



**UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**



I PROGRAMA DEL CURSO DE ACTUALIZACIÓN PROFESIONAL

**“ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO DE CANALES DE IRRIGACIÓN” EN
BASE “MEJORAMIENTO DEL CANAL DE IRRIGACIÓN
HUASUCARA – PIEDRA PATO DISTRITO DE SANTO DOMINGO DE
LOS OLLEROS, CUENCA Y CHILCA, PROVINCIA DE HUAROCHIRI
Y CAÑETE” DEL GOBIERNO REGIONAL DE LIMA”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGRÍCOLA**

PRESENTADO POR:

Bach. JAVIER ALAN DE LA CRUZ BERNILLA

ASESOR:

Dr. LUIS A. TOLEDO CASANOVA

**LAMBAYEQUE – PERÚ
2018.**



**“UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO”
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA.**



I PROGRAMA DEL CURSO DE ACTUALIZACIÓN PROFESIONAL

**“ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO DE CANALES DE IRRIGACIÓN” EN
BASE “MEJORAMIENTO DEL CANAL DE IRRIGACIÓN
HUASUCARA – PIEDRA PATO DISTRITO DE SANTO DOMINGO DE
LOS OLLEROS, CUENCA Y CHILCA, PROVINCIA DE
HUARACHIRI Y CAÑETE” DEL GOBIERNO REGIONAL DE LIMA”**

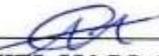
TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGRICOLA

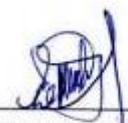
PRESENTADA POR:

Bach. JAVIER ALAN DE LA CRUZ BERNILLA

APROBADO POR:



M.Sc. MANUEL MACO CHUNGA
PRESIDENTE



MSc. ENOCH MONTES BANCES
MIEMBRO



DR. LUIS A. TOLEDO CASANOVA
ASESOR



INDICE

	Pág.
1.0 DATOS PRELIMINARES	04
1.1 TÍTULO DEL PROYECTO	04
1.2 PERSONAL DE INVESTIGADORES	04
1.3 TIPO DE INVESTIGACIÓN	04
1.4 AREA DE INVESTIGACIÓN	04
1.5 INSTITUCION DE EJECUCIÓN	04
1.6 DURACIÓN DEL PROYECTO	04
1.7 FECHA DE INICIO	04
1.8 FECHA DE TÉRMINO	04
2.0 RESUMEN	05
3.0 INTRODUCCIÓN	07
4.0 MATERIALES Y MÉTODOS	08
4.1 OBJETIVOS	08
4.1.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS	08
4.2 ANTECEDENTES	08
4.2.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES	08
4.2.2 ANTECEDENTES NACIONALES	09
4.3 BASES TEÓRICAS	11
4.3.1 ESTUDIO HIDROLÓGICO	11
4.3.2 RIEGO	11
4.3.2.1 TIPOS DE RIEGO	13
4.3.3 DISEÑO DE CANAÑES	14
4.3.3.1 DESCRIPCION GENERAL DE LOS CANALES HIDRAULICOS	14
4.3.3.2 DISEÑO DE LA SECCION TRANSVERSAL	17



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



4.3.3.3	CAPACIDADES DEL CANAL DISEÑADO	18
4.3.4	CONDICIONES CRÍTICAS	20
4.3.4.1	RESALTO HIDRÁULICO	20
4.3.4.2	CURVA DE REMANSO	21
4.3.5	ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS	21
4.3.6	ESTUDIO TOPOGRÁFICO	22
4.3.7	MARCO LEGAL	22
4.3.8	FLUJO DEL AGUA EN CANALES	23
4.3.8.1	SECCIONES DE MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA	24
4.3.9	CANALES CON REVESTIMIENTO DE CONCRETO SIMPLE.....	24
4.3.10	EFICIENCIA DE CONDUCCION EN CANALES DE RIEGO	25
4.3.10.1	PERDIDA POR INFILTRACION	25
4.3.10.2	VALORES DE EFICIENCIA DE CONDUCCION EN CANALES	26
5.0	RESULTADO Y DISCUSIONES	27
6.0	CONCLUSIONES	28
7.0	RECOMENDACIONES	29
8.0	REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA.....	30
9.0	ANEXOS	31-34



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

1.0 DATOS PRELIMINARES:

1.1 TÍTULO DEL PROYECTO:

“ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO PARA CANALES DE IRRIGACIÓN” EN BASE:
“MEJORAMIENTO DEL CANAL DE IRRIGACIÓN HAUSUCARA PIEDRA PATO,
DISTRITOS DE SANTO DOMINGO DE LOS OLLEROS, CUENCA Y CHILCA,
PROVINCIAS DE HUAROCHIRÍ Y CAÑETE”; DEL GOBIERNO REGIONAL DE
LIMA”.

1.2 PERSONAL DE INVESTIGADORES:

- ✓ BACHILLER RESPONSABLE: JAVIER ALAN DE LA CRUZ BERNILLA
- ✓ DOCENTE ASESOR: Dr. LUIS ARMANDO TOLEDO CASANOVA.

1.3 TIPO DE INVESTIGACIÓN: Bibliográfica.

1.4 ÀREA DE INVESTIGACIÓN: Ministerio De Agricultura y Riego.

1.5 INSTITUCIÓN DE EJECUCIÓN: La localización geográfica se ubica en el, Departamento de Lima, Provincia de Huarochirí, Distrito de Santo Domingo de los Olleros, cuenca y chilca, entre las coordenadas :U.T.M. DATUM WGS 84, 341378.98 E, 8652046.006 N Y una altitud de 35500 - 1200 m.s.n.m. parte alta y baja, ubicándose en la Región Lima.

