libre.
- **Profundidad o tirante de flujo de la sección:** Es la distancia medida perpendicularmente desde el fondo del canal hasta la superficie libre.
- **Espejo de agua:** Es el ancho de la sección en la superficie libre.
- **Área mojada:** Es el área de la sección transversal del flujo.
- **Perímetro mojado:** Es la longitud de la sección transversal en contacto entre el flujo y el canal.
- **Radio hidráulico:** Es la relación entre el área mojada y el perímetro mojado.
- **Profundidad o tirante hidráulica:** Es la relación entre el área y el espejo de agua”.

Ven Te Chow, (2014), sostiene: “una clara clasificación de los flujos en canales abiertos en base a dos criterios fundamentales que son el tiempo y el espacio. La descripción de cada una se da a continuación”:

- **“Tiempo como criterio:** Si la profundidad del flujo no cambia o puede estimarse constante en un intervalo de tiempo el flujo es permanente, caso contrario el flujo es no permanente.
- **Espacio como criterio:** Si la profundidad del flujo se mantiene constante en cada sección del canal el flujo es uniforme, caso contrario el flujo es variado y este se clasifica en gradualmente variado o rápidamente variado en función del cambio de la profundidad del flujo en una distancia dada. Como se puede observar, la profundidad de flujo es una característica para ambos criterios, por lo que se presentan ambos criterios simultáneamente en función de la profundidad del flujo”.

Teniendo en cuenta esta situación, se tiene (Chanson,2004, p.65):

- “Flujo permanente.
  - Flujo uniforme
  - Flujo variado.
    - ✓ Flujo rápidamente variado.
    - ✓ Flujo gradualmente variado”.
- “Flujo no permanente.
  - Flujo uniforme no permanente.
  - Flujo variado no permanente.
    - ✓ Flujo rápidamente variado.
    - ✓ Flujo gradualmente variado”.

Según Rocha, A. (2018) : “El comportamiento de un fluido en un canal abierto está sujeto a la acción de fuerzas viscosas y fuerzas gravitacionales en relación con las fuerzas inerciales propias del flujo. El efecto de la viscosidad en relación a la inercia del flujo puede representarse mediante el número de Reynolds”.

## **SOLUCION AL PROBLEMA DE CAIDAS ABRUPTAS EN UN SISTEMA DE RIEGO.**

Según Carrazón, J. (2007): “Las rápidas, son estructuras hidráulicas que dan solución al problema de caídas abruptas en un sistema de riego, siendo un enlace entre dos tramos de canal con diferencia de cotas apreciables”

“Así mismo permite mantener el trazo y excavación de un canal, permitiendo la conexión de los tramos en toda su longitud mediante la construcción de rápidas” (Villón, 2005, p.54).

Según, Novak, Moffat y Nalluri, (2005), indican : “Las rápidas son usadas para conducir agua desde una elevación mayor a una de más baja. La estructura puede consistir de:

- Una transición de entrada
- Un tramo inclinado
- Un dissipador de energía
- Una transición de salida”.

### **2.3. MARCO CONCEPTUAL: DEFINICIÓN DE TÉRMINOS PARA LA INVESTIGACIÓN**

#### **2.3.1. Distrito de Sitabamba**

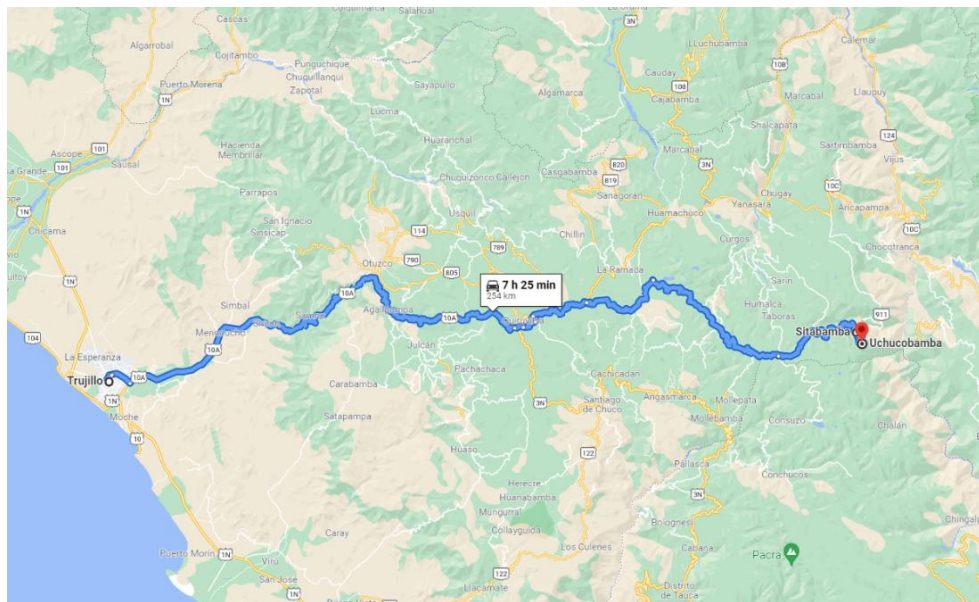
Según ANA, (2010) : “El distrito de Sitabamba es uno de los ocho distritos de la Provincia de Santiago de Chuco, ubicada en el Departamento de La Libertad, Este distrito tiene 15 Caseríos y está dividido por una fractura geográfica, que lo divide en dos espacios físicos bastante notorios. Por lo que a un lado del territorio del distrito tenemos distribuidos a 8 Caseríos y en el otro 7. Por el lado por donde entramos por Pampa el Cóndor se encuentran los Caseríos: Vilcabamba, Pijobamba, Chagavara, Achira, La Unión, Parasive, Huacabamba, **Uchucubamba** y Sitabamba Capital, En la otra fractura geográfica; donde los lugareños denominan la "La Banda" se encuentran los Caseríos: Santa Cruz de Payures, Corrales, Huayobal, Ushnoval, Quilliz, y San Miguel de Shita. pues bien, este distrito tiene dos entradas, una por PAMPA EL CÓNDROR y la otro es por CHUGAY-El Alizar-Payures”.

#### **Lugar de desarrollo del proyecto**

|              |                     |
|--------------|---------------------|
| Caserío      | : Uchucubamba       |
| Distrito     | : Sitabamba         |
| Provincia    | : Santiago de Chuco |
| Departamento | : La Libertad       |



**Figura 17:**  
**Ubicación del Distrito de Sitabamba, Provincia de Santiago de Chuco.**  
**Fuente: Municipalidad Provincial de Santiago de Chuco**



**Figura 18:**  
**Ubicación del caserío Uchucubamba, del Distrito de Sitabamba, Provincia de Santiago de Chuco.** Fuente: Google Ear





**Fotografía 2**  
**Zonas de cultivo en el caserío Uchucubamba, Distrito Sitabamba.**  
**Fuente: Propia**

### **2.3.2. DESCRIPCIÓN DE RÁPIDAS**

Según Villon, 2016: “Las rápidas (Chutes) 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. 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 mayores”.

Rocha, 2018, indica: “La parte de la entrada de la estructura transiciona 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, un vertedero o un control en la entrada. La entrada usada debería ser simétrica con respecto al eje de la rápida, permitir el paso 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”.

Mery, 2013 indica: “Las pérdidas de carga 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 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 correspondiente, para determinar la gradiente de energía al inicio del tramo inclinado”.

Según Villon, 2016: “El tramo inclinado con tubo o canal abierto, generalmente sigue la superficie original del terreno y se conecta con el dissipador de energía en el extremo más bajo. Muchos libros sobre mecánica de fluidos discuten el comportamiento del agua en pendientes pronunciadas y en saltos hidráulicos y derivan las ecuaciones usadas para determinar las características del flujo bajo esas condiciones. Algunas de las soluciones son obtenidas por tanteo. El uso de una computadora y programas, hace estas soluciones menos tediosas”.

“Pozas dissipadoras o salidas con obstáculos (baffled outlets) son usadas como dissipadores de energía en este tipo de estructuras” (Pérez & Pérez 2003, p.58).

Según French, 2018: “Una transición de salida es necesaria para transicionar el flujo entre el dissipador de energía y el canal aguas abajo. Si es necesario proveer el tirante de aguas abajo (tail water) 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 el remanso elevando el piso de la transición en el sitio de la uña”.

“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” (Villón, 2016, p.94).



**Fotografía 03:**  
**Vista del desnivel 1, tramo de canal Uchucubamba**  
**Fuente: propia**



**Fotografía 04:**  
**Vista del desnivel 2, tramo de canal Uchucubamba**  
**Fuente: propia**

### **2.3.3. CONSIDERACIONES DE DISEÑO HIDRAULICO**

#### **2.3.3.1. Coeficiente de Rugosidad de Manning**

Según Rocha, (2018) indica: “En el cálculo de las características de flujo en una estructura de este tipo son usados valores conservadores del coeficiente de rugosidad de Manning “n”. Cuando se calcula la altura de muros en una rápida de concreto, se asume valores de  $n = 0.014$  y en el cálculo de niveles de energía valores de  $n = 0.010$ ”.

#### **2.3.3.2. Transiciones**

Según ROCHA, F. (2018) : “Las transiciones en una rápida abierta, deben ser diseñadas para prevenir la formación de ondas. Un cambio brusco de sección, sea convergente o divergente, puede producir ondas que podrían causar perturbaciones, puesto que ellas viajan a través del tramo inclinado y el dissipador de energía. Para evitar la formación de ondas, la cotangente del ángulo de deflexión de la superficie de agua en el plano de planta desarrollado de cada lado de una transición no debería ser menor que 3.375 veces el número de FROUDE (F)”.

VILLON, M. (2005): “Esta restricción sobre ángulos de deflexión se aplicaría para cada cambio de sección hecha en la entrada, en el tramo inclinado o en la poza dissipadora. Si esta restricción no controla el ángulo de deflexión, el máximo ángulo de deflexión de la superficie de agua en la transición de entrada puede ser aproximadamente  $30^\circ$ ”.

“Las transiciones de entrada asimétricas y cambios de alineamiento inmediatamente aguas arriba de la estructura, deben evitarse por que pueden producir ondas cruzadas o flujo transversal que continuará en el tramo inclinado” (García, 2017, p.67).

#### **2.3.3.3 Tramo Inclinado**

Según CHANSON, H. (2004): “En el tramo inclinado, la sección usual para una rápida abierta es rectangular, pero las características de flujo de otras formas de sección, deben ser consideradas donde la supresión de ondas es

una importante parte del diseño. La economía y facilidad de construcción son siempre consideradas en la elección de una sección. Cuando es necesario incrementar la resistencia del tramo inclinado al deslizamiento, se usan “uñas” para mantener la estructura dentro de la cimentación”.

“Para rápidas menores de 9 m (30 pies) de longitud, la fricción en la rápida puede ser despreciable. La ecuación de Bernoulli es usada para calcular las variables de flujo al final del tramo inclinado” (VILLÓN, 2005, p.84).

#### **2.3.3.4. Trayectoria**

Según ANA (2010): “Cuando el dissipador de energía es una poza, un corto tramo pronunciado debe conectar la trayectoria con la poza dissipadora. La pendiente de este tramo sería entre 1.5:1 y 3:1, con una pendiente de 2:1 preferentemente. Pendientes más suaves pueden ser usadas en casos especiales, pero no se deben usar pendientes más suaves que 6:1. Se requiere de una curva vertical entre el tramo inclinado y el tramo con pendiente pronunciada”.

#### **2.3.3.5. Poza Dissipadora**

Según ANA (2010): “En una poza dissipadora el agua fluye desde el tramo corto de pendiente pronunciada a una velocidad mayor que la velocidad crítica. El cambio abrupto en la pendiente, donde la pendiente suave del piso de la poza dissipadora se une con el tramo corto de pendiente pronunciada, fuerza al agua hacia un salto hidráulico y la energía es disipada en la turbulencia resultante. La poza dissipadora es dimensionada para contener el salto. Para que una poza dissipadora opere adecuadamente el número de Froude debería estar entre 4.5 y 15, donde el agua ingresa a la poza dissipadora. Estudios especiales o pruebas de modelos se requieren para estructuras con número de Froude fuera de este rango. Si el número de Froude es menor que 4.5 no ocurriría un salto hidráulico estable. Si el número de Froude es mayor que 10, una poza dissipadora no sería la mejor alternativa para disipar energía. Las pozas dissipadoras requieren de un tirante de aguas abajo para asegurar que el salto ocurra donde la turbulencia puede ser contenida”.

### **2.3.3.6. Formación de Ondas**

Según PEREZ, L. & PEREZ, S. (2003): “Las ondas en una rápida son objetables, porque ellas pueden sobrepasar los muros de la rápida y causar ondas en el disipador de energía. Una poza disipadora no sería un disipador de energía efectivo con este tipo de flujo porque no puede formarse un salto hidráulico estable”.

“Estas ondas generalmente se forman en rápidas, que son más largas que aproximadamente 60 m, y tienen una pendiente de fondo más suave que 20°. La máxima altura de onda que puede esperarse es 2 veces el tirante normal para la pendiente, y la capacidad máxima del flujo momentáneo inestable y pulsátil es 2 veces la capacidad normal” (Pérez & Pérez, 2003, p.94).

### **SOFTWARE RAPIDAS V1.0**

RÁPIDAS Versión 1.0, es un software para el diseño hidráulico de estructuras de disipación de energía en los canales de riego, se considera a las Rápidas, Caídas Inclinas y Caídas Verticales.

El diseño hidráulico de las estructuras de disipación de energía en el caso de las rápidas y caídas inclinadas se realiza mediante métodos numéricos para la solución de las ecuaciones no lineales, por el método de Newton Raphson.

En el diseño se utilizan tanques amortiguadores generalizados desarrollados por la United States Bureau of Reclamation y Tanque tipo SAF, para la disipación de energía.

El programa informático realiza el cálculo hidráulico, el dimensionamiento de la estructura de disipación de energía, la verificación del funcionamiento del tanque amortiguador para diferentes caudales, verificación de la formación de ondas en el canal de la rápida, muestra resultados gráficamente y en tablas. Asimismo, los datos ingresados por el usuario y resultados se pueden



guardar en un archivo que generará el programa y tiene la capacidad de exportar los datos gráficos al AutoCAD 2010.

El software ha sido probado, verificado y comparado con los resultados de los ejercicios y ejemplos propuestos en diferentes libros y manuales que se presentan en la bibliografía, para validar los resultados obtenidos con el uso del software, los cuales se anexan al final del presente documento. El programa está disponible en una versión 32-bit y es compatible con Windows XP, Windows Vista y Windows 7



**Figura 18 :**  
**Pantalla de Inicio de sesión Software RAPIDAS v1.0**  
**Fuente: Manual del Software RAPIDAS v1.0**

#### **2.3.4. Recurso Agua**

Según ANA (2009) : “La principal fuente de agua disponible es la escorrentía superficial de los afluentes del río San Sebastián, que se alimenta con las precipitaciones y deshielo en la parte alta de la cuenca del Rio Santa y que constituye la fuente más importante de abastecimiento hídrico del caserío de Uchucubamba, comprensión del Distrito de Sitabamba, en la Provincia de Santiago de Chuco”.

### **2.3.5. Climatología**

#### **a. Precipitación**

Según ANA, (2009): “La precipitación en la cuenca del Rio Santa que abarca el proyecto, varía desde escasos milímetros, hasta 546 mm anuales en la parte alta de la cuenca del río San Sebastián. La cuenca húmeda se desarrolla a partir de los 3,000 m.s.n.m., presentando precipitaciones anuales desde 278 mm. hasta 391 mm.”