1.6 DURACIÓN DEL PROYECTO: 120 días

1.7 FECHA DE INICIO: Febrero del 2018

1.8 FECHA DE TÉRMINO: Abril del 2018



2.0 RESUMEN:

La presente investigación, está enmarcado en los Estudios Presentados por la comisión de regantes del canal de Irrigación HAUSUCARA-PIEDRA PATO, en el cual manifiestan que las pérdidas de agua oscilaban entre 35 % y 40 %, debido a las características de la permeabilidad del suelo que conforma el canal.

Por ello se plantea el Estudio de investigación denominado "ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO PARA CANALES DE IRRIGACIÓN"

EN BASE: "MEJORAMIENTO DEL CANAL DE IRRIGACIÓN HAUSUCARA PIEDRA PATO, DISTRITOS DE SANTO DOMINGO DE LOS

OLLEROS, CUENCA Y CHILCA, PROVINCIAS DE HUAROCHIRÍ Y CAÑETE" con la finalidad de mejorar la conducción del sistema hídrico y lograr una mayor eficiencia en la distribución del agua para riego.

Presenta como problema fundamental la pérdida de agua por infiltración en el tramo del canal en tierra; así como también existen tramos con pendientes fuertes que ocasionan problemas de erosión.

El objetivo central de esta investigación consiste en lograr un "incremento del rendimiento de los cultivos", mejorando el riego de las 1,421.00 m Has, que se cultivan actualmente, y ampliando la frontera agrícola hasta 150 Has totales bajo riego.

Obteniendo Mejoramiento de riego del canal Huasucara (prog.0+0+0-1,421.00 m), mediante su revestimiento, para reducir las pérdidas de agua por infiltración, incrementando la oferta del agua.

Los resultados al realizar el estudio, se sustenta en la necesidad de los Agricultores de contar con un canal de riego revestido con concreto $F_c=175\text{kg/cm}^2$, teniendo en cuenta la mejor propuesta económica y otros factores, servirá como documento principal para la ejecución de esta obra, lo cual generará un mayor rendimiento de los cultivos e incremento de la producción agropecuaria.

Por lo tanto se concluye La situación actual genera una permanente inseguridad en el suministro de agua a las áreas agrícolas bajo riego, por lo que se requiere con urgencia mejorar la eficiencia de conducción mediante su revestimiento a fin de brindar mejores condiciones para el suministro de agua.

Palabras Claves: Canal de Irrigación, Cuencas, Canal de Riego, Canales Revestidos.



ABSTRACT

The present investigation, HAUSUCARA-STONE is framed in the Studies Presented by the commission of rerough canvases of the irrigation ditch DUCK, in which they demonstrate that the water losses were ranging between 35 % and 40 %, due to the characteristics of the permeability of the soil that shapes the channel.

For it the Study of investigation appears named " ANALYSIS BIBLIOGRÁFICO FOR IRRIGACIÓN'S CHANNELS " IN I BASED: " IMPROVEMENT OF THE IRRIGATION DITCH HAUSUCARA STONE DUCK, DISTRICTS OF HOLY SUNDAY OF THE OLLEROS, BASIN AND CHILCA, PROVINCES OF HUAROCHIRÍ AND CAÑETE " with the purpose of improving the conduction of the water system and of achieving a major efficiency in the distribution of the water for irrigation.

He presents as fundamental problem the water loss for infiltration in the section of the channel in land; as well as also sections exist with strong earrings that cause problems of erosion. The central aim of this investigation consists of achieving a " increase of the performance of the cultures ", improving the irrigation of 1:421.00 m Are, that are cultivated nowadays, and extending the agricultural border up to 150 Are the total ones under irrigation. Obtaining Improvement of irrigation of the channel huasucara (prog.0+0+0-1,421.00 m), by means of his coating, to reduce the water losses for infiltration, increasing the offer of the water.

The results on having realized the study, it is sustained in the need of the Farmers to possess a channel of irrigation redressed in concrete $F_c = 175 \text{ kg/cm}^2$, having in it counts the best economic offer and other factors, there will serve as principal document for the execution of this work, which will generate a major performance of the cultures and increase of the agricultural production. Therefore one concludes The current situation generates a permanent insecurity in the water supply to the agricultural areas under irrigation, by what it is needed urgently to improve the efficiency of conduction by means of his coating in order to offer better conditions for the water supply.

Keywords: Irrigation Channel, Watersheds, Irrigation Channel, Covered Canals.



3.0 INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación está referido al **“ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO PARA**

CANALES DE IRRIGACIÓN” EN BASE: “MEJORAMIENTO DEL CANAL DE IRRIGACIÓN HAUSUCARA – PIEDRA PATO, DISTRITOS DE SANTO DOMINGO DE LOS OLLEROS, CUENCA Y CHILCA, PROVINCIAS DE HUAROCHIRÍ Y CAÑETE; DEL GOBIERNO REGIONAL DE LIMA”.

Responde a una necesidad y motivación grupal que nace a partir de la problemática identificada que atraviesan los beneficiarios del canal de riego, al contar con una infraestructura inadecuada y en mal estado de conservación del mismo, permitiéndoles contar con infraestructuras de riego, como lo es un canal, en buenas condiciones operativas para potenciar la agricultura y ganadería y por ende el desarrollo de la comunidad. Debido a la importancia de contar con canales revestidos de concreto simple que funcionen en su máxima eficiencia de conducción.