#### **b. Temperatura**

“La temperatura mensual en el área del proyecto es variable con la altitud, observándose temperatura media de 18. 6° C a la altura de 3,052 m.s.n.m. En altitudes mayores, la temperatura máxima varía entre 9 y 18° C y la mínima entre -7 a - 11 °C” (ANA,2010, p.28).

#### **c. Humedad Relativa**

“La humedad relativa, guarda estrecha relación con el régimen termopluiométrico y con la altura. En las partes bajas la humedad relativa fluctúa alrededor del 80 por ciento, en las partes intermedias varía entre 50 y 70 por ciento, mientras que en las partes altas se observa una variación entre 30 a 60 por ciento” (ANA,2010, p.32).

#### **d. Evaporación**

Según ANA (2010) : “La evaporación media anual en la parte baja, es de 1972 mm., mientras en la parte intermedia es de 2,197 mm. La evaporación media mensual varía entre 122 a 167 mm, con un promedio anual de 1,838 mm.; Horas de sol En la zona de Sitabamba la luminosidad media mensual varía de 2.5 a 8.4 horas /día, mientras que en el valle de Sitabamba, estos valores son mayores, observándose luminosidades entre 6.8 y 8.9 horas/día”.

#### **f. Radiación solar**

“La radiación solar en el distrito de Sitabamba, es alta, generando un proceso de intercambio de energía que da lugar a tasas de evaporación y



Evapotranspiración también altas. La radiación solar medida varía entre 2,500 y 4,700 cal-gr/cm<sup>2</sup>” (ANA, 2010, p.52).

#### **g. Vientos**

“Los vientos en la zona son suaves, variando a brisas ligeras con velocidades de 4 a 7m/s (14 a 25 Km/hora), que no son perjudiciales para las diferentes actividades que se realizan en la región” (ANA, 2010, p.64).

#### **2.3.6. CUENCA DEL RÍO SANTA**

“La Cuenca del Rio Santa es parte de la cuenca del Océano Pacifico y Según la Autoridad Nacional del Agua (ANA), pertenece a la región Hidrográfica del pacifico, como parte de la unidad hidrográfica 137; drenando un área total de 14,954km<sup>2</sup>” (ANA, 2010, p.72).

Según ANA (2010) : “Políticamente, se localiza en el departamento de Ancash, comprendiendo total o parcialmente las provincias: Bolognesi, Recuay, Huaraz, Carhuaz, Yungay, Huaylas, Corongo, Pallasca y Santa en el departamento de la Libertad: Santiago de Chuco, Huamachuco”.

“Geográficamente, sus puntos extremos se encuentran comprendidos entre los 10°08' y 8°04' de latitud sur y los 78°38' y 77°12' de longitud oeste” (ANA, 2010, p.92).

Según ANA (2010): “Altitudinalmente, se extiende desde el nivel del mar hasta la línea de cumbres de la cordillera occidental de los Andes, cuyos puntos más elevados están sobre los 4,000 msnm, que constituye la divisoria de aguas entre las cuencas de los ríos Marañón y Santa y cuyo punto más alto comprende al Nevado Huascarán Sur (6,768 msnm)”.

Según la ANA, (2010): “La longitud promedio de la cuenca es de aprox. 320 km y su ancho promedio de 38 km. Las ciudades más importantes que atraviesa son las siguientes:

|   |                |           |              |
|---|----------------|-----------|--------------|
| ➤ | <b>0 Km</b>    | CONOCOCHA | (4,050 msnm) |
| ➤ | <b>62 Km.</b>  | RECUAY    | (3,400 msnm) |
| ➤ | <b>88 Km.</b>  | HUARAZ    | (3,090 msnm) |
| ➤ | <b>126 Km.</b> | CARHUAZ   | (2,650 msnm) |
| ➤ | <b>153 km.</b> | YUNGAY    | (2,500 msnm) |
| ➤ | <b>163 Km.</b> | CARAZ     | (2,290 msnm) |
| ➤ | <b>205 Km.</b> | HUALLANCA | (1,820 msnm) |
| ➤ | <b>215 Km.</b> | YURAMARCA | (1,420 msnm) |
| ➤ | <b>343 Km.</b> | SANTA     | (20 msnm)”   |

“La cuenca del río Santa se ubica en la costa central del Perú, en el sector septentrional del departamento de Ancash. Políticamente comprende territorios correspondientes a las regiones de Ancash y La Libertad, 12 provincias y 69 distritos” (ANA, 2010, p.134).

“Tiene una extensión de 11596.5153 Km<sup>2</sup> y un perímetro 960.302 Km; La longitud promedio de la cuenca es de aproximadamente 320 Km y su ancho promedio de 38 Km” (ANA, 2010, p.146).

### **2.3.7. COMPORTAMIENTO ESTACIONAL DEL RIO SANTA**

“El Rio Santa descarga el 76% de su volumen anual durante el periodo de avenidas y solo el 15% durante el periodo de estiaje; el 11% restante del volumen de agua anual corresponde al periodo de transición” (ANA,2010, p.186).



**Figura 19.**  
Ubicación de la Cuenca del Río Santa.  
Fuente: Ministerio de Agricultura y Riego (ANA)

**Tabla 2:**  
**Provincias y Distritos de la Cuenca del Río Santa**  
**Fuente: INEI. 2020**

| DEPARTAMENTO | PROVINCIA         | DISTRITO            |
|--------------|-------------------|---------------------|
| ANCASH       | BOLOGNESI         | AQUIA               |
|              |                   | CHIQUIÁN            |
|              | CARHUAZ           | ACOPAMPA            |
|              |                   | AMASHCA             |
|              |                   | ANTA                |
|              |                   | ATAQUERO            |
|              |                   | CARHUAZ             |
|              | CORONGO           | ACO                 |
|              |                   | BAMBAS              |
|              |                   | CORONGO             |
|              |                   | CUSCA               |
|              |                   | LA PAMPA            |
|              |                   | YANAC               |
|              |                   | YUPÁN               |
|              | HUARAZ            | HUARAZ              |
|              |                   | INDEPENDENCIA       |
|              |                   | JANGAS              |
|              |                   | OLLEROS             |
|              |                   | TARICÁ              |
|              | HUAYLAS           | CARAZ               |
|              |                   | HUALLANCA           |
|              |                   | HUATA               |
|              |                   | HUAYLAS             |
|              |                   | MATO                |
|              |                   | PUEBLO LIBRE        |
|              |                   | SANTA CRUZ          |
|              |                   | SANTO TORIBIO       |
|              |                   | YURACMARCA          |
|              |                   | PALLASCA            |
|              | CABANA            |                     |
|              | CONCHUCOS         |                     |
|              | HUACASCHUQUE      |                     |
|              | HUANDOVAL         |                     |
|              | LACABAMBA         |                     |
|              | LLAPO             |                     |
|              | PALLASCA          |                     |
|              | PAMPAS            |                     |
|              | SANTA ROSA        |                     |
|              | TAUCA             |                     |
|              | RECUAY            | CATAC               |
|              |                   | RECUAY              |
|              | SANTA             | TICAPAMPA           |
|              |                   | CHIMBOTE            |
|              |                   | COISHCO             |
|              |                   | MACATE              |
|              | SIHUAS            | SANTA               |
|              |                   | RAGASH              |
| YUNGAY       | CASCAPARA         |                     |
|              | MANCOS            |                     |
|              | MATACOTO          |                     |
|              | RANRAHIRCA        |                     |
|              | SHUPLUY           |                     |
|              | YUNGAY            |                     |
| LA LIBERTAD  | SANTIAGO DE CHUCO | ANGASMARCA          |
|              |                   | CACHICADÁN          |
|              |                   | MOLLEBAMBA          |
|              |                   | MOLLEPATA           |
|              |                   | QUIRUVILCA          |
|              |                   | SANTA CRUZ DE CHUCA |
|              |                   | SANTIAGO DE CHUCO   |
|              |                   | SITABAMBA           |
|              | VIRU              | CHAO                |
|              |                   | GUADALUPITO         |

Tabla 3:

*Balance Hídrico de la cuenca del Rio Santa. Mes de Febrero 2020*

*Fuente: ANA 2020*

*El caudal captado, se ha determinado por medición de caudal que conduce los canales de riego, en la máxima capacidad en épocas de estiaje.*

| PUNTO | NOMBRE DE CAPTACION  | CAUDAL DISPONIBLE | CAUDAL CAPTADO | CAUDAL CONSUMIDO | CAUDAL REMANENTE |
|-------|--|-------------------|----------------|------------------|------------------|
|       |  | l/s               | l/s            | l/s              | l/s              |
| (1)   | (2)  | (3)               | (4)            | (5)              | (6)              |
|       | Caudal de descarga de laguna Querococha                                | 2550              |                |                  |                  |
| 1     | Caudal captado en la piscigranja de Alejandro Tarazona Ortiz           |                   | 40.8           | 8.16             | 2541.8           |
|       | Caudal disponible aguas abajo de captación de piscigranja              | 2541.84           |                |                  |                  |
| 2     | Caudal captado por C.R Querococha Tres Bases                           |                   | 180.0          | 180.00           | 2361.84          |
|       | Caudal aguas abajo del C.R Querococha Tres Bases.                      | 2361.84           |                |                  |                  |
| 3     | Caudal captado por C.R Yacucancha Buenos Aires                         |                   | 150.0          | 150.00           | 2211.84          |
|       | Caudal disponible aguas abajo del C.R. Yacucancha Buenos Aires         | 2211.84           |                |                  |                  |
|       | Aporte de la quebrada Cotush   | 553.9             |                |                  |                  |
|       | Total disponible despues de la union de las Qdas Querococha y Cotush   | 2765.74           |                |                  |                  |
| 4     | Caudal captado por la piscigranja de Eusebia Tarazona Poma y Alejandro |                   | 100.0          | 20.00            | 2745.74          |
|       | Caudal disponible aguas debajo de la captacion de la piscigranja       | 2745.74           |                |                  |                  |
| 5     | Caudal captado por Corporacion Minera Toma La Mano                     |                   | 25.0           | 25.00            | 2720.74          |
|       | Caudal disponible aguas abajo de captacion de la Minera Toma La Mano   | 2720.74           |                |                  |                  |
| 6     | Caudal captado por la piscigranja Rainbow                              |                   | 350.2          | 70.04            | 2650.7           |
|       | Caudal disponible aguas abajo de captacion de la piscigranja           | 2650.7            |                |                  |                  |
|       | Aporte de la quebrada Hueychao, Queshque y Manantial Churana           | 15.4              |                |                  |                  |
| 7     | Caudal captado por el agua potable Ticapampa                           |                   | 3.52           | 3.52             | 2662.6           |

**Tabla 4:**

**Balance hídrico cuenca Rio Santa. Aforo mes Julio 2020**

**Fuente: ANA 2020.**

**El caudal captado, se ha determinado por medición de caudal que conduce los canales de riego, en la máxima capacidad en épocas de estiaje**

| PUNTO | NOMBRE DE CAPTACION  | CAUDAL DISPONIBLE | CAUDAL CAPTADO | CAUDAL CONSUMIDO | CAUDAL REMANENTE |
|-------|--|-------------------|----------------|------------------|------------------|
|       |  | l/s               | l/s            | l/s              | l/s              |
| (1)   | (2)  | (3)               | (4)            | (5)              | (6)              |
|       | Caudal de descarga de laguna Querococha  | 370               |                |                  |                  |
| 1     | Caudal captado en la piscigranja de Alejandro Tarazona Ortiz                               |                   | 40.8           | 8.16             | 361.8            |
|       | Caudal disponible aguas abajo de captación de piscigranja                                  | 361.84            |                |                  |                  |
| 2     | Caudal captado por C.R Querococha Tres Bases   |                   | 180.0          | 180.00           | 181.84           |
|       | Caudal aguas abajo del C.R Querococha Tres Bases.  | 181.84            |                |                  |                  |
| 3     | Caudal captado por C.R Yacucancha Buenos Aires   |                   | 150.0          | 150.00           | 31.84            |
|       | Caudal disponible aguas abajo del C.R. Yacucancha Buenos Aires                             | 31.84             |                |                  |                  |
|       | Aporte de la quebrada Cotush   | 553.9             |                |                  |                  |
|       | Total, disponible después de la unión de las Qdas Querococha y Cotush                      | 585.74            |                |                  |                  |
| 4     | Caudal captado por la piscigranja de Eusebia Tarazona Poma y Alejandro                     |                   | 100.0          | 20.00            | 565.74           |
|       | Caudal disponible aguas debajo de la captación de la piscigranja                           | 565.74            |                |                  |                  |
| 5     | Caudal captado por Corporacion Minera Toma La Mano   |                   | 25.0           | 25.00            | 540.74           |
|       | Caudal disponible aguas abajo de captacion de la Minera Toma La Mano                       | 540.74            |                |                  |                  |
| 6     | Caudal captado por la piscigraja Rainbow   |                   | 350.2          | 70.04            | 470.7            |
|       | Caudal disponible aguas abajo de captacion de la piscigranja                               | 470.7             |                |                  |                  |
|       | Aporte de la quebrada Hueychao, Queshque y Manantial Churana                               | 15.4              |                |                  |                  |
| 7     | Caudal captado por el agua potable Ticapampa   |                   | 3.5            | 3.52             | 482.6            |
|       | Caudal disponible aguas abajo de captacion del agua potable de Ticapampa                   | 482.6             |                |                  |                  |
| 8     | Caudal solicitado por la Minera Huinac S.A.C   |                   | 6.0            | 6.00             | 476.6            |
|       | Caudal disponible aguas abajo del captacion Minera Huinac                                  | 476.6             |                |                  |                  |
| 9     | Caudal captado por las piscigranjas Virgen de Mercedes y Virgen del Carmen                 |                   | 135.0          | 27               | 449.6            |
|       | Caudal disponible aguas abajo de captacion de las Piscigranjas                             | 449.6             |                |                  |                  |
| 10    | Caudal captado por las piscigranjas Juan Obregón Castillo, Víctor Castillo, Riter Espinoza |                   | 31.7           | 6.334            | 443.2            |
|       | Caudal que descarga rio Santa al rio Santa   | 443.2             |                |                  |                  |
|       | <b>TOTAL</b>   | <b>443.2</b>      |                | <b>496.05</b>    | <b>443.2</b>     |

### **2.3.8. LA EVAPORACIÓN.**

Según MONSALVE, G (2019): “La evaporación es un fenómeno físico que consiste en el paso del agua del estado líquido al estado de vapor. Depende de una serie de factores como la radiación solar y la velocidad del viento que influyen directamente sobre la superficie evaporante para originar la evaporación y transportarla fuera de esta superficie.

La evaporación es el proceso por el cual el agua líquida pasa al estado de vapor en condiciones naturales.

Se expresa como:  $E = dm / dt$

#### **Formulas empíricas.**

Existen diversas fórmulas empíricas desarrolladas por investigadores, en función de variables meteorológicas. Las más conocidas y de mayor aplicación son las siguientes formulas: Thornthwaite, Penman, Christiasen, Hargreaves, etc.

Cada una de estas fórmulas ha sido desarrollada para condiciones específicas. La fórmula que utiliza el mayor número de variables meteorológicas es la de Penman y además la que da mejores resultados, sin embargo, no siempre se puede usar en lugares donde se tienen los datos meteorológicos requeridos.

La fórmula de Hargraves de buenos resultados cuando se aplica en la sierra, por lo que tiene mucha aplicación en esta región”.

### **2.3.9. LA PRECIPITACIÓN.**

Según MEJIA, J. (2012): “Es el fenómeno de caída del agua de las nubes en forma líquida o sólida, para que se produzca es necesario que las pequeñas gotas de la nube se unan para formar gotas más grandes y vencer la resistencia del aire y caer, es precedida por los procesos de condensación, sublimación y asociada primigeniamente con las corrientes convectivas de aire”.

### **2.3.9.1. Medición de la precipitación.**

Según MERY, H. (2013). “Los instrumentos para medir la cantidad y la intensidad de la precipitación se llaman pluviómetros. Todas las formas de precipitación se miden sobre la base de una columna vertical de agua que se acumularía sobre una superficie a nivel si la precipitación permaneciese en el lugar donde cae. En el sistema métrico, la precipitación se mide en milímetros y decimos de milímetros”.

**2.3.9.2. Precipitación confiable o dependiente (PD).** “Los andes sur peruanos se caracterizan por aportar agua en forma de lluvia. Parte de esta lluvia de que dispone la planta para su desarrollo es una fracción, la otra se pierde por escorrentía, percolación y evaporación. En este sentido, al volumen parcial utilizado por las plantas para sus necesidades hídricas se le ha definido como precipitación efectiva” (MERY, H. 2013, p.87).

### **2.3.9. ESCORRENTÍA.**

Según ROCHA, A. (2018) : “ Se refiere a todas las corrientes de agua que fluyen superficialmente sobre el suelo, debido a precipitaciones y formas de riego. La escorrentía se presenta cuando el grado de precipitación y los riegos exceden al grado de infiltración del agua en el suelo”.

### **2.3.10. FACTORES QUE INFLUYEN EL CLIMA.**

Según ROCHA, A. (2018): “Son aquellos que hacen variar de un lugar a otro y de una estación a otra, a los elementos del clima y entre estos tenemos.

- Latitud. Determina la mayor o menor inclinación de los rayos solares que llegan sobre un determinado lugar, así como la duración de los días, las características estacionales que son las causas del mayor o menor calentamiento de la superficie terrestre.
- Altitud. Se refiere a la altura de la zona, sobre el nivel del mar y se expresa en metros, la variación altitudinal, tiene relación con la disminución de la densidad del aire, en los países cercanos al Ecuador los cambios de temperatura se manifiestan a medida que aumenta la altura.



- Relieve del suelo. Con respecto a los rayos del sol. No es lo mismo una superficie plana que una accidentada y su orientación, en el hemisferio Sur todas las laderas de valle, u objetos que estén orientados al norte tienen mejor clima que los orientados al sur”.

### **2.3.11. ELEMENTOS DEL CLIMA.**

Según la FAO, 2017; define a los elementos del clima como:

#### **“a) La radiación solar.**

Es la energía que emite el sol y recibida en la superficie terrestre, es la fuente de casi todos los fenómenos meteorológicos y de sus variaciones en el curso de los días y de los años.

La radiación solar, proceso físico que llega al límite superior de la atmosfera y transmite energía en forma de ondas electromagnéticas en línea recta y con una velocidad de 300.000 km/seg.

Se propaga a través del espacio sin necesidad de un medio ambiente.

#### **b) La Temperatura.**

La temperatura constituye un elemento fundamental de la irregular distribución de la energía solar (insolación), la temperatura del aire presenta grandes variaciones y esta a su vez, determinan otros significativos cambios de tiempo.

La temperatura es un factor importante en la determinación de las condiciones de vida de las plantas y producción del suelo en las diferentes partes del globo terrestre. La temperatura del aire, proviene exclusivamente del sol y sus efectos no son directos si no indirectos, es decir que no es por absorción directa de la radiación solar, si no por el calor irradiado por la superficie terrestre.

#### **c) La humedad atmosférica.**

La humedad atmosférica expresa el contenido de vapor de agua de la atmosfera, vapor de agua que proviene de la evaporación que tiene lugar en los espejos de agua, en los suelos húmedos o a través de las plantas. La

expresión mejor conocida y más usada con referencia al vapor de agua, es la humedad relativa.

**d) Humedad relativa (HR).** Se define como la relación (expresada en porcentajes) entre cantidad de vapor de agua que tiene el aire y la que tendría si tuviera saturado.

$$HR = e/E \times 100$$

Donde:

e = Tensión de vapor existente

E = Tensión máximo de vapor”

## **2.4.- SISTEMA DE HIPÓTESIS**

El Diseño hidráulico de dos rápidas y dos transiciones serán necesarias para implementar el sistema de riego del caserío de Uchucubamba, distrito Sitabamba, Provincia Santiago de Chuco.

### **2.4.1. VARIABLES**

#### **VARIABLE**

Diseño hidráulico de dos rápidas y transiciones, para Implementar sistema de riego caserío Uchucubamba, distrito Sitabamba, Provincia Santiago de Chuco.

## OPERACIONALIZACION DE VARIABLE

| Variables  | Definición Conceptual   | Definición Operacional   | Dimensiones                   | Indicadores  | Instrumentos   |
|--|---|--|-------------------------------|--|--|
| <b>Diseño hidráulico de dos Rápidas y Transiciones para implementar sistema de Riego Uchucubamba, Distrito Sitabamba, Provincia Santiago de Chuco.</b> | <b>Según Reyes, C. Luis:</b><br><b>“Consiste en realizar el dimensionamiento y la forma geométrica, en función del caudal para conectar dos tramos de un canal con desnivel y pendiente, Conocer las propiedades hidráulicas, elevaciones de la Rasante y de la sección del canal sección</b><br><br><b>Aguas arriba y aguas debajo de los puntos donde se ubicaran las Rápidas y Las Transiciones”</b> | <b>“El presente proyecto orienta a determinar el diseño hidráulico de Rápidas y Transiciones, empleando las ecuaciones fundamentales de la Hidráulica y fórmulas de régimen crítico, bordo libre, tirantes conjugados Tirante en la poza de disipación” ( Rocha, A. 2018).</b> | <b>Diseño de Rápidas</b>      | -Longitud (m)<br>-Caudal(lps) (m3/s)<br>-Tirante canal (m)<br>-Ancho de canal (m)<br>-Pendiente (%)<br>-Área efectiva (m)<br>-Radio Hidráulico (m)<br>-Velocidad Llegada (m/s).<br>-Volumen (M3) | -Libreta campo<br>-GPS.<br>-Planos.<br>-Softwares.<br>-Vertederos<br>-Cámara y otros.<br>-Estación Total |
|  |   |  | <b>Diseño de Transiciones</b> | -Longitud (m)<br>-Caudal (m3/s)<br>-Ancho canal(m)<br>-Tirante (m).<br>-Pendiente (m/m)<br>-Talud (Z)<br>-Velocidad (m/s)<br>-Espejo agua(m)<br>-Volumen (m3)<br>-Rugosidad (n)                  | -Libreta campo<br>-GPS.<br>-Planos.<br>-Softwares.<br>-Vertederos<br>-Cámara y otros.<br>-Estación Total |

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA EMPLEADA**

#### **3.1. Tipo y Nivel de Investigación**

Según Ander-Egg, (1992): *“La investigación es un procedimiento reflexivo, sistemático, controlado y crítico que tiene por finalidad descubrir o interpretar los hechos y fenómenos, relaciones y leyes de un determinado ámbito de la realidad ...-una búsqueda de hechos, un camino para conocer la realidad, un procedimiento para conocer verdades parciales, -o mejor-, para descubrir no falsedades parciales.*

En nuestro Trabajo de Investigación:

Tipo de Investigación, según el objetivo es: **APLICADA**

Nivel de Profundización en el objeto de estudio es: **DESCRIPTIVA”**

#### **3.2. Población y muestra de estudio**

##### **3.2.1. Población**

Rápidas y Transiciones en los sistemas de riego en la Provincia de Santiago de Chuco.

##### **3.2.2. Muestra**

Rápidas y Transiciones en el sistema de riego en el caserío Uchucubamba, Distrito Sitabamba, Provincia de Santiago de Chuco.

#### **3.3. Diseño de Investigación**

El Diseño a Utilizar en nuestro proyecto de Investigación será **Diseño de Investigación no experimental transversal.**

A partir de la perspectiva de Kerlinger y Lee (2002) presentamos un listado con las principales características de los diseños no experimentales. Son las siguientes:

- a) No hay manipulación de la variable independiente, bien sea porque se trate de una variable que ya ha acontecido, bien sea porque se trate de una variable que por su propia naturaleza o por cuestiones éticas no pueda

manipularse de forma activa. Se incluyen, pues, en este grupo de variables todas aquellas que recogen características propias de los individuos.

b) No hay asignación aleatoria de los sujetos a las condiciones de tratamiento. Es decir, los grupos no se forman aleatoriamente, por lo que no queda garantizada su equivalencia inicial.

c) Los datos simplemente se recolectan y luego se interpretan, puesto que no se interviene de forma directa sobre el fenómeno.

d) Se estudian los fenómenos tal y como ocurren de forma natural. Esta característica hace que los diseños de tipo no experimental se utilicen principalmente en investigación aplicada.

e) De las características anteriores se desprende que el diseño no experimental no permitirá establecer relaciones causales inequívocas.

### **3.4. Técnicas e Instrumentos de Investigación**

#### **3.4.1. Etapa de Campo:**

“Esta etapa comprendió varias acciones que son desarrolladas a lo largo del tiempo de duración del estudio, entre las que podemos citar en orden cronológico son:

- Se realizó el reconocimiento de la zona de estudio.

- Evaluamos e inventariamos los puntos críticos y de entrega al Rio San Sebastián de los volúmenes de agua fluvial, de los ríos y quebradas tributarios, comprensión de la Cuenca del Rio Santa y el punto de entrega al canal del caserío Uchucubamba.

- Realizamos la Evaluación técnica del sistema de riego del caserío Uchucubamba, comprensión del distrito de Sitabamba en la provincia de Santiago de Chuco.

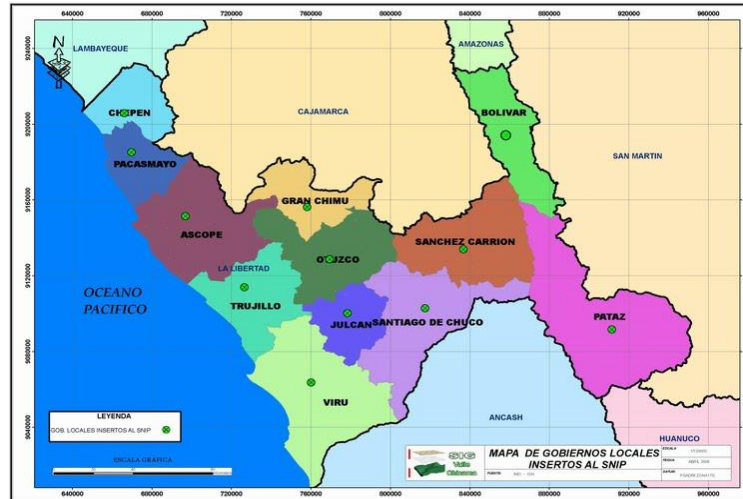
- Identificamos los puntos donde se realizarán el diseño de dos Rápidas y de dos transiciones para la implementación sistema de riego en el Caserío de Uchucubamba.

- Determinamos las propiedades hidráulicas, las elevaciones de la rasante y de las secciones del canal aguas arriba y aguas debajo de la ubicación de las Rápidas y de las Transiciones”.

### 3.4.2. Trabajos de gabinete

Obtención de materiales y documentos a través de la información oral o visual de otras personas o fenómenos naturales.

### 3.4.3. Información cartográfica.



3.4.4. Aplicación de Tecnología para el diseño hidráulico de dos Rápidas y dos transiciones en el canal de Riego del caserío Uchucubamba, distrito Sitabamba, departamento Santiago de Chuco.

**Tabla 5**  
**Técnicas, Instrumentos**  
**Fuente: Elaboración propia**

| TECNICAS    | INSTRUMENTOS   |
|-------------|--|
| Observación | Libreta de campo, mapas, planos, dispositivos mecánicos y electrónicos, Guía de Observación. |
| Entrevista  | Cuestionarios, guía de entrevista, Escala de Likert  |

### 3.5. Procesamiento y Análisis de Datos

En este apartado se describirán las distintas operaciones a las que serán sometidos los datos o respuestas que se obtengan: clasificación, registro, tabulación y codificación si fuere el caso. En cuanto al Análisis se definirán las Técnicas Lógicas o Estadísticas, que se emplearán para descifrar lo que revelan los datos recolectados.

Se empleará como materiales o técnicas para el procesamiento y análisis de datos lo siguiente:

- Software RÁPIDAS V1.0
- Software HEC-RAS.
- Software HEC-GEORAS.
- Software HEC- HMS.
- Software IBER v. 2.0
- Software AUTOCAD-CIVIL 3D.
- Lluvias máximas 24 horas.
- Topografía a detalle del área de estudio.
- Cartografía de la cuenca de estudio

## **CAPITULO IV**

### **PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

#### **4.1. Propuesta de la Investigación**

Las RAPIDAS son usadas para conducir agua desde una elevación mayor a una más baja. La estructura puede consistir de: Una transición de entrada. Un tramo inclinado Un dissipador de energía Una transición de salida. La Figura 22 muestra la relación de las diferentes partes de la estructura.

#### **4.2. Consideraciones de diseño.**

##### **4.2.1. Coeficiente de Rugosidad de Manning**

En el cálculo de las características de flujo en una estructura de este tipo son usados valores conservadores del coeficiente de rugosidad de Manning (n)

- Cuando se calcula la altura de muros en una rápida de concreto, se asume valores de  $n = 0.014$ .
- En el cálculo de niveles de energía, valores de  $n = 0.010$

##### **4.2.2. Transiciones**

Las transiciones en una rápida abierta, deben ser diseñadas para prevenir la formación de ondas. Un cambio brusco de sección, sea convergente o divergente, puede producir ondas que podrían causar perturbaciones, puesto que ellas viajan a través del tramo inclinado y el dissipador de energía. Para evitar la formación de ondas, el máximo ángulo de deflexión es calculado como sigue:

$$\text{Cotang } \alpha = 3.375 F$$

Lo que significa que la cotangente del ángulo de deflexión de la superficie de agua en el plano de planta desarrollado de cada lado de una transición no debería ser menor que 3.375 veces el número de Froude (F).



Esta restricción sobre ángulos de deflexión se aplicaría para cada cambio de sección hecha en la entrada, en el tramo inclinado o en la poza disipadora. Si esta restricción no controla el ángulo de deflexión, se considera:

- El ángulo de la superficie de agua con el eje de la transición de entrada, puede ser aproximadamente 30°.
- El máximo ángulo de la superficie de agua con el eje en la transición de salida puede ser aproximadamente 25°.

## NUMERO DE FROUDE

Según Sotelo, 2016 : “El número de Reynolds y los términos laminar y turbulentos no bastan para caracterizar todas las clases de flujo en los canales abiertos.

El mecanismo principal que sostiene flujo en un canal abierto es la fuerza de gravitación. Por ejemplo, la diferencia de altura entre dos embalses hará que el agua fluya a través de un canal que los conecta.

El parámetro que representa este efecto gravitacional es el **Número de Froude**, puede expresarse de forma adimensional. Este es útil en los cálculos del resalto hidráulico, en el diseño de estructuras hidráulicas y en el diseño de barcos.

$$Fr^2 = \frac{v^2}{gL}$$

L = Longitud [m]

v = Velocidad [m/s]

g = Aceleración de la gravedad [m/s<sup>2</sup>]

El flujo se clasifica como:

**Fr<1**, Flujo subcrítico o tranquilo, tiene una velocidad relativa baja y la profundidad es relativamente grande, prevalece la energía potencial. Corresponde a un régimen de llanura.