El desarrollo de la agricultura en el Perú tiene una evidente correlación con los avances en el manejo del agua para riego. Los antiguos peruanos encararon seriamente el "problema del uso del agua para el riego" y esto, muy probablemente, dio inicio a importantes cambios en la agricultura y la sociedad.

El presente estudio, es el aporte de inicio para enfocar una política regional, logrando destinar una cantidad importante de presupuesto para el sector de irrigación en Lima.



4.0 MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 OBJETIVO GENERAL:

- ✓ El objetivo central del proyecto consiste en lograr un "incremento del rendimiento de los cultivos", mejorando el riego de las 100 Has, que se cultivan actualmente, y ampliando la frontera agrícola hasta 150 Has totales bajo riego.

4.1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- ✓ Mejoramiento de riego del canal huasucara (prog.0+0+0-1,421.00 m), mediante su revestimiento, para reducir las pérdidas de agua por infiltración, incrementando la oferta del agua.
- ✓ Obtener una adecuada disponibilidad de agua para riego de las comunidades de Cucuya, Avichuca, Acurana, Llanac y Chilca.
- ✓ Lograr una eficiente gestión del agua para riego de las comunidades de Cucuya, Avichuca, Acurana, Llanac y Chilca.

4.2 ANTECEDENTES

4.2.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Un estudio realizado en México (Distrito de Riego del Río Mayo en Sonora). En este Distrito se llevó a cabo un minucioso estudio sobre la eficiencia en el uso del agua (**Palacios, 1976**), en base al cual pueden explicarse las metodologías utilizadas para la estimación de los diferentes componentes de las pérdidas. Se encontraron aportes importantes en el tema, se estima que en promedio en los Distritos de Riego de México se pierde un 40% del agua en la conducción; es decir la eficiencia media de conducción es del orden del 60%. No obstante, debe recordarse que no toda el agua se desperdicia, ya que parte va a los acuíferos y posteriormente puede ser nuevamente aprovechada; sin embargo, en los distritos costeros, la mayor parte del agua perdida se va hasta el mar, sin que sea posible su utilización. Algunas de las conclusiones de este estudio son: Las pérdidas en conducción pueden subdividirse de acuerdo a su origen en: a) por infiltración; b) por evaporación.

- a) **Las pérdidas por infiltración** se producen principalmente en los cauces naturales de las corrientes y en los canales no revestidos; sin embargo, en algunos casos de revestimientos agrietados o con mampostería en mal estado, también pueden ser de mucha importancia.



El monto de estas pérdidas es variable, destacando el caso de los canales no revestidos, construidos en suelos permeables, donde pueden ser de mucha consideración.

- b) **Las pérdidas por evaporación:** son relativamente menores que las de infiltración; sin embargo, en muchos distritos de riego el área expuesta a la evaporación en los cauces naturales o canales con diques, puede ser grande y en consecuencia las respectivas pérdidas por evaporación de importancia.
- c) **Las fugas por las fallas en las estructuras,** en la actualidad son muy importantes en la mayoría de los Distritos de Riego debido al mal estado en que se encuentran. En efecto, en muchas compuertas radiales sobre desfuegos de canales principales y de laterales cerrados que no se utilizan en un momento dado, el agua que se fuga por el mal estado de los sellos o por las perforaciones que se han producido debido a la corrosión del fierro por falta de conservación, puede representar un porcentaje considerable del agua conducida. Para evaluar los componentes de las pérdidas de conducción, se efectuaron muestreos con infiltrómetros y evaporímetros sobre varios tipos de canales, se utilizaron los datos de los informes de distribución de aguas, en los que se presentan las pérdidas mensuales por tramos de canales; también se muestrearon las pérdidas por fugas en estructuras y se realizaron aforos en diferentes tramos de canales para afinar la información obtenidas en la muestra con los infiltrómetros, la que se expandió con el apoyo del estudio agrológico.

4.2.2 ANTECEDENTES NACIONALES:

En 1989 el libro "Riego en la sierra. La experiencia de PRODERM (organismo estatal financiado por convenio bilateral con la cooperación holandesa desde 1978), escrito por **Humberto van der Zel**, jefe del área de ingeniería de esa institución, propone a las eficiencias de riego como los principales indicadores para medir el éxito de un proyecto de riego. Este autor afirma que "gran parte de Los objetivos de un proyecto de riego se pueden expresar en términos de eficiencia del uso de agua". En este libro proporciona definiciones y fórmulas de medición de las eficiencias de conducción, distribución y aplicación. No intenta definir una metodología de seguimiento y evaluación que incluya los aspectos sociales o económicos del riego. **(De la Torre C; Sierra R. -2000).**

Por 1990 surgieron varios organismos no gubernamentales dedicados al desarrollo rural, los cuales incluyeron también en sus actividades la construcción de infraestructura productiva y el mejoramiento de sistemas de irrigación en comunidades campesinas. Las más antiguas de este tipo de instituciones son CCAIJO, CADEP, y ARARIWA.