**Fr=1**, Flujo crítico, es un estado teórico en corrientes naturales y representa el punto de transición entre los regímenes subcrítico y supercrítico.

**Fr>1**, Flujo supercrítico o rápido, tiene una velocidad relativamente alta y poca profundidad prevalece la energía cinética. Propios de cauces de gran pendiente o ríos de montaña”.

### **TRAMO INCLINADO**

Según Rocha, 2018: “ La sección usual para una rápida abierta es rectangular, pero las características de flujo de otras formas de sección, deben ser consideradas donde la supresión de ondas es una importante parte del diseño. La economía y facilidad de construcción son siempre considerados en la elección de una sección. Cuando es necesario incrementar la resistencia del tramo inclinado al deslizamiento, se usan “uñas” para mantener la estructura dentro de la cimentación.

Para RAPIDAS menores de nueve (9) metros de longitud, la fricción en la rápida puede ser despreciable.

La ecuación de Bernoulli es usada para calcular las variables de flujo al final del tramo inclinado.

La ecuación:  $Y_1 + hv_1 + Z = Y_2 + hv_2$  ; es resuelta por tanteo.

Para tramos inclinados de longitud mayor que nueve (9) metros, se incluyen las pérdidas por fricción y la ecuación será:

$$Y_1 + hv_1 + Z = Y_2 + hv_2 + hf$$

### **DEMANDA DE RIEGO DE CULTIVO**

El área de riego en el sector menor de riego de Uchucubamba, en el Distrito de Sitabamba, provincia de Santiago de Chuco, es de: A= 435 hectáreas.

**Tipos de cultivo:** papa, maíz, trigo, cebada, hortalizas.

### **Balance hidrológico plan de Cultivo y riego**

Por información técnica proporcionada por la junta de regantes de Uchucubamba, se determinó que el caudal de demanda que debe llegar al área de riego es de **0.443 m3/s**

**Tabla 6 :**

**Balance Hidrológico de cultivo y riego**

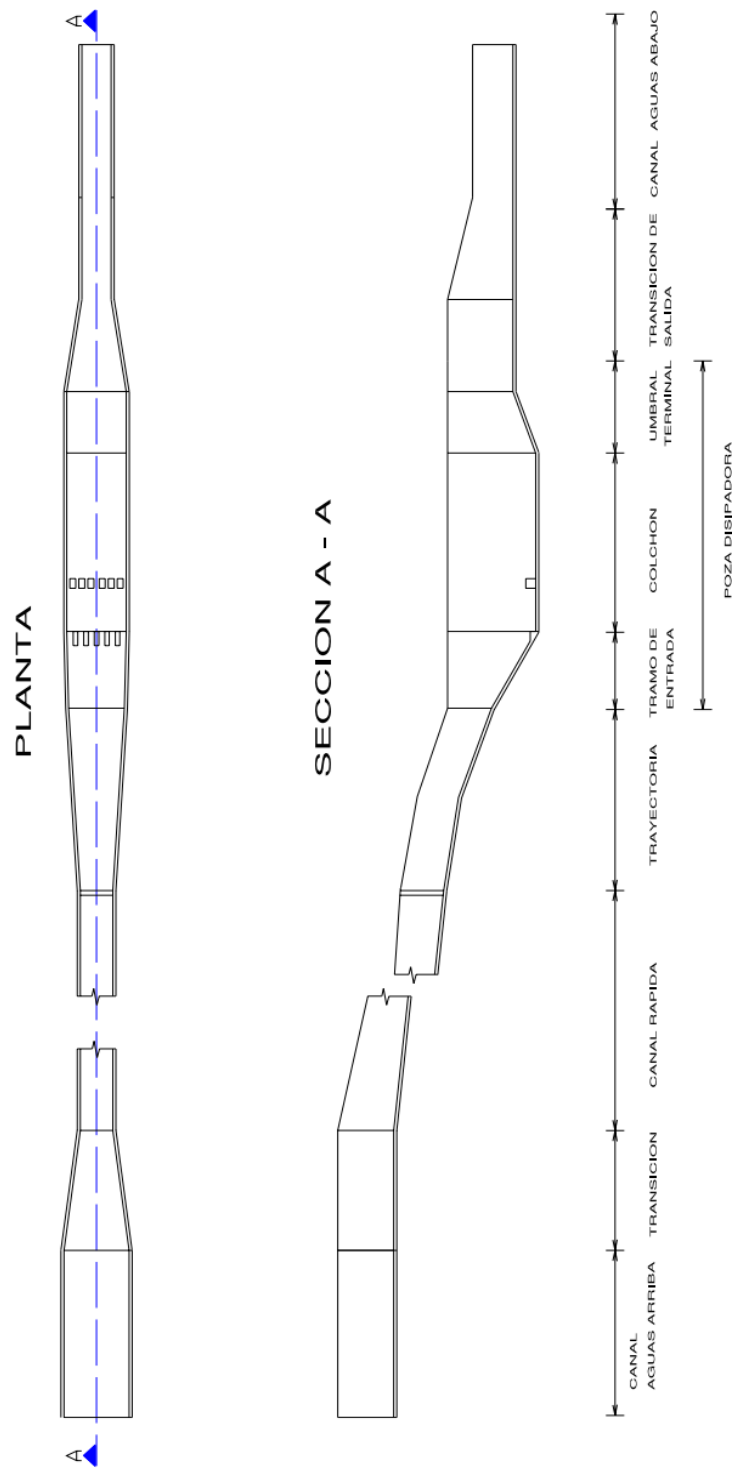
Fuente: Información de Junta de regantes de Uchucubamba, Sitabamba.

| CULTIVO<br>Nº Has                   | TOTAL<br>M3 | m3 / ha                                   |         |         |         |         |         |         |         |           |         |           |           |  |
|-------------------------------------|-------------|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|---------|-----------|-----------|--|
|                                     |             | Enero                                     | Febrero | Marzo   | Abril   | Mayo    | Junio   | Julio   | Agosto  | Setiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |  |
| PAPA                                | 10300       | 1,200                                     | 1,200   | 1,200   | 1,400   | 1,200   | 1,200   | 900     | 800     | 800       | 400     |           |           |  |
| 281                                 | M3 x Nº Has |   |         |         | 393,400 | 337,200 | 337,200 | 252,900 | 224,800 | 224,800   | 112,400 | 0         | 0         |  |
| MAIZ                                | 5480        |   |         | 1,200   | 1,300   | 1,050   | 990     | 940     |         |           |         |           |           |  |
| 135                                 | M3 x Nº Has |   |         | 162,000 | 175,500 | 141,750 | 133,650 | 126,900 |         |           |         |           |           |  |
| OTROS                               | 3650        | 1,180                                     | 1,020   | 1,050   | 400     |         |         |         |         |           |         |           |           |  |
| 15                                  | M3 x Nº Has | 17,700                                    | 15,300  | 15,750  | 6,000   |         |         |         |         |           |         |           |           |  |
| ORTALIZAS                           | 6050        |   |         |         | 1,350   | 1,200   | 1,100   | 1,500   | 900     |           |         |           |           |  |
| 4                                   | M3 x Nº Has |   |         |         | 5,400   | 4,800   | 4,400   | 6,000   | 3,600   |           |         |           |           |  |
| TOTAL M3 / Mes                      |             | 17,700                                    | 15,300  | 177,750 | 580,300 | 483,750 | 475,250 | 385,800 | 228,400 | 224,800   | 112,400 | 0         | 0         |  |
| 12 horas de riego / día x 30 días = |             |   |         |         |         |         |         |         |         |           |         |           |           |  |
| 1,296,000                           |             |   |         |         |         |         |         |         |         |           |         |           |           |  |
| Segundos                            |             |   |         |         |         |         |         |         |         |           |         |           |           |  |
| Caudal de diseño en m3/seg.         |             | 0.014                                     | 0.012   | 0.137   | 0.448   | 0.373   | 0.367   | 0.298   | 0.176   | 0.173     | 0.087   | 0.000     | 0.000     |  |
|                                     |             | CAUDAL QUE DEBE LLEGAR AL AREA DE RIEGO = |         |         |         |         |         | 0.448   | m3 / s  |           |         |           |           |  |

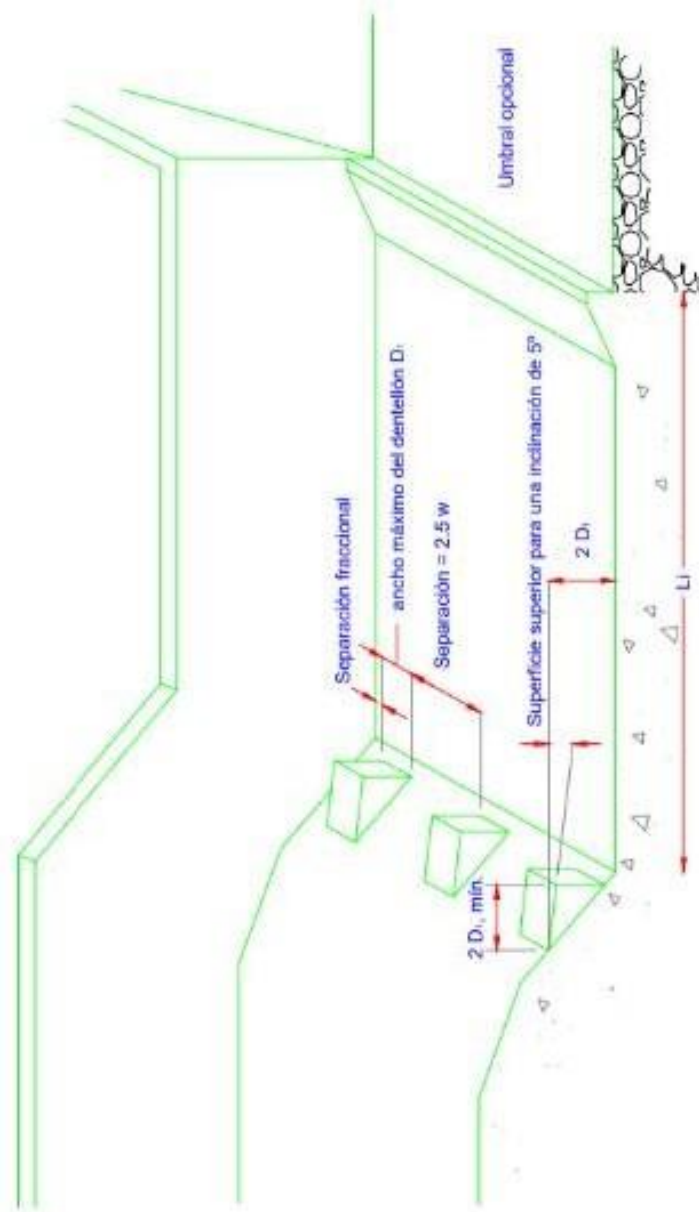
**DEMANDA DE RIEGO**

Para determinar el caudal de captación consideramos dos criterios:

- Considerando la información proporcionada por la junta de regantes donde el caudal necesario que debe llegar a la zona de riego debe ser afectado por las pérdidas de captación y conducción estimado en 38%:
- Caudal de captación=  $0.448 \times 1.38 = 0.604 \text{ m}^3/\text{s}$
- Considerando la cedula de cultivo y eficiencia de riego tenemos la tabla 7.



**Figura 20: Rápida Rectangular Típica. Planta y Sección A-A**  
**Fuente: Propia**



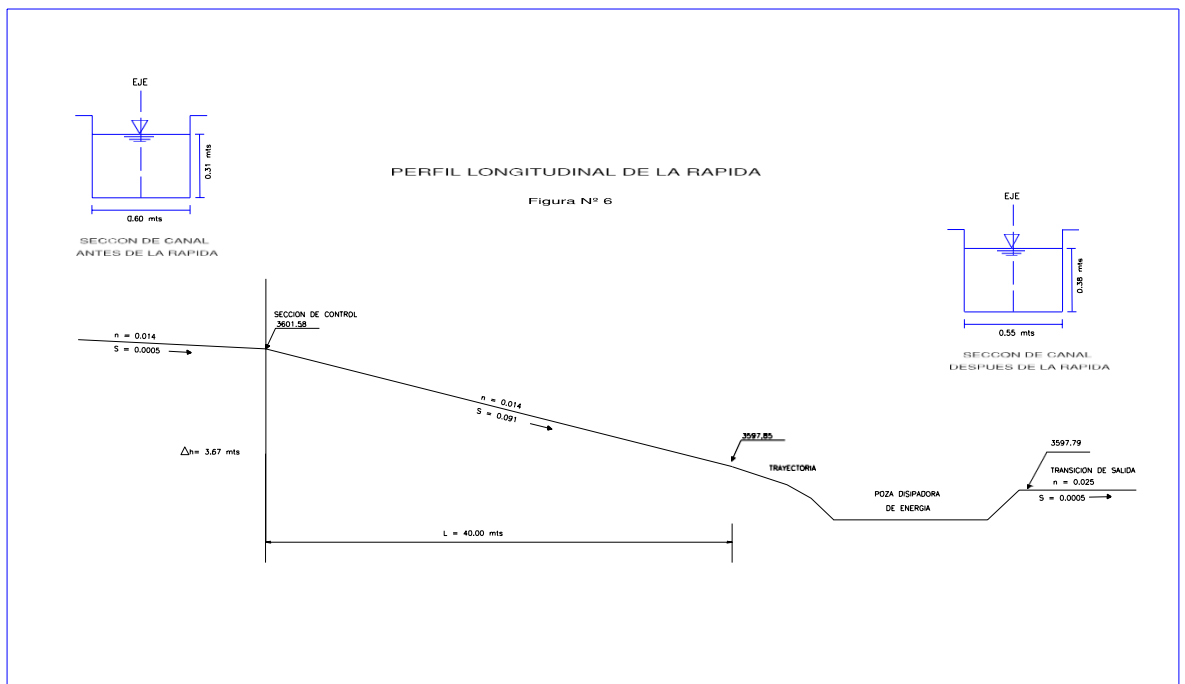
**Figura 21 :**  
**Poza Disipadora y umbral terminal -**  
**Fuente: Propia**

**Tabla 7 :**  
**Calculo de caudales / demanda de Riego**  
**Fuente: Información de Junta de regantes de La Unión, Sitabamba.**

| CALCULO CAUDALES DEMANDA RIEGO              |             |
|---|-------------|
| Hectáreas de riego (1):                     | 435 ha      |
| Demanda de la Cédula                        |             |
| Todos los cultivos mes de mayor demanda (2) | 0.92 l/s/ha |
| Eficiencia de Cultivo (3)                   | 65%         |
| Caudal Diseño = (1)*(2)/(3):                | 616 l/s     |

Caudal de diseño: se considera el caudal mayor que debe ser captado en la bocatoma y con el cual se diseñara las obras hidráulicas.

**Qd= 0.616 m3 /s**



**Figura 22 :**  
**Perfil Longitudinal de la Rápida**  
**Fuente: Elaboración Propia**

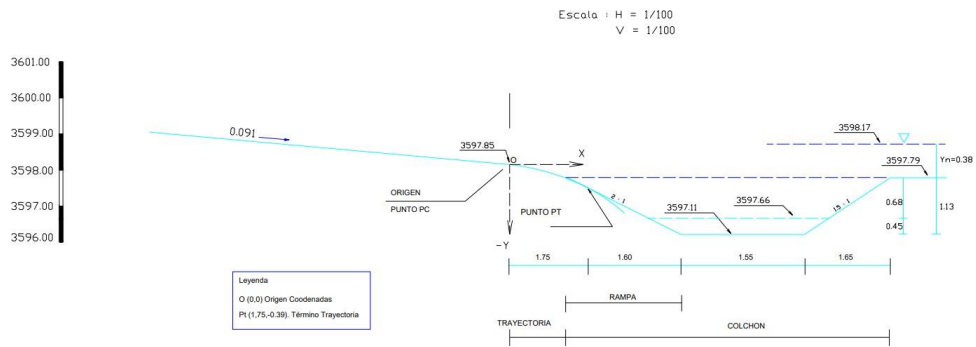


Figura 23 :  
Empalme trayectoria y poza disipadora de energía.  
Fuente: Elaboración propia

## DETERMINACIÓN DEL CAUDAL MÁXIMO Y MÍNIMO DEL RIO SAN SEBASTIAN DEL CASERIO UCHUCUBAMBA

Debido a la falta de información hidrometeorológica en determinadas zonas que justifiquen el diseño hidráulico de las estructuras proyectadas, se plantean métodos de cálculo empíricos en base a observaciones y parámetros determinados de acuerdo a las características geomorfológicas y de cobertura vegetal de la zona donde se ubica el proyecto.

Con la finalidad de obtener la altura mínima que tendrán las obras se calcularán los caudales instantáneos, por medio de diferentes métodos empíricos; de esta forma determinaremos el mínimo caudal, luego con este caudal calculado utilizando la fórmula de Manning obtendremos una nueva altura de agua, que será menor que la marca de la huella dejada por el agua en una sequía.

Los métodos empíricos que se aplicaron son:

- Método de la sección y la pendiente
- Método de la velocidad y área

## A) METODO DE LA SECCION Y LA PENDIENTE.

Para aplicar el siguiente método debe realizarse los siguientes trabajos de campo:

- 1- Selección de varios tramos del río.
- 2- Levantamiento topográfico de las secciones transversales seleccionadas (3 secciones mínimas).
- 3- Determinación de la pendiente de la superficie de agua con las marcas o huellas dejadas por las aguas.
- 4- Elegir un valor de coeficiente de rugosidad ( n ) el más óptimo.
- 5- Aplicar cálculos en la fórmula de Manning.

$$Q_{max.} = (A * R^{(2/3)} * S^{(1/2)}) / n$$

Donde:

A: área de la sección húmeda ( m<sup>2</sup>)

R: área de la sección húmeda/ perímetro mojado

S: pendiente de la superficie del fondo de cauce

n: rugosidad del cauce del río.

Los caudales determinados en la captación son:

$$Q_{min} = 1.20 \text{ m}^3/\text{s}$$

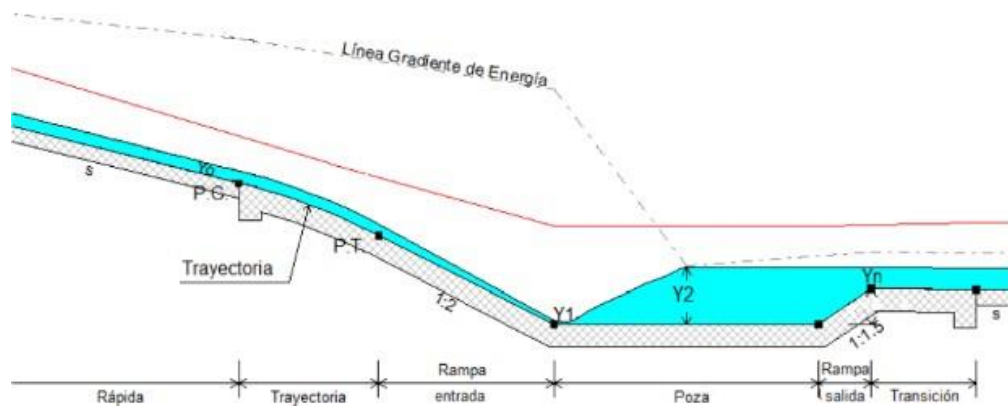
$$Q_{max} = 214.14 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Para el diseño de la bocatoma se tiene:

- Captación de Quebrada.
- La bocatoma se ha diseñado para un caudal máximo en el río de 214.14 m<sup>3</sup>/s y con un caudal de derivación o captación de **Qd=0.616 m<sup>3</sup>/s.**



|    |  | COTRIBUS ESTRUCTURAS                      |          |    |   |   |   |    |   |   |    |   |              |           |          |               |                                   |
|----|--|---|----------|----|---|---|---|----|---|---|----|---|--------------|-----------|----------|---------------|-----------------------------------|
|    |  | TIPO 1<br>CANAL RECTANGULAR 0.50 x 0.50 m |          |    |   | TIPO 2<br>CANAL RECTANGULAR 0.50 x 0.60 m |   |    |   | TIPO 3<br>CANAL TRAPEZOIDAL 0.50 x 0.59 m |    |   |              | PROGRESAS |          | OBSERVACIONES |                                   |
|    |  | Longitud (m)                              |          | De | a | Longitud (m)                              |   | De | a | Longitud (m)                              | De | a | Longitud (m) | De        | a        | Longitud (m)  |                                   |
|    |  | De  | a        |    |   | De  | a |    |   |   |    |   |              |           |          |               |                                   |
| 1  |  | -   | -        | -  | - | -   | - | -  | - | -   | -  | - | -            | 0+000.00  | 0+006.45 | 6.45          | Empalme Captador con Canal Tipo 1 |
| 2  |  | 21.55                                     | 0+026.00 | -  | - | -   | - | -  | - | -   | -  | - | -            | 0+026.00  | 0+040.40 | 12.40         | Pieza de Despepeo N°01            |
| 3  |  | -   | -        | -  | - | -   | - | -  | - | -   | -  | - | -            | -         | -        | -             | -                                 |
| 4  |  | 90.81                                     | 0+131.21 | -  | - | -   | - | -  | - | -   | -  | - | -            | 0+131.21  | 0+146.21 | 15.00         | Pieza de Despepeo N°02            |
| 5  |  | 52.32                                     | 0+183.53 | -  | - | -   | - | -  | - | -   | -  | - | -            | 0+183.53  | 0+207.93 | 9.40          | Pieza de Despepeo N°03            |
| 6  |  | -   | -        | -  | - | -   | - | -  | - | -   | -  | - | -            | -         | -        | -             | -                                 |
| 7  |  | -   | -        | -  | - | -   | - | -  | - | -   | -  | - | -            | 0+573.50  | 0+578.50 | 5.00          | -                                 |
| 8  |  | -   | -        | -  | - | -   | - | -  | - | -   | -  | - | -            | -         | -        | -             | -                                 |
| 9  |  | -   | -        | -  | - | -   | - | -  | - | -   | -  | - | -            | 0+573.50  | 0+578.50 | 5.00          | -                                 |
| 10 |  | -   | -        | -  | - | -   | - | -  | - | -   | -  | - | -            | -         | -        | -             | -                                 |
| 11 |  | -   | -        | -  | - | -   | - | -  | - | -   | -  | - | -            | 0+685.00  | 1+040.00 | 355.00        | -                                 |
| 12 |  | -   | -        | -  | - | -   | - | -  | - | -   | -  | - | -            | -         | -        | -             | -                                 |
| 13 |  | -   | -        | -  | - | -   | - | -  | - | -   | -  | - | -            | 1+670.50  | 1+683.50 | 7.00          | -                                 |



**Figura 24 :**  
**Diseño de Rápidas con software Rápidas V1.0**  
**Fuente : Huatuco, W. (2010)**

### **RÁPIDAS Versión 1.0,**

Según Huatuco, 2010: “Es un software para el diseño hidráulico de estructuras de disipación de energía en los canales de riego, se considera a las Rápidas, Caídas Inclinadas y Caídas Verticales.

El diseño hidráulico de las estructuras de disipación de energía en el caso de las rápidas y caídas inclinadas se realiza mediante métodos numéricos para la solución de las ecuaciones no lineales, por el método de Newton Raphson.

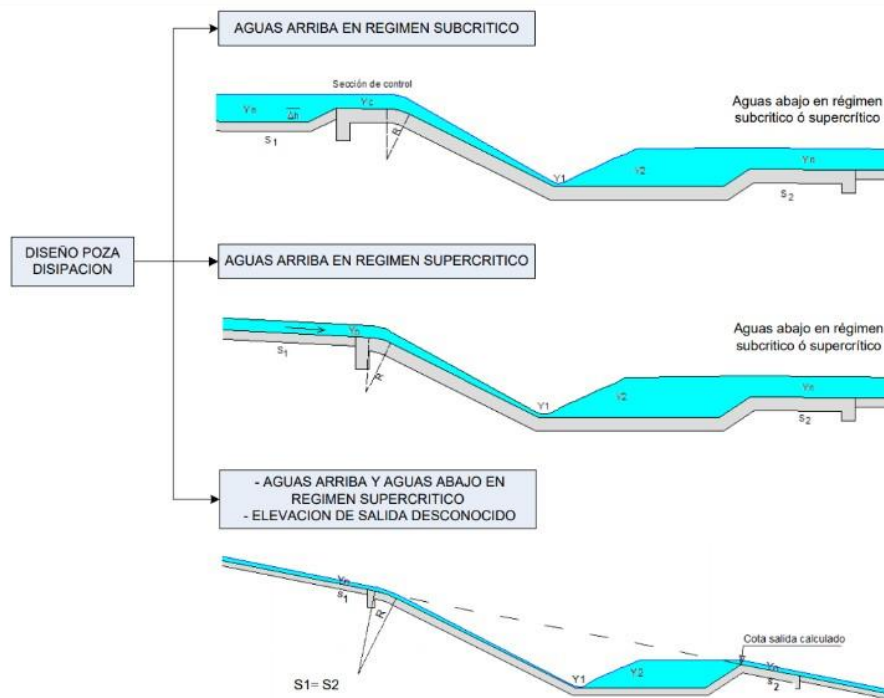
En el diseño se utilizan tanques amortiguadores generalizados desarrollados por la United States Bureau of Reclamation y Tanque tipo SAF, para la disipación de energía.

El programa informático realiza el cálculo hidráulico, el dimensionamiento de la estructura de disipación de energía, la verificación del funcionamiento del tanque amortiguador para diferentes caudales, verificación de la formación de ondas en el canal de la rápida, muestra resultados gráficamente y en tablas”.

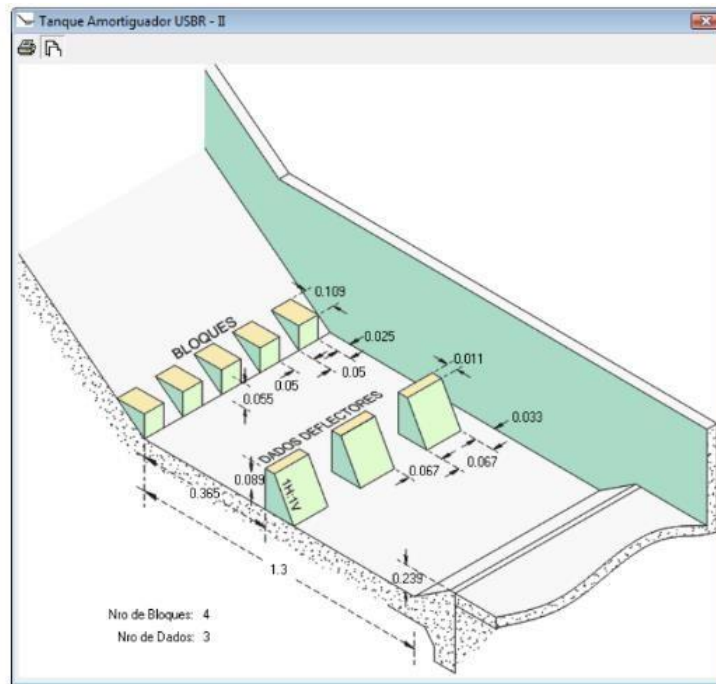
Asimismo, Huatuco, 2010 indica: “los datos ingresados por el usuario y resultados se pueden guardar en un archivo que generará el programa y tiene la capacidad de exportar los datos gráficos al AutoCAD 2010.

El software ha sido probado, verificado y comparado con los resultados de los ejercicios y ejemplos propuestos en diferentes libros y manuales que se presentan en la bibliografía, para validar los resultados obtenidos con el uso del software, los cuales se anexan al final del presente documento.

El programa está disponible en una versión 32-bit y es compatible con Windows XP, Windows Vista y Windows 7”.



**Figura 25 :**  
**Diseño Poza de disipación**  
**Fuente : Huatuco, W. (2010).**

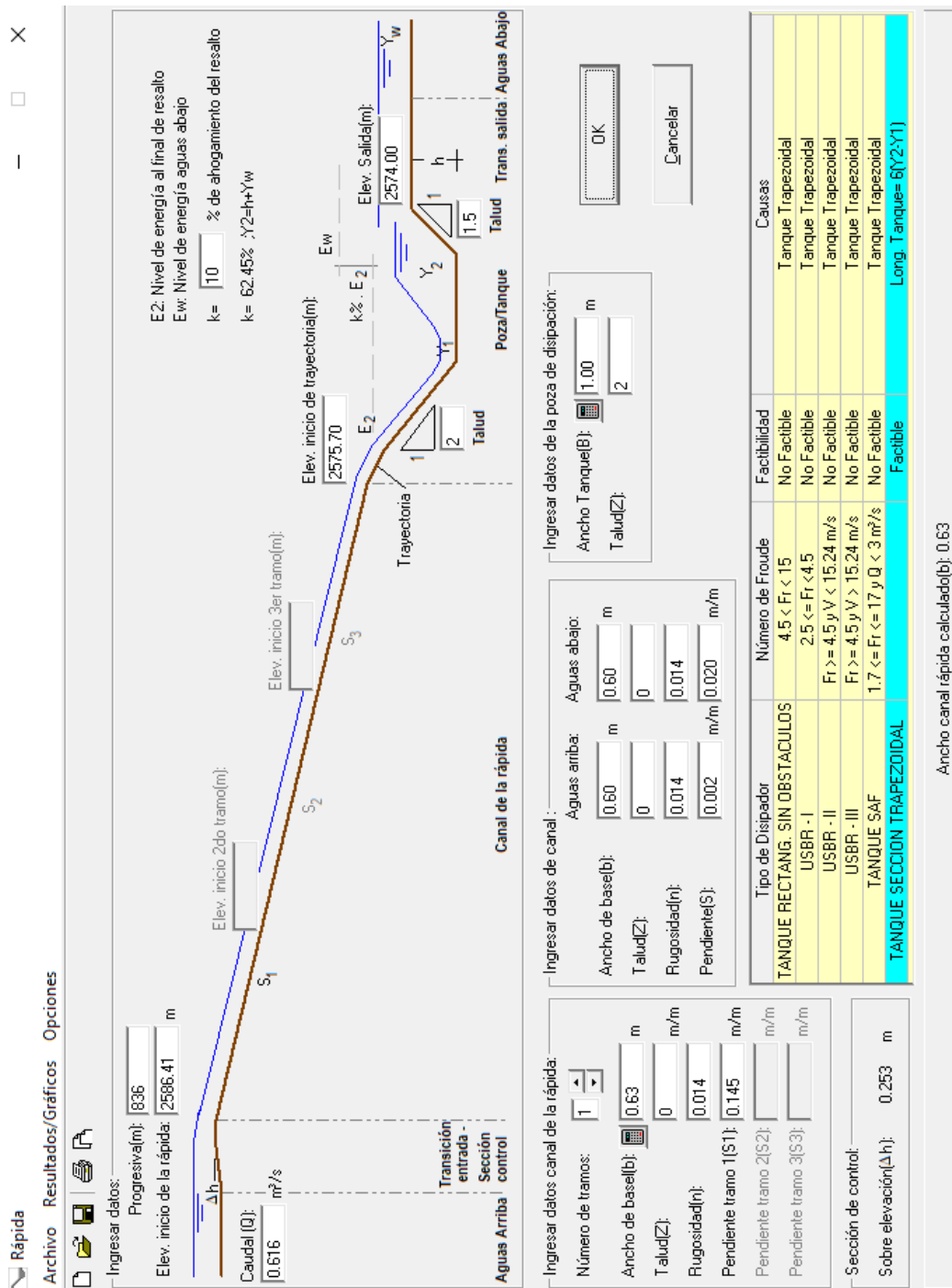


**Figura 26 :**  
**Resultado del dimensionamiento de los bloques de impacto en el tanque**  
**Fuente: Software Rápidas v1.0**