Desde 1991 se sumó a este grupo la institución ITDG, dedicada principalmente a la capacitación de Comités de Regantes de comunidades campesinas en aspectos de gestión del riego y a la construcción de obras menores de control hidráulico. **(De la Torre C; Sierra R. -2000).**

Las instituciones mencionadas, con el apoyo de la agencia holandesa SNV, lideraron la conformación de una red regional sobre gestión del riego con el objetivo de compartir experiencias, desarrollar actividades de interés común, e influir sobre las políticas regionales y nacionales que tienen relación con el manejo de recursos naturales. Esta red se denomina GPERInka y tiene 18 entidades asociadas, entre entidades estatales, organismos no gubernamentales e instituciones universitarias. Se han organizado a la fecha 12 talleres de intercambio de experiencias, se ha publicado dos libros, se ha organizado numerosas conferencias y talleres sobre temas específicos, y además desde 1997 se ha iniciado una Escuela Regional de Riego con financiamiento de una agencia holandesa. **(De la Torre C; Sierra R. -2000).**

Estas instituciones han realizado diversos estudios en diferentes temas sobre proyectos de riego, y se hace necesario ahora conocer el desempeño de los sistemas de irrigación existentes en las modalidades por gravedad y por aspersión, tanto en sus aspectos técnicos como económicos y sociales. Algunas de las instituciones asociadas al GPER Inka han realizado individualmente evaluaciones de la eficiencia de riego y del costo-beneficio de los proyectos de riego de su ámbito de trabajo. Sin embargo los resultados no son comparables porque los métodos de medición son diferentes.

La revista RURAL TER, publicada por la agencia francesa CICDA, presenta en el volumen que corresponde al primer semestre de 1990, un compendio muy valioso de las ponencias sustentadas en dos seminarios sobre el tema en referencia.

Desde la esfera académica ha habido también importantes esfuerzos de medir eficiencias de riego. Entre los principales destacan el libro "El riego, un factor determinante para el desarrollo de la producción agropecuaria alto andina" escrito por Walter Olarte Hurtado en 1988, profesor de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco; y la tesis de Carlos Salcedo y Pedro Huarcaya, "La evaluación de eficiencias de riego dentro del ámbito de trabajo del PRODERM", **(UNSAAC, 1989).**

Otro libro también basado en la experiencia del PRODERM retoma la sugerencia de medir eficiencias de riego pero esta vez como un indicador de los resultados que se pueden obtener con actividades de capacitación en técnicas de riego parcelario. Este libro es el titulado "Pacha Mama Raymi. Un sistema de capacitación para el desarrollo en comunidades", escrito por **Willem van Immerzeel y Juan Víctor Núñez del Prado.**



El objetivo de éste libro es plantear un nuevo enfoque para la capacitación de familias campesinas teniendo en cuenta su cultura y organización nativa.

4.3 BASES TEÓRICAS

4.3.1 ESTUDIO HIDROLÓGICO:

- **Mejía. M. J. A. (2012). Hidrología Aplicada;** desde el punto de vista de la ingeniería expone:

“...La hidrología incluye los métodos para determinar el caudal como elemento de diseño de las obras que tienen relación con el uso y protección del agua, tales como represas, canales abastecimientos, drenaje, calidad del agua, manejo de cuencas, etc. El análisis hidrológico es fundamental para el planeamiento, diseño y operación de sistemas hidráulicos...”

- **Ramírez Ch. W. (2013). Apuntes de clases de Hidrología, menciona:**

Para la elaboración de proyectos, particularmente de proyectos hidráulicos, el Ingeniero requiere de datos sobre precipitación, caudales, evaporación, horas de sol, Temperatura, vientos, etc. Esta información básica la recopila en el país el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI). La Hidrología enseña el manejo que se le da a esta información, no siempre completa y muchas veces ausente en el lugar mismo del proyecto.

- **Rodan, 2005, para el cálculo del caudal de canal explica:**

Se requieren de los estudios hidrológicos para determinar las lluvias críticas para determinar los caudales en régimen natural, que producen un incremento máximo en la elevación del nivel freático. Dado que la precipitación es altamente variable en el tiempo y en el espacio, se debe contar con un número suficiente de datos y preferiblemente de varias estaciones meteorológicas, para lograr un buen grado de probabilidad en los estimados de los elementos críticos. Lo que se desea en última instancia, es la lluvia crítica que produce la descarga máxima.

4.3.2 RIEGO

- **Rossel, 2000, expone:**

El riego es la aportación de agua a la tierra por distintos métodos para facilitar el desarrollo de las plantas, se practica en todas aquellas partes del mundo donde las precipitaciones no suministran suficiente humedad al suelo.



➤ **Gurovich, 1999**

Define que el riego es la aplicación oportuna y uniforme de agua a un perfil del suelo para reponer en este, el agua consumida por los cultivos entre dos riegos consecutivos.

➤ **Linsley, 1992**

Riego es la aplicación de agua al suelo para completar la lluvia deficiente y proporcionar humedad para el crecimiento de las plantas.

➤ **Vásquez V. A y Chang. N. L (1982). El riego**

Para un buen riego es indispensable conocer las relaciones suelo-agua-planta atmósfera. Porque un mal manejo del riego ocasionaría un menor rendimiento del cultivo, pérdidas excesivas del agua, lixiviación de los nutrientes, mal drenaje, erosión del suelo y la salinización del suelo. Un buen riego debe humedecer el suelo hasta la profundidad donde se encuentre el enraizamiento de las raíces y esto deberá ser oportuno, eficiente uniforme, para de esta manera reparar el agua consumida por los cultivos y que se evaporan del suelo por acción del clima. Los programas de riego son basados en información de la fecha del último riego y la cantidad de agua disponible, asumiendo que el descenso del contenido de humedad se inicie de la capacidad de campo, y que la tasa de consumo de agua estimada correspondió a la actual y que el riego fue completo. El riego por gravedad consigue que el agua aplicada fluya mediante la gravedad, debido a la pendiente del suelo y de la carga. El agua ingresa al campo por la parte más alta y luego sigue la pendiente del suelo.