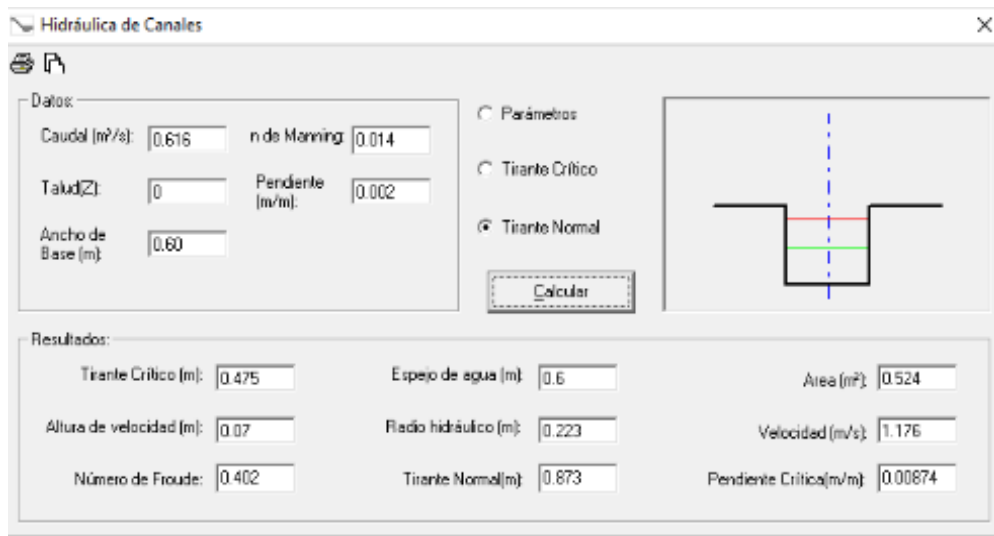
**Tabla 8 :**  
**Resultado de evaluación de la operación del tanque o poza de disipación**  
**Fuente: Software Rápidas v1.0**

| Verificación del Funcionamiento de la Poza |        |         |                |         |                |            |               |               |                |
|--|--------|---------|----------------|---------|----------------|------------|---------------|---------------|----------------|
|  | CAUDAL | TIRANTE | MOMENTUM       | TIRANTE | MOMENTUM       | LONGITUD   | NIVEL ENERGIA | NIVEL ENERGIA | FUNCIONAMIENTO |
|  | (M3/S) | Y1      | 1              | Y2      | 2              | DE RESALTO | EN POZA       | AGUAS ABAJO   | DE LA POZA     |
|  |        | (M)     | Newton/p(agua) | (M)     | Newton/p(agua) | (M)        | (M)           | (M)           |                |
| 1  | 0.100  | 0.03    | 0.0570         | 0.420   | 0.0570         | 1.9490     | 2577.1790     | 2577.2800     | OK             |
| 2  | 0.090  | 0.027   | 0.0510         | 0.399   | 0.0510         | 1.8600     | 2577.1570     | 2577.2610     | OK             |
| 3  | 0.080  | 0.025   | 0.0440         | 0.368   | 0.0440         | 1.7170     | 2577.1260     | 2577.2420     | OK             |
| 4  | 0.070  | 0.022   | 0.0380         | 0.344   | 0.0380         | 1.6120     | 2577.1010     | 2577.2210     | OK             |
| 5  | 0.060  | 0.019   | 0.0320         | 0.318   | 0.0320         | 1.4960     | 2577.0740     | 2577.2000     | OK             |
| 6  | 0.050  | 0.016   | 0.0270         | 0.290   | 0.0270         | 1.3680     | 2577.0450     | 2577.1780     | OK             |
| 7  | 0.040  | 0.013   | 0.0210         | 0.258   | 0.0210         | 1.2230     | 2577.0120     | 2577.1530     | OK             |
| 8  | 0.030  | 0.01    | 0.0150         | 0.221   | 0.0150         | 1.0540     | 2576.9740     | 2577.1270     | OK             |
| 9  | 0.020  | 0.007   | 0.0100         | 0.176   | 0.0100         | 0.8470     | 2576.9290     | 2577.0960     | OK             |
| 10   | 0.010  | 0.004   | 0.0040         | 0.117   | 0.0040         | 0.5650     | 2576.8690     | 2577.0610     | OK             |

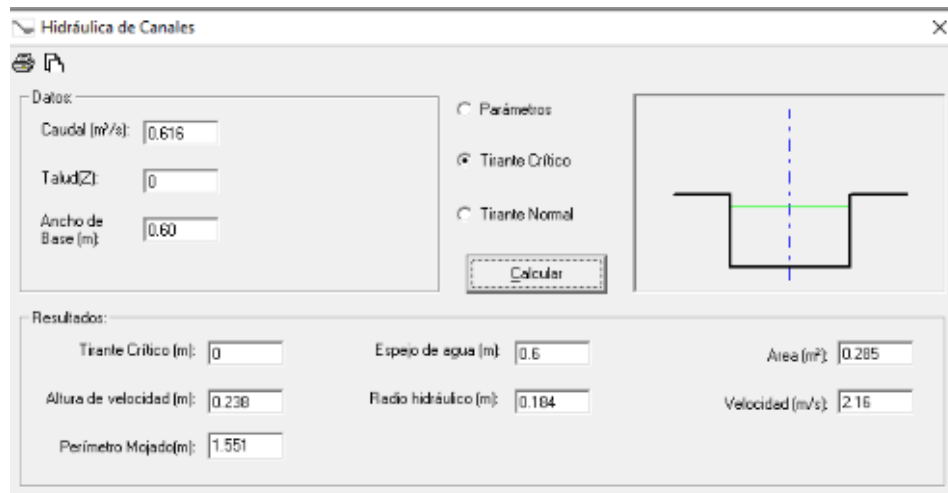
EL DISEÑO ES ACEPTABLE.  
 EL RESALTO HIDRAULICO ES CONTENIDO DENTRO DE LA POZA



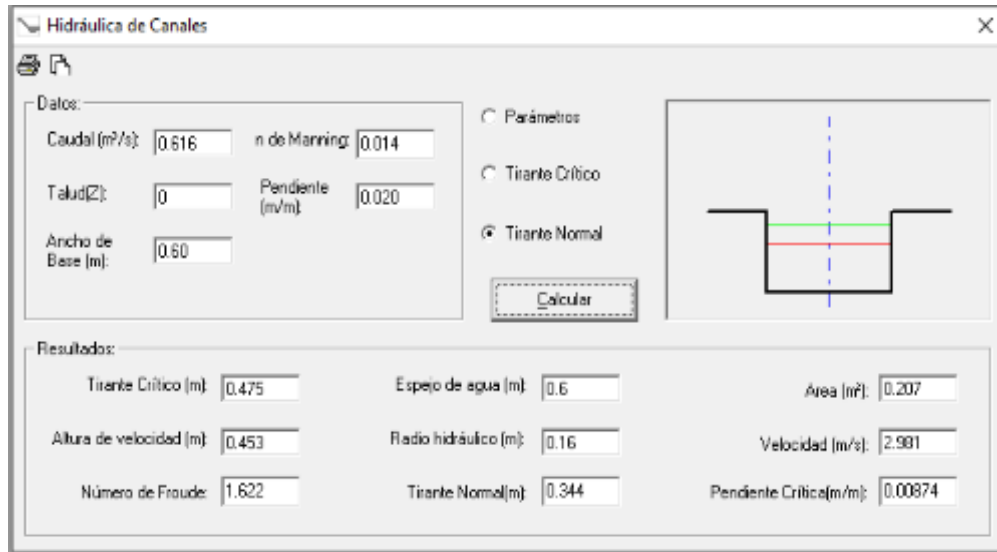
**Figura 27 :**  
**Aplicación y resultados de software rápidas v1.0**  
**Fuente: Propia**



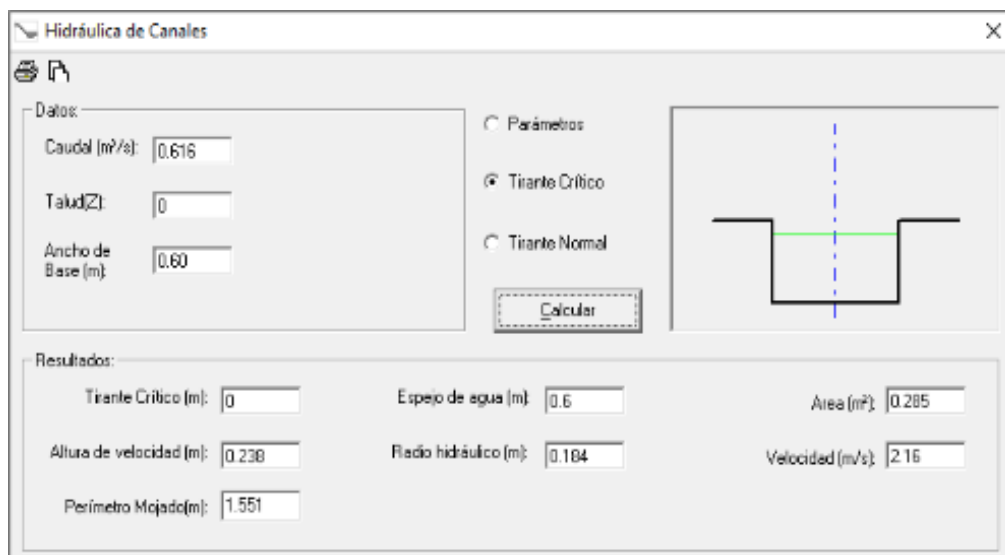
**Figura 28 :**  
**Resultados de software rápidas v1.0 para canal de ingreso, con tirante normal.**  
**Fuente: Propia**



**Figura 29 :**  
**Resultados de software rápidas v1.0 para canal de ingreso, con tirante crítico.**  
**Fuente: Propia**



**Figura 30 :**  
**Resultados de software rápidas v1.0 para canal de salida, con tirante normal.**  
**Fuente: Propia**

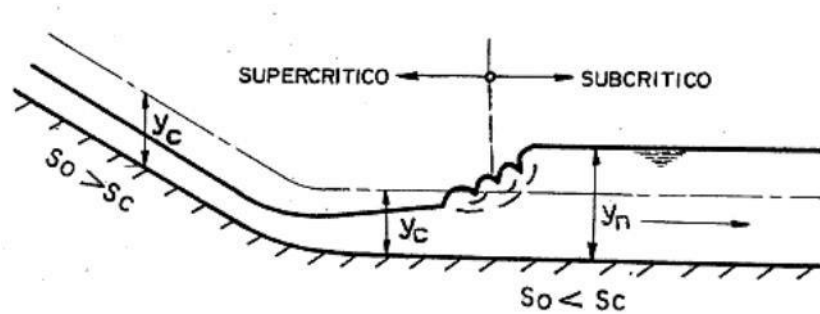


**Figura 31 :**  
**Resultados de software rápidas v1.0 para canal de salida, con tirante Crítico.**  
**Fuente: Propia**

## SALTO HIDRÁULICO

Según Sotelo, 2016: “El salto hidráulico aparece en el flujo cuando hay una sobre-elevación brusca del nivel del agua debido a un cambio de pendiente de supercrítica (pronunciada) a subcrítica (suave), tal como ocurriría al pie de una rápida o caída (figura 31), lo que lleva a un aumento en la profundidad y a una disminución de la velocidad en el sentido del flujo. Los primeros experimentos fueron realizados en París y reportados en 1819.

La teoría del salto hidráulico se desarrolló inicialmente para canales horizontales o con poca inclinación por lo que la componente del peso del agua en la dirección de la corriente tiene poco efecto”.



**Figura 32 :**  
**Transición con cambio de pendiente supercrítica a subcrítica**  
**Fuente: Sotelo, G. (2016).**

Así mismo Ven Te Chow, 2014 indica: “La expansión turbulenta y desaceleración del chorro de gran velocidad están asociadas con una pérdida apreciable de energía (disipada principalmente como calor) y la energía específica final frecuentemente es la apropiada para el tirante normal. La rápida variación del tirante toma lugar en un tramo relativamente corto y, por ello, la pérdida de fricción en la frontera es relativamente pequeña y, en muchos casos, insignificante en comparación con la pérdida por la turbulencia del fenómeno”.

“Debido a que en principio se desconoce la pérdida de energía asociada con el salto hidráulico, la aplicación de la ecuación de energía antes y después del salto no proporciona un medio adecuado de análisis. Por otra parte,



debido a la gran variación de velocidad media entre los dos extremos del salto y al hecho de que no se requiere conocer los cambios de energía interna, es más adecuada la aplicación del principio de la cantidad de movimiento en el análisis del fenómeno”.

“La concordancia general entre los resultados teóricos y los experimentales confirman la seguridad de un análisis general del fenómeno con base en este principio, tal como se presenta a continuación”.

“Un salto hidráulico se presenta si las profundidades conjugadas  $y_1$  y  $y_2$  satisfacen las siguientes ecuaciones”:

$$y_1 = \frac{y_2}{2} \left( \sqrt{1 + \frac{8q^2}{gy_2^3}} - 1 \right)$$

$$y_2 = \frac{y_1}{2} \left( \sqrt{1 + \frac{8q^2}{gy_1^3}} - 1 \right)$$

O,

$$y_1 = \frac{y_2}{2} \left( \sqrt{1 + 8Fr_2^2} - 1 \right)$$

$$y_2 = \frac{y_1}{2} \left( \sqrt{1 + 8Fr_1^2} - 1 \right)$$

## **ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**

Ana, 2010 indica . “La ejecución del proyecto planteado no producirá efectos negativos que alteren o modifiquen el medio ambiente de la localidad, por las razones siguientes:

- La Dotación del Recurso Hídrico para incrementar la producción agrícola en el sistema de riego en el caserío de La Unión.
- La obra se ejecutará de acuerdo a los criterios técnicos establecidos en el correspondiente Reglamento de Nacional de Edificaciones y Normas establecidas por el Ministerio de Salud.
- El transporte y almacenamiento de los materiales de construcción, no afectará el tránsito peatonal y urbano de la ciudad por cuanto se dispone de

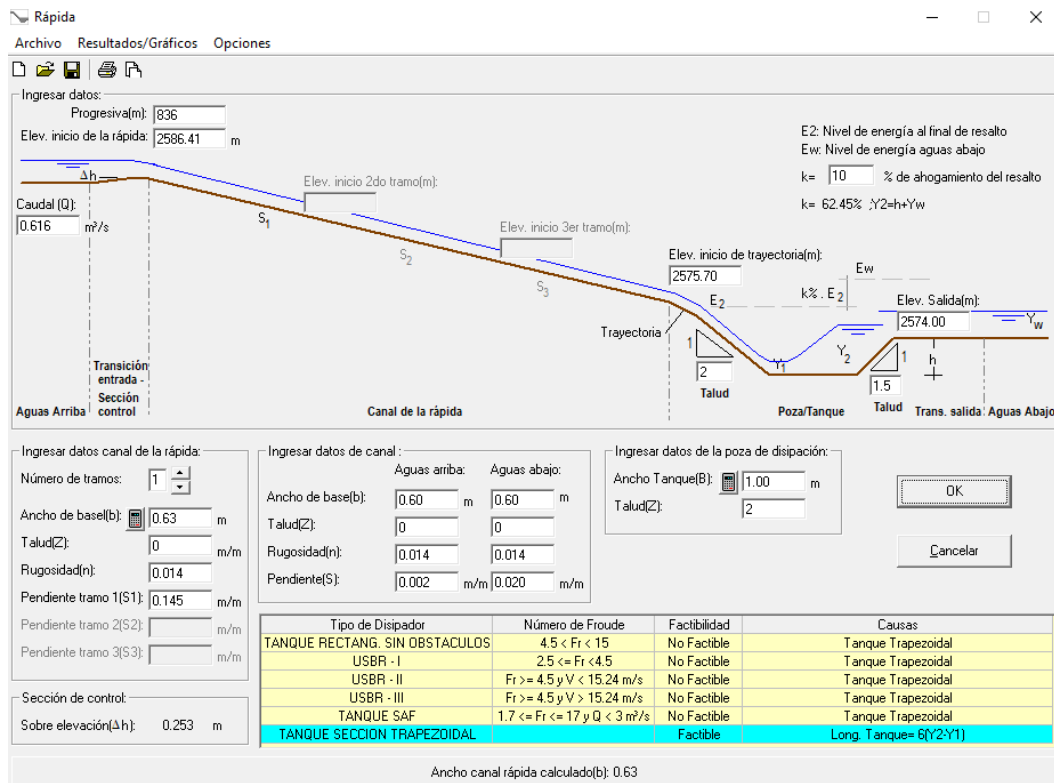
los accesos y áreas o para su almacenamiento y utilización adecuada durante el proceso constructivo.

- El espacio aéreo local no se verá afectado por emisiones de gases, por cuanto no se utilizarán aditivos tóxicos durante el manipuleo de los materiales a emplearse en la ejecución del proyecto.
- Durante la ejecución del proyecto, no se utilizarán áreas con materiales de préstamo que pongan en riesgo la estabilidad y seguridad de la nueva infraestructura por no ser visible.
- No se la apertura nuevos caminos de herradura para el transporte de material de canteras, para la construcción de las obras de concreto por la existencia de accesibilidad adecuada; por tanto, no se ejecutarán actividades orientadas a la tala de árboles o bosques que alteren el entorno ambiental de la localidad”.

#### **4.2. Análisis e Interpretación de Resultados**

Según Huatuco, 2010: “En la Aplicación del Software Rápidas v1.0; en la ventana del Módulo Rápida, se ingresan las dimensiones y la geometría de la estructura de la Rápida considerando las características de los canales aguas arriba y aguas abajo de la rápida. Pueden editarse las dimensiones de la elevación de la estructura a través del dibujo del perfil del fondo que se encuentra a mitad de la pantalla, asimismo fijar el número de tramos que tiene el canal de la rápida e ingresar las pendientes de cada tramo.

En la parte inferior se muestra un cuadro de color amarillo que permite seleccionar al usuario el tipo de tanque amortiguador a utilizarse para la estructura de disipación de energía, haciendo Clic sobre el mismo, en este trabajo de investigación hemos seleccionado un Tanque de sección Trapezoidal, como tipo de disipador”.



**Figura 33:**  
**Cuadro de color amarillo que permite seleccionar al usuario el tipo de tanque amortiguador.**  
**Fuente: propia**

### 4.3. Docimasia de Hipótesis

Se refiere a la comparación de los resultados obtenidos en dos o más grupos sometidos a tratamientos diferentes.

Se conoce con el nombre de “Prueba de Significación Estadística.”

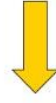
“Cuando la investigación comprueba diferencias, debemos pronunciarnos sobre la realidad de tales diferencias, puesto que el error de muestreo puede producir diferencias muestrales que no corresponden a diferencias reales entre las poblaciones originales, este es el problema que resuelve la docimasia de hipótesis”.

Docimasia



Ensayo o prueba

Hipótesis



- **Proposición que establece relación entre los hechos**
- **Es una proposición anunciada para responder tentativamente a un problema".**

## **CAPITULO V**

### **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

Según Garcia,2017: “Las rápidas (chutes) 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. 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”.

Rocha, 2018: “La parte de la entrada de la estructura transiciona 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”.

Según Ven Te Chow, 2014: “Las pérdidas de carga 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”.

Según PSI-INRENA , 2005 : “En una poza disipadora el agua fluye desde el tramo corto de pendiente pronunciada a una velocidad mayor que la velocidad crítica. El cambio abrupto en la pendiente, donde la pendiente suave del piso de la poza disipadora se une con el tramo corto de pendiente pronunciada, fuerza el agua hacia un salto hidráulico y la energía es disipada en la turbulencia resultante. La poza disipadora es dimensionada para contener el salto. Para que una poza disipadora opere adecuadamente, el número de Froude:  $F$  debería estar entre 4.5 y 15, donde el agua ingresa a la poza disipadora”.

MEJIA, 2012; indica: “Estudios especiales o pruebas de modelos se requieren para estructuras con número de Froude fuera de este rango.

- Si el número de Froude es menor que aproximadamente 4.5 no ocurriría un salto hidráulico estable.
- Si el número de Froude es mayor que 10, una poza disipadora no sería la mejor alternativa para disipar energía.

Las pozas disipadoras requieren de un tirante de aguas abajo para asegurar que el salto ocurra donde la turbulencia pueda ser contenida. Las pozas disipadoras usualmente tienen una sección transversal rectangular, muros paralelos y un piso a nivel.

Una transición de salida es usada cuando es necesario para transicionar el flujo entre el disipador de energía y el canal después. Si es necesario proveer el tirante de aguas abajo (tailwater) al disipador 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. 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”.

## **CAPITULO VI**

### **CONCLUSIONES**

Después de haber realizado el presente trabajo de investigación llegamos a las siguientes conclusiones:

1. “El área de riego en el sector menor de riego de Uchucubamba es de 435 hectáreas, siendo los cultivos tradicionales: papa, maíz, trigo, cebada, hortalizas.
2. De acuerdo información técnica proporcionada por la junta de regantes de Uchucubamba, el Balance hidrológico: el plan de Cultivo y riego necesitan un caudal de demanda que debe llegar al área de riego es de 0.443 m<sup>3</sup>/s.
3. El caudal de diseño del canal y obras de arte se calculó considerando dos criterios considerando: pérdidas de captación y conducción estimada en 38%, y aplicando el software RAPIDAS v1.0 se obtuvo un caudal de 0.604 m<sup>3</sup>/s y considerando cedula de cultivo y eficiencia de riego 0.616 m<sup>3</sup>/s.
4. Con los datos adecuados se ingresó al Software Rápidas v1.0 y se obtuvo: para el canal aguas arriba y aguas abajo un ancho igual a 0.60 mts.; Una poza disipadora de sección trapezoidal, ancho 1.00 metro, talud  $Z = 2$  y una transición de salida construidas para las dimensiones recomendadas, pero la estructura debe contener suficiente de la turbulencia para prevenir daños por erosión después de la estructura.
5. Se optimizó el diseño hidráulico para obtener las dos estructuras económicas y funcionales, determinándose las pérdidas de carga en las transiciones, que no son largas, dependiendo del ángulo que forman los aleros de la transición con el eje del canal.
6. Se ha mantenido el trazo y excavación del canal con la inclinación del terreno, la clase y volumen de excavación, el revestimiento, la permeabilidad y resistencia a la cimentación, y la estabilidad de taludes son condiciones de emplazamiento que determinan el tipo y componentes de las estructuras, (dos rápidas y dos transiciones) conforme se indican en los planos adjuntos”.

## **CAPITULO VII**

### **RECOMENDACIONES**

Se plantean las recomendaciones siguientes:

- a) “Se recomienda que en el caso de no tener información hidrométrica (caudales) es necesario realizar in situ el aforo correspondiente.
- b) Obtenido el dimensionamiento hidráulico de una estructura de unión de dos canales (Rápida) con la hoja electrónica en Excel, es conveniente recurrir a la elaboración de modelos físicos para un diseño hidráulico definitivo de confluencias, salvo que el caso específico que estemos analizando haya sido objeto de una investigación previa experimental.
- c) Las medidas estructurales para la prevención y reducción del peligro geológico, deben ser ejecutadas y supervisadas por un especialista, previo a un estudio geotécnico que reúna todas las especificaciones técnicas para la ejecución de estas para salvaguardar la seguridad física de la población.
- d) Las autoridades competentes como: El gobierno local, distrital, regional y ministerio de agricultura (ANA), plantear un nuevo sistema de drenaje de regadío para las áreas de cultivo del caserío de Uchucubamba, Distrito de Sitabamba de forma correcta, porque la mayoría están en mal estado, de tal manera que no sean impactadas por los peligros geológicos, contribuyendo a la prevención del riesgo de desastres por peligros de origen natural y al desarrollo de las comunidades.
- e) Las autoridades deben gestionar la instalación de estaciones hidrométricas, para conocer los parámetros que permitan un diseño correcto y real de todas las obras hidráulicas a construir”.



## **CAPITULO VIII**

### **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

- ANA. (2009). Autoridad Nacional del Agua. Demarcación y delimitación de las Autoridades Administrativas del Agua. Lima-Perú: ANA.
- ANA. (2010). Autoridad Nacional Del Agua. Criterios de Diseños de obras hidráulicas para la formulación de Proyectos Hidráulicos multisectoriales y de afianzamiento Hídrico. Lima-Perú.
- ANA (2021). Autoridad nacional del Agua. Lineamientos para el reconocimiento de Organizaciones de Usuarios de Agua. Ley 30157
- CARRAZÓN, J. (2017). Manual Práctico para el diseño de sistemas de Minirriego. FAO. Edit. Honduras. 218pp.
- CHANSON, H. (2004). Hydraulics of Open Channels Flow (Segunda ed.). Jordan Hill: GB: Butterworth-Heinemann. Obtenido de <http://puceftp.puce.edu.ec:2057/lib/puce/reader.action?docID=10169733>
- CHOW, V. (2010). Hidrología aplicada. Primera edición. Copyright. 229 p.
- FRENCH, R. H. (2018). Hidráulica de canales abiertos. México, D.F., México: McGraw-Hill Interamericana. Obtenido de <http://puceftp.puce.edu.ec:2057/lib/pucesp/reader.action?docID=10522723>
- HUATUCO, W. (2010). Manuel del usuario Software Rapidas V 1.0
- INEI (2021). Características Rurales, niveles de pobreza. Códigos, población, centros poblados, caseríos, distritos y provincias del Departamento de la Libertad. Lima Perú.

- INEI (2020). Población Total proyectada 2018-2020; según Departamento, Provincia y Distrito. Perú.
- MARTÍN, J. (2018) Ingeniería de ríos. 2° ed. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña.
- MEJÍA, J. (2012). Hidrología aplicada. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- MERY, H. (2013). Hidráulica aplicada al diseño de obras. Santiago de Chile, Chile: RIL editores. Obtenido de <http://puceftp.puce.edu.ec:2057/lib/pucesp/reader.action?docID=10832234>
- MONSALVE, G. (2019). Hidrología en la Ingeniería. 2da ed. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería
- NOVAK, R., MOFFAT, A., & NALLURI, C. (2005). Estructuras Hidráulicas (Segunda ed.). Bogotá, Colombia: McGraw-Hill Interamericana. <http://puceftp.puce.edu.ec:2057/lib/pucesp/reader.action?docID=10444677>
- PÉREZ, L., & PÉREZ, S. (noviembre de 2013). Nociones sobre el cálculo estructural de conducciones enterradas. Buenos Aires, Argentina. Obtenido de <http://escuelas.fi.uba.ar/iis/Calculo%20Estructural.pdf>
- PSI-INRENA (2019). Formulación del Inventario de la Infraestructura de riego y drenaje y vías de comunicación en los distritos de riego del Perú. Edit. Inrena. Lima.
- REYES, C.L. (2019). Hidrología Aplicada. CONCYTEC. LIMA.
- ROCHA, A. (2018). Introducción a la Hidráulica Fluvial. 4ta. Edición. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- SOTELO Á. G. (2016). Hidráulica de Canales. México, UNAM, Facultad de Ingeniería. Pp. 836.
- VEN TE CHOW (2014). Hidráulica de canales abiertos. Edit. Graw Hill.
- VILLÓN, M. (2005). Diseño de estructuras hidráulicas (Segunda ed.). Lima, Perú: Editorial Villón. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/228361121/Disenode-Estructuras-Hidraulicas-Maximo-Villon-B>

# **ANEXOS**



Fotografía 5.  
Vista de la Ciudad de Sitabamba, Distrito Sitabamba, Provincia Santiago de Chuco.  
Fuente : Propia



Fotografía 6.  
Vista camposanto y terrenos de cultivo del Caserío Uchucubamba, Distrito Sitabamba.  
Fuente : Propia