➤ **Montero. T. M (2013). Apuntes de Clases de Ingeniería de Riegos**

La agricultura desde un punto de vista físico, biológico y socioeconómico, exige una eficiencia máxima en la utilización de los recursos, entre ellos el recurso hídrico y su interacción con la fase suelo y cultivos. La optimización de estos factores, mejoran las prácticas y eficiencias de riego, mediante una eficiente utilización del agua, sobre todo donde el recurso es sumamente escaso.



4.3.2.1 TIPOS DE RIEGO

a) RIEGO POR SUPERFICIE

➤ Fuentes y J. L., 1998

El riego por superficie es un sistema de riego en donde el agua fluye por gravedad, utilizándose la superficie del suelo agrícola como parte del sistema de distribución del agua, el caudal disminuye a medida que el agua avanza por la parcela regada, debido a su infiltración en el suelo.

b) RIEGO POR GOTEO

- **Venneiren y Jobling 1986**, señalan el riego por goteo como un conjunto de métodos que humedecen una parte del suelo. Su principal característica es el aporte de pequeños caudales y pequeña dosis de agua y fertilizantes, muy localmente en las zonas de las raíces de los cultivos por medio de dispositivos de distribución tales como goteros, boquillas, tubos porosos, etc.
- **Medina 1997**, El riego por goteo es un sistema que mantiene el agua en la zona radicular en las condiciones de utilización más favorables a la planta, aplicando el agua gota a gota. El agua es conducida por medio de conductos cerrados desde el punto de toma hasta la misma planta, a la que se aplica por medio de dispositivos que se conocen como goteros o emisores.
- **Annoni 1992**, señala que se puede definir el sistema de riego por goteo como un sistema de humedecimiento limitado del suelo, en el cual se aplica el agua únicamente a una parte del volumen del suelo ocupado por el cultivo. El volumen húmedo acomoda el sistema radicular de la planta, de modo que en diferentes descargas o variado \a distancia entre goteros, la frecuencia de riego, etc., varía también la forma del sistema radicular.
- **Benites, 1998**, Toda el agua que aplica al suelo no es aprovechada por la planta, así como toda el agua que capta en la bocatoma no llega a la parcela. Algunos sistemas, tanto de conducción como de aplicación, pierden más agua que otros. A los que menos agua pierden se les denomina más eficiente.



4.3.3 DISEÑO DE CANALES:

4.3.3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS CANALES HIDRAULICOS

David Alanya, 2011

Los canales son conductos abiertos o cerrados en los cuales el agua circula debido a la acción de la gravedad y sin ninguna presión, pues la superficie libre del líquido está en contacto con la atmósfera; esto quiere decir que el agua fluye impulsada por la presión atmosférica y de su propio peso.

➤ **Ven Te Chow. (1994). Hidráulica de canales abiertos.**

Un canal abierto es un conducto en el cual el agua fluye con una superficie libre. De acuerdo a su origen un canal puede ser natural ó artificial. Los canales artificiales son aquellos construidos o desarrollados mediante esfuerzo humano: canales de navegación, canales de centrales hidroeléctricas, canales y canaletas de irrigación, cunetas a lo largo de carreteras, etc., así como canales modelos construidos en el laboratorio con propósitos experimentales. Las propiedades hidráulicas de estos canales pueden ser controladas hasta un nivel deseado o diseñadas para cumplir unos requisitos determinados. La aplicación de las teorías hidráulicas a canales artificiales producirá, resultados bastante similares a las condiciones reales y por consiguiente son razonablemente exactos para propósitos prácticos de diseño.

➤ **Urcia C. (2005). Canales de Riego expone:**

El diseño de canales consiste en calcular las dimensiones geométricas de la sección transversales asumiendo criterios para los factores como rugosidad, taludes, borde libre, etc.; que intervienen para los cálculos en el diseño de canales, se asumirá que el flujo es permanente y uniforme para lo cual la formula aplicativa a utilizar será la de Manning; además se tendrá en cuenta para canales en tierras el criterio de mínima infiltración y la condición de máxima eficiencia hidráulica para canales revestidos en concreto.

➤ **Villón B. M. (2007). Hidráulica de canales**

El diseño de un sistema de riego y drenaje lleva implícito el diseño de un conjunto de obras de protección y estructuras, mediante las cuales se efectúa la captación, conducción, distribución, aplicación y evacuación del agua, para proporcionar de una manera adecuada y controlada, la humedad que requieren los cultivos para su desarrollo.

➤ **Autoridad Nacional del Agua (2010). Manual "Criterios de diseños de obras hidráulicas para la formulación de proyectos hidráulicos multisectoriales y de afianzamiento hídrico".**



En un proyecto de riego, la parte correspondiente a su concepción, definido por su planteamiento hidráulico, tiene principal importancia, debido a que es allí donde se determinan las estrategias de funcionamiento del sistema de riego (captación, conducción - canal abierto o a presión -, regulación), por lo tanto, para desarrollar el planteamiento hidráulico del proyecto se tiene que implementar los diseños de la infraestructura identificada en la etapa de campo; canales, obras de arte (acueductos, canoas, alcantarillas, tomas laterales etc.), obras especiales (bocatomas, desarenadores, túneles, sifones, etc.) etc. Para el desarrollo de los diseños de las obras proyectadas, el caudal es un parámetro clave en el dimensionamiento de las mismas y que está asociado a la disponibilidad del recurso hídrico (hidrología), tipo de suelo, tipo de cultivo, condiciones climáticas, métodos de riego, etc., es decir mediante la conjunción de la relación agua - suelo - planta. De manera que cuando se trata de la planificación de un proyecto de riego, la formación y experiencia del diseñador tiene mucha importancia, destacándose en esta especialidad la Ingeniería Agrícola.

- **Krochin, Sviatoslav.** En cuanto las consideraciones que debe cumplir las estructuras hidráulicas manifiesta:

“...Las obras de toma deben ser consideradas con las siguientes condiciones:

- Con cualquier calado del río, deben captar una cantidad de agua prácticamente constante.
- Deben impedir hasta donde sea posible la entrada de material sólido y flotante y hacer que esta caiga por el río.
- Satisfacer todas las condiciones de seguridad...”

- **Ramos T. L. (2014). Diseño de Estructuras Hidráulicas 1**

Un sistema de riego consiste en obras de toma, canal principal, canales secundarios y terciarios, obras de medición y distribución de agua. Las fuentes de agua son los ríos, lagos y pozos que tengan un caudal suficiente para satisfacer las demandas de las plantas. El agua puede ser captada por gravedad o bombeo. Por esto el canal conduce el agua hasta un sitio donde existe una caída apropiada y el aprovechamiento se realiza al pie de esta. En consecuencia, las obras hidráulicas que sirven para el aprovechamiento del agua en diferentes formas, pueden clasificarse, según su función, en:

- **Obras de captación:** por gravedad como tomas de derivación y presas de embalse y bombeo.



- **Obras de conducción:** canales y túneles; pasos de depresión (como acueductos, sifones alcantarillas, caídas y rápidas; tuberías de presión.
 - **Obras de protección:** desarenadores, aliviaderos, desfogues, disipadores de energía y tanques de presión.
 - **Obras de regulación:** divisiones, medidores y reservorios.
- **Rodan, 2005,** En el diseño de un sistema de canales explica que deben considerarse factores de estudios tales como: la topografía, textura y estructura de suelos, porosidad total y efectiva, capacidad de retención de agua, y en especial la permeabilidad de los diferentes estratos que permitirá determinar la presencia de capas impermeables o poco permeables que influirán en forma decidida en la altura del nivel freático dentro del perfil. Para un diseño apropiado es necesario hacer una serie de estudios, que permitan tomar las decisiones adecuadas.

Como información general, se requieren planos geodésicos que aporten datos relacionados con el área ocupada, topografía; estudios anteriores relacionados al suelo de la zona que permitan establecer datos geohidrológicos valiosos para el análisis del problema; registros de las observaciones de aguas subterráneas. El análisis de los datos hidrológicos permite establecer la frecuencia, duración y severidad de las precipitaciones y sus efectos provocan en última instancia problemas de drenaje.

- **Chow, 2004;** según a Área mínima de diseño expone:

“...El diseño de un canal requiere de una serie de iteraciones a partir de una sección trasversal del canal, la cual como mínimo debería tener una superficie igual o mayor a la calculada según la ecuación...”

$$A_{min} = \frac{Q_{max}}{V_{max}}$$

Dónde:

V_{max} : velocidad máxima permitida, m/s.

Q_{max} : Gasto máximo de diseño, m³/s.

- **Clasificación de los canales (Chow, 2004)**

- **Los canales naturales:**(*ver ANEXO -Foto N° 1*)

Incluyen todos los cursos de agua que existen de manera natural en la tierra, los cuales varían en tamaño desde pequeños arroyuelos en zonas montañosas, hasta quebradas, arroyos, ríos pequeños y grandes y estuarios de mareas. (Chow, 2004)



Las propiedades naturales de un canal natural por lo general son muy irregulares. En algunos casos pueden hacerse suposiciones empíricas razonablemente consistentes con las observaciones y experiencias reales, de tal modo que las condiciones de flujos de estos canales se vuelvan manejables mediante el tratamiento analítico de la hidráulica teórica. Un estudio completo sobre el comportamiento del flujo en canales naturales requiere el conocimiento de otros campos, como la hidrología, mecánica de suelos y topografía. Geometría de canal: Las secciones de canales naturales son, por lo general, muy irregulares, y a menudo varían aproximadamente desde una parábola hasta aproximadamente un trapecio.

Elementos geométricos de una sección de canal: Los elementos de un canal son propiedades de una sección de canal que pueden ser definidos por completo por la geometría de la sección y la profundidad de flujo. Estos elementos son muy importantes y se utilizan con amplitud en el cálculo de flujo.

□ **Los canales artificiales:** (Ver ANEXO-foto N°2).

Son aquellos construidos o desarrollados mediante el esfuerzo humano: canales de vegetación, canales de centrales hidroeléctricas, canales y canaletas de irrigación, cunetas de drenaje, vertederos, canales de desborde, canales de madera, etc. Así como canales de modelos construidos en el laboratorio con propósitos experimentales. (Chow, 2004)

4.3.3.2 DISEÑO DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL.

➤ **Chow, 2004.**

Una vez que ya conocemos los parámetros; gasto máximo, velocidad máxima y área mínima, se deberá realizar una serie de iteraciones, de sucesivas secciones transversales a fin de encontrar aquella sección que sea capaz de trasladar de manera segura el caudal para el cual se diseña.

Se deberá considerar, para una misma sección transversal, aquella capaz de trasladar un mayor caudal, es decir, la que posea el mayor radio hidráulico. Para lo antes descrito se proponen los siguientes pasos a seguir:

- Selección del área, se recomienda un área igual o superior al área mínima de diseño.
- Determinación de parámetros de la sección transversal bases y taludes según las condiciones del terreno.
- Cálculos de los parámetros de tirante del canal, superficie libre, talud y radio hidráulico.



- Asignación de la pendiente hidráulica del canal (según las condiciones del terreno) y determinación de un coeficiente de rugosidad n .
- Calculo del caudal y velocidad de transporte del canal.
- Si el canal no satisface las especificaciones técnicas, se propone un nuevo diseño según las opciones.

Clasificación por diseño hidráulico (Tipos de secciones de canales hidráulicos). (ver ANEXO foto N° 3)

4.3.3.3 CAPACIDADES DEL CANAL DISEÑADO.

Una vez diseñada la sección transversal del canal, es asignada una pendiente, se determina el coeficiente de rugosidad que corresponde a las condiciones del terreno, con estos valores se calcula la velocidad y el caudal que transportara el canal por medio de la ecuación de Manning.

"n" de Manning para canales sin revestir	
Material	n
Arena fina coloidal	0.020
Marga arenosa no coloidal	0.020
Marga limosa no coloidal	0.020
Limos aluviales no coloidales	0.020
Marga firme ordinaria	0.020
Ceniza volcanica	0.020
Arcilla rigida muy coloida	0.025
Limos aluvialescoloidales	0.025
Esquitos y subsuelos de arcilla dura	0.025
Grava fina	0.020
Marga gradada a cantos rodados no coloidales	0.030
Linos gradados a cantos rodados coloidales	0.030
Grava gruesa no coloidal	0.025
Cantos rodados y ripios de canteras	0.035

Fuente (Chow, 2004)

Tablas a utilizar para el diseño hidráulico del canal

COEFICIENTES DE RUGOSIDAD DE MANNING	
CANALES ABIERTOS REVESTIDOS	COEFICIENTE (n)
Metal	0.013
Cemento	0.011
Mortero	0.013
Concreto acabado a llana	0.013
Concreto acabado en bruto	0.017
Gunita	0.022
Ladrillo	0.015
Mamposteria	0.025

Fuente (Chow, 2004)

Tablas a utilizar para el diseño hidráulico del canal

COEFICIENTES DE RUGOSIDAD DE MANNING	
CANALES ABIERTOS REVESTIDOS	COEFICIENTE (n)
Metal	0.013
Cemento	0.011
Mortero	0.013
Concreto acabado a llana	0.013
Concreto acabado en bruto	0.017
Gunita	0.022
Ladrillo	0.015
Mampostería	0.025

Fuente (Chow, 2004)

➤ Chow, 2004

La fórmula de Manning es una evolución de la fórmula de Chezy para el cálculo de la velocidad del agua en canales abiertos y tuberías propuestas por el ingeniero irlandés Robert Manning en 1889.

$$V = \frac{1}{n} R h^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

V_{max}: velocidad máxima permitida, m/s.

Q_{max}: Gasto máximo de diseño, m³ /s. n:

coeficiente de rugosidad de Manning.

R_h: radio hidráulico m²

S: pendiente del canal

Obtenidos los valores del caudal y velocidad se verifica si el diseño del canal se encuentra realizado en concordancia con las especificaciones técnicas. De no ser así, se deberá realizar un nuevo diseño.

4.3.4 CONDICIONES CRÍTICAS

➤ Ven te Chow (1 994), menciona:

Que el régimen crítico del flujo a través de una sección de canal se caracteriza por varias condiciones importantes:

- 1) La energía específica es mínima para un caudal determinado;
- 2) El caudal es máximo para una determinada energía específica;



- 3) La fuerza específica es mínima para un caudal determinado;
- 4) La altura de velocidades es igual a la mitad de la profundidad hidráulica en un canal de baja pendiente;
- 5) El número de Froude es igual a la unidad; y

- 6) La velocidad de flujo en un canal de baja pendiente con distribución uniforme de velocidades es igual a la celeridad de pequeñas ondas gravitacionales en aguas poco profundas causadas por perturbaciones locales. Si el estado crítico del flujo existe a través de toda la longitud del canal o/a lo largo de un tramo de éste, el flujo en el canal es un flujo crítico.

4.3.4.1 RESALTO HIDRÁULICO: (ejemplo-ver ANEXO-FOTO N° 4)

➤ **Dalmati D. (1962). "Manual de Hidráulica" dice:**

El resalto hidráulico, es un fenómeno local mediante el cual se verifica el pasaje, de una manera brusca, del régimen veloz al lento. Él está acompañado de una agitación más o menos marcada y de grandes pérdidas de energía. Ven te Chow (1997). "Hidráulica de canales abiertos". Resalto hidráulico también se le conoce como una onda estacionaria. La teoría del resalto desarrollada corresponde a canales horizontales o ligeramente inclinados en los que el peso del agua dentro del resalto tiene muy poco a efecto sobre su comportamiento, sin embargo los resultados obtenidos de este modo pueden aplicarse a la mayor parte de los canales encontrados en problemas de ingeniería. En canales con pendiente alta el efecto del peso del agua dentro del resalto puede ser tan significativo que debe incluirse en el análisis. Villón. B. M (2007). "Hidráulica de canales". Es un fenómeno local, que se presenta en el flujo rápidamente variado, el cual va siempre acompañado por aumento súbito del tirante y una pérdida de energía bastante considerable, en un tramo relativamente corto. Ocurre en el paso brusco de régimen supercrítico (rápido) a régimen subcrítico (lento), y el tirante en un corto tramo cambia de un valor inferior al crítico a otro superior a éste.

4.3.4.2 CURVA DE REMANSO

- **Ven te Chow (1994)**, menciona que la curva de remanso se utiliza primordialmente para indicar la curva longitudinal de la superficie del agua represada aguas arriba de una presa o un río tributario debido a una creciente en la corriente principal. Villón B. M (2007), menciona que las curvas de remanso o ejes hidráulicos son perfiles longitudinales que adquiere la superficie libre del líquido en un canal cuando se efectúa un escurrimiento bajo



las condiciones de flujo gradualmente variado. Teniendo en cuenta la clasificación de Bakhmeteff para las curvas de remanso basada en el tipo de pendiente y las zonas de generación del perfil.

4.3.5 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Para proyectos estructurales (obras hidráulicas, edificaciones, etc.), es importante realizar un estudio de mecánica de suelos para estudiar el comportamiento del suelo para prevenir los problemas geotécnicos como: asentamientos, agrietamientos, deslizamientos y erosiones del terreno.

➤ **K. Terzaghi. (1956). Theoretical Soil Mechanic.**

La mecánica de suelos es la aplicación de las leyes de la mecánica y la hidráulica a los problemas de ingeniería que tratan con sedimentos y otras acumulaciones no consolidadas de partículas sólidas, producidas por la desintegración mecánica o descomposición química de las rocas, independientes de que tengan o no contenido de materia orgánica".

➤ **J. Badillo & R. Rodríguez. (2005).**

Mecánica de suelos La mecánica de suelos incluye:

- a) teorías sobre el comportamiento de los suelos sujeto a cargas, basado en simplificaciones necesarias dado el estado actual de la técnica.
- b) investigación de las propiedades físicas de los suelos reales.
- d) aplicación del conocimiento teórico y empírico a los problemas prácticos.

4.3.6 ESTUDIO TOPOGRÁFICO

Para el presente estudio es importante el levantamiento topográfico debido a permitió la representación gráfica de la superficie del área de estudio, con sus formas y detalles, tanto naturales como artificiales. Una vez realizado el levantamiento topográfico correspondiente, fue fundamental procesar la información obtenida en campo con el fin de tener una correcta representación del terreno y que su manejo sea rápido y preciso.

➤ **Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. (México). "Topografía aplicada a obras".**

Previo al diseño y construcción de infraestructura para el aprovechamiento y conducción hidráulica, así como en obras de conservación de suelo y humedad, es fundamental la realización de estudios topográficos que proporcionen la información de campo para el diseño geométrico de tales estructuras. Estos estudios, además de permitir la cuantificación de



volúmenes de obra, permiten el establecimiento de puntos de control y niveles útiles en la etapa de construcción.

➤ **J. McCormac (2012). Topografía.**

El estudio de la topografía es una parte importante en la formación de un ingeniero, aun cuando nunca practique la topografía. Le ayudará notablemente a pensar de forma lógica, a planear, a sentir orgullo del trabajo cuidadoso y preciso, y a registrar su trabajo en forma limpia y ordenada. También aprenderá mucho sobre la importancia relativa de las mediciones, desarrollará cierto sentido de la proporción en cuanto a lo que es importante y lo que no lo es, y adquirirá los hábitos esenciales de revisión de los cálculos numéricos y de las mediciones (una necesidad para cualquier persona que se desenvuelve en el campo de la ingeniería o ciencia). Más aún, el individuo puede encontrarse en una posición en la que debe tomar decisiones referentes a la contratación de servicios topográficos. Sin un entendimiento básico del tema no será capaz de manejar la situación.

4.3.7 MARCO LEGAL

➤ **Ministerio de Economía y finanzas (2011).**

Guía Simplificada para la Identificación, Formulación y Evaluación Social de Proyectos de Riego Menor, a Nivel de Perfil. La mejora de las condiciones de vida en las zonas rurales está ligada al desarrollo de la agricultura y a la intervención del Estado para apoyarlas en el desarrollo de proyectos de inversión. Estos proyectos permiten mejorar los niveles de producción agrícola, el rendimiento de los cultivos, ampliar áreas dedicadas a la agricultura, el acceso a nuevos mercados y que los agricultores obtengan mejores ingresos, elevando la calidad de vida de sus familias. La elaboración de proyectos de inversión adecuados en riego menor es fundamental, lo que implica disponer de herramientas apropiadas para su identificación, formulación y evaluación. Son proyectos de riego menor aquellos que están dirigidos a apoyar a agricultores que trabajan en parcelas, por lo general, no mayores de 5 hectáreas y que, en conjunto, no superan las 500 hectáreas.

➤ **Ley de Recursos Hídricos N°29338, del 2009**

Regula el uso y gestión de los recursos hídricos. Se promulgó el 30 de marzo del 2009 y actualmente se encuentra en proceso de implementación y menciona lo siguiente: Título I, Artículo 3°. Declaración de Interés Nacional y Necesidad Pública Declarase de interés nacional y necesidad pública la gestión integrada de los recursos hídricos con el propósito de lograr eficiencia y sostenibilidad en el manejo de las cuencas hidrográficas y los acuíferos para la



conservación e incremento del agua, así como asegurar su calidad fomentando una nueva cultura del agua, para garantizar la satisfacción de la demanda de las actuales y futuras generaciones. Título II, Artículo 12°. Son objetivos del Sistema Nacional de Gestión de Los Recursos Hídricos los siguientes