## ANEXO N° 01

## PERÚ: POBLACIÓN Y CONDICIÓN DE POBREZA, SEGÚN DEPARTAMENTO, PROVINCIA Y DISTRITO, 2009

| UBISEO       | DEPARTAMENTO,<br>PROVINCIA Y<br>DISTRITO | POBLACIÓN<br>1/  | POBRE (%)          |             |               | NO<br>POBRE | COEF. VAR.<br>DE LA<br>POBREZA<br>TOTAL | UBICACIÓN<br>DE<br>POBREZA<br>TOTAL 2/ |
|--------------|--|------------------|--------------------|-------------|---------------|-------------|---|--|
|              |  |                  | TOTAL<br>DE POBRES | EXTREMO     | NO<br>EXTREMO |             |   |  |
| 13088        | PARCOY                                   | 18 162           | 83,0               | 31,0        | 32,0          | 37,0        | 2,0                                     | 672                                    |
| 13089        | PATAZ                                    | 7 984            | 57,9               | 24,9        | 33,1          | 42,1        | 2,8                                     | 810                                    |
| 13090        | PIAS                                     | 1 531            | 75,0               | 32,3        | 42,7          | 25,0        | 3,6                                     | 375                                    |
| 13091        | SANTIAGO DE CHALLAS                      | 2 837            | 79,0               | 39,9        | 39,1          | 21,0        | 2,6                                     | 252                                    |
| 13092        | TAURUA                                   | 3 112            | 74,0               | 33,8        | 40,2          | 29,0        | 3,9                                     | 380                                    |
| 13093        | URPAY                                    | 3 079            | 77,8               | 33,9        | 43,7          | 22,4        | 2,4                                     | 304                                    |
| <b>13098</b> | <b>SÁNCHEZ CARRIÓN</b>                   | <b>144 894</b>   | <b>72,6</b>        | <b>43,0</b> | <b>29,8</b>   | <b>27,4</b> | <b>1,5</b>                              |  |
| 13091        | HUAMACHUCO                               | 56 422           | 60,1               | 29,7        | 31,5          | 39,9        | 2,6                                     | 750                                    |
| 13092        | CHUGAY                                   | 18 176           | 81,5               | 52,1        | 29,4          | 18,5        | 1,7                                     | 185                                    |
| 13093        | COCHORCO                                 | 9 190            | 83,8               | 50,2        | 33,7          | 16,1        | 1,5                                     | 141                                    |
| 13094        | CURGOS                                   | 6 548            | 81,2               | 50,1        | 31,1          | 18,8        | 2,1                                     | 193                                    |
| 13095        | MARCABAL                                 | 15 739           | 79,3               | 55,5        | 23,9          | 20,7        | 2,2                                     | 242                                    |
| 13096        | SANAGORÁN                                | 13 944           | 80,5               | 55,3        | 25,2          | 19,5        | 2,2                                     | 212                                    |
| 13097        | SARÍN                                    | 8 651            | 79,8               | 52,5        | 27,3          | 20,2        | 1,7                                     | 229                                    |
| 13098        | SARTIMBAMBA                              | 13 324           | 77,2               | 45,6        | 31,4          | 22,8        | 1,7                                     | 314                                    |
| <b>13100</b> | <b>SANTIAGO DE CHUCO</b>                 | <b>61 083</b>    | <b>76,3</b>        | <b>35,9</b> | <b>34,4</b>   | <b>29,7</b> | <b>1,3</b>                              |  |
| 13101        | SANTIAGO DE CHUCO                        | 20 185           | 69,5               | 33,3        | 36,2          | 30,5        | 1,7                                     | 515                                    |
| 13102        | ANGASMARCA                               | 6 529            | 85,9               | 33,5        | 32,4          | 34,1        | 3,4                                     | 598                                    |
| 13103        | CACHACÁN                                 | 7 160            | 72,4               | 42,5        | 29,8          | 27,8        | 3,4                                     | 443                                    |
| 13104        | MOLLEBAMBA                               | 2 101            | 76,0               | 37,1        | 38,9          | 24,6        | 2,7                                     | 345                                    |
| 13105        | MOLLEPATA                                | 2 827            | 76,6               | 33,2        | 43,2          | 23,4        | 3,0                                     | 332                                    |
| 13106        | QUIRUVILCA                               | 14 619           | 85,3               | 32,8        | 32,5          | 34,7        | 2,2                                     | 613                                    |
| 13107        | SANTA CRUZ DE CHUCA                      | 3 334            | 73,4               | 37,4        | 35,9          | 26,6        | 3,1                                     | 416                                    |
| <b>13108</b> | <b>SITABAMBA</b>                         | <b>3 908</b>     | <b>84,5</b>        | <b>52,6</b> | <b>31,9</b>   | <b>15,5</b> | <b>2,0</b>                              | <b>130</b>                             |
| <b>13100</b> | <b>GRAN CHIMU</b>                        | <b>31 643</b>    | <b>58,0</b>        | <b>26,4</b> | <b>37,6</b>   | <b>43,9</b> | <b>1,8</b>                              |  |
| 13110        | CASCAS                                   | 14 702           | 46,3               | 11,6        | 34,5          | 53,7        | 4,2                                     | 1 056                                  |
| 13112        | LUCMA                                    | 6 225            | 57,4               | 21,1        | 36,3          | 42,6        | 4,6                                     | 826                                    |
| 13113        | COMPÍN                                   | 2 453            | 72,4               | 24,6        | 47,8          | 27,6        | 2,9                                     | 440                                    |
| 13114        | SAYAPULLO                                | 6 263            | 76,0               | 34,9        | 41,1          | 24,8        | 1,9                                     | 344                                    |
| <b>13120</b> | <b>VIRÚ</b>                              | <b>87 196</b>    | <b>90,8</b>        | <b>13,9</b> | <b>37,9</b>   | <b>49,2</b> | <b>2,1</b>                              |  |
| 13120        | VIRÚ                                     | 52 285           | 49,9               | 13,0        | 36,8          | 50,1        | 2,4                                     | 994                                    |
| 13122        | CHAO                                     | 26 815           | 52,5               | 16,1        | 36,4          | 47,5        | 3,5                                     | 957                                    |
| 13123        | GUADALUPITO                              | 7 098            | 52,7               | 12,6        | 40,2          | 47,3        | 5,3                                     | 950                                    |
| <b>14000</b> | <b>LAMBAYEQUE</b>                        | <b>1 196 695</b> | <b>31,8</b>        | <b>6,5</b>  | <b>25,3</b>   | <b>68,7</b> | <b>9,3</b>                              |  |
| <b>14010</b> | <b>CHICLAYO</b>                          | <b>814 347</b>   | <b>24,8</b>        | <b>3,7</b>  | <b>22,1</b>   | <b>75,2</b> | <b>2,8</b>                              |  |
| 14010        | CHICLAYO                                 | 279 891          | 14,0               | 0,9         | 13,1          | 86,0        | 5,5                                     | 1 714                                  |
| 14012        | CHONGUYAPE                               | 18 450           | 45,0               | 6,4         | 36,5          | 55,0        | 2,6                                     | 1 083                                  |
| 14013        | ETEN                                     | 11 147           | 36,0               | 4,9         | 31,1          | 64,0        | 4,1                                     | 1 280                                  |
| 14014        | ETEN PUERTO                              | 2 326            | 19,9               | 1,4         | 18,0          | 80,1        | 11,3                                    | 1 625                                  |
| 14015        | JOSÉ LEONARDO ORTIZ                      | 178 026          | 30,3               | 3,2         | 27,1          | 69,7        | 3,3                                     | 1 407                                  |
| 14016        | LA VICTORIA                              | 84 104           | 31,2               | 3,6         | 27,7          | 68,8        | 3,3                                     | 1 389                                  |
| 14017        | LAGUNAS                                  | 9 984            | 37,9               | 4,9         | 33,0          | 62,1        | 3,6                                     | 1 243                                  |
| 14018        | MONSEFÚ                                  | 31 916           | 35,0               | 6,3         | 28,7          | 65,0        | 4,2                                     | 1 304                                  |
| 14019        | NUEVA ARICA                              | 2 514            | 32,6               | 3,1         | 29,7          | 67,2        | 7,3                                     | 1 357                                  |
| 140110       | OYOTÚN                                   | 10 386           | 28,9               | 2,7         | 26,2          | 71,1        | 4,6                                     | 1 434                                  |
| 140111       | PCSI                                     | 6 544            | 36,7               | 3,6         | 27,1          | 69,3        | 5,1                                     | 1 401                                  |
| 140112       | PIMENTEL                                 | 36 280           | 6,4                | 0,3         | 6,2           | 93,8        | 11,4                                    | 1 804                                  |

Continúa...

PERÚ: POBLACIÓN TOTAL PROYECTADA AL 30 DE JUNIO DE CADA AÑO,  
SEGÚN DEPARTAMENTO, PROVINCIA Y DISTRITO, 2018 - 2029

| Ubigeo        | Departamento, provincia y distrito | 2018           | 2019           | 2029           |
|---------------|------------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| 130604        | CHARAT                             | 2 643          | 2 617          | 2 574          |
| 130605        | HUARANCHAL                         | 4 248          | 4 130          | 4 122          |
| 130606        | LA CUESTA                          | 667            | 665            | 652            |
| 130608        | MACHE                              | 2 910          | 2 834          | 2 803          |
| 130610        | PARANCAY                           | 558            | 551            | 542            |
| 130611        | SALPO                              | 6 506          | 6 534          | 6 543          |
| 130613        | SINSCAP                            | 7 631          | 7 587          | 7 543          |
| 130614        | USQUEL                             | 23 424         | 23 245         | 23 003         |
| <b>130700</b> | <b>PACASMAYO</b>                   | <b>168 376</b> | <b>161 316</b> | <b>152 878</b> |
| 130701        | SAN PEDRO DE LLOC                  | 18 747         | 18 081         | 18 368         |
| 130702        | GUADALUPE                          | 42 798         | 43 528         | 44 119         |
| 130703        | JEQUETEPEQUE                       | 4 384          | 4 408          | 4 504          |
| 130704        | PACASMAYO                          | 21 032         | 21 819         | 22 161         |
| 130705        | SAN JOSÉ                           | 12 455         | 12 604         | 12 718         |
| <b>130800</b> | <b>PKATAZ</b>                      | <b>83 672</b>  | <b>84 496</b>  | <b>85 092</b>  |
| 130801        | TAYABAMBA                          | 13 839         | 13 671         | 13 952         |
| 130802        | BULBULUYO                          | 4 180          | 4 201          | 4 229          |
| 130803        | CHILLA                             | 12 872         | 12 978         | 13 048         |
| 130804        | HUANCASPATA                        | 6 170          | 6 166          | 6 142          |
| 130805        | HUAYLLAS                           | 1 212          | 1 164          | 1 116          |
| 130806        | HUAYO                              | 3 817          | 3 794          | 3 782          |
| 130807        | ONGON                              | 1 467          | 1 385          | 1 380          |
| 130808        | PIRCOY                             | 20 312         | 20 753         | 21 147         |
| 130809        | PKATAZ                             | 10 158         | 10 482         | 10 782         |
| 130810        | PIAS                               | 1 826          | 1 672          | 1 600          |
| 130811        | SANTIAGO DE CHALLAS                | 2 362          | 2 330          | 2 290          |
| 130812        | TAURUA                             | 3 025          | 3 033          | 3 032          |
| 130813        | URPKAY                             | 2 503          | 2 466          | 2 422          |
| <b>130900</b> | <b>SÁNCHEZ CARRIÓN</b>             | <b>162 427</b> | <b>165 747</b> | <b>168 670</b> |
| 130901        | HUAMACHICO                         | 74 786         | 77 443         | 79 944         |
| 130902        | CHUSAY                             | 18 956         | 19 177         | 19 344         |
| 130903        | COCHORCO                           | 9 815          | 9 948          | 10 054         |
| 130904        | CURGOS                             | 8 878          | 8 748          | 8 785          |
| 130905        | MARCABAL                           | 11 845         | 11 627         | 11 321         |
| 130906        | SANAGORAN                          | 14 533         | 14 728         | 14 891         |
| 130907        | SARIN                              | 9 762          | 9 847          | 9 904          |
| 130908        | SARTIMBAMBA                        | 14 052         | 14 226         | 14 367         |
| <b>131000</b> | <b>SANTIAGO DE CHUCO</b>           | <b>56 643</b>  | <b>56 832</b>  | <b>56 888</b>  |
| 131001        | SANTIAGO DE CHUCO                  | 20 723         | 20 325         | 20 368         |
| 131002        | ANGASMARCA                         | 5 127          | 5 067          | 4 965          |
| 131003        | CACHICADÁN                         | 3 890          | 3 801          | 3 789          |
| 131004        | MOLLESAMBA                         | 1 857          | 1 854          | 1 846          |
| 131005        | MOLLEPATA                          | 2 480          | 2 484          | 2 441          |
| 131006        | QUIRVILCA                          | 13 713         | 13 727         | 13 703         |
| 131007        | SANTA CRUZ DE CHUCA                | 3 967          | 3 962          | 3 949          |
| <b>131008</b> | <b>SITABAMBA</b>                   | <b>3 677</b>   | <b>3 662</b>   | <b>3 677</b>   |

Continúa...



**Tabla 9.**  
**Caseríos y centros poblados del Distrito de Sitabamba**  
**Fuente : INEI. 2021.**

| 131008 DISTRITO SITABAMBA |                       |         | 3 240 | 1 639 | 1 601 | 1 060 | 1 028 | 32  |   |
|---------------------------|-----------------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|---|
| 0001                      | SITABAMBA             | Quechua | 3 080 | 799   | 413   | 386   | 282   | 279 | 3 |
| 0004                      | CORRALES              | Quechua | 3 322 | 136   | 68    | 68    | 37    | 36  | 1 |
| 0005                      | SANTA CRUZ DE PAYURES | Suni    | 3 501 | 105   | 50    | 55    | 28    | 28  | - |
| 0006                      | HUAYOBAL              | Quechua | 2 889 | 173   | 94    | 79    | 50    | 50  | - |
| 0007                      | SAN MIGUEL DE SHITAS  | Quechua | 3 400 | 100   | 52    | 48    | 32    | 32  | - |
| 0008                      | INFIERNILLO           | Quechua | 3 073 | 9     | 4     | 5     | 3     | 3   | - |
| 0009                      | ALIZO GRANDE          | Suni    | 3 541 | 22    | 10    | 12    | 5     | 5   | - |
| 0011                      | CUYPUSH               | Quechua | 2 997 | 36    | 18    | 18    | 11    | 11  | - |
| 0012                      | CHICHIRIBAL           | Quechua | 2 568 | 61    | 27    | 34    | 18    | 18  | - |
| 0014                      | USHNOBAL              | Quechua | 2 649 | 161   | 79    | 82    | 77    | 77  | - |
| 0015                      | QUILLIS               | Quechua | 3 020 | 142   | 72    | 70    | 40    | 40  | - |
| 0017                      | MATIBAMBA             | Quechua | 2 340 | -     | -     | -     | 4     | 4   | - |
| 0021                      | HUACABAMBA            | Quechua | 3 158 | 122   | 60    | 62    | 51    | 42  | 9 |
| 0027                      | PARASIBE              | Quechua | 3 421 | 33    | 18    | 15    | 17    | 11  | 6 |

1224

| CÓDIGO | CENTROS POBLADOS | REGIÓN NATURAL<br>(según piso<br>altitudinal) | ALTITUD<br>(m s.n.m.) | POBLACIÓN CENSADA |        |       | VIVIENDAS PARTICULARES |                |                  |
|--------|------------------|---|-----------------------|-------------------|--------|-------|------------------------|----------------|------------------|
|        |                  |   |                       | Total             | Hombre | Mujer | Total                  | Ocupadas<br>1/ | Desocu-<br>padas |
| 0030   | PIJOBAMBA        | Suni  | 3 521                 | 256               | 130    | 126   | 81                     | 78             | 3                |
| 0032   | LA UNION         | Suni  | 3 719                 | 141               | 76     | 65    | 47                     | 43             | 4                |
| 0035   | CHAGAVARA        | Suni  | 3 659                 | 184               | 93     | 91    | 52                     | 51             | 1                |
| 0036   | LAGUNA BARROSA   | Suni  | 3 913                 | 12                | 5      | 7     | 2                      | 2              | -                |
| 0037   | QUISUAR CANLLE   | Suni  | 3 659                 | 129               | 59     | 70    | 47                     | 47             | -                |
| 0046   | UCHUCUBAMBA      | Quechua                                       | 3 470                 | 208               | 109    | 99    | 53                     | 53             | -                |
| 0049   | LAS ACHIRAS      | Suni  | 3 811                 | 70                | 36     | 34    | 22                     | 22             | -                |
| 0051   | VILCABAMBA       | Suni  | 3 870                 | 60                | 32     | 28    | 16                     | 16             | -                |
| 0057   | SALANDRAN        | Quechua                                       | 3 037                 | 91                | 43     | 48    | 21                     | 21             | -                |
| 0065   | CHAGAPAMPA       | Suni  | 3 693                 | 95                | 49     | 46    | 35                     | 34             | 1                |
| 0066   | LA ESPERANZA     | Suni  | 3 646                 | 95                | 42     | 53    | 29                     | 25             | 4                |



**Fotografía 07 :**  
**Vista del canal Rectangular de concreto de**  
**Uchucubamba . Fuente: Propia**



**Fotografía 08 :**  
**Vista de estructuras deficientes en el tramo del canal**  
**Uchucubamba. Fuente: Propia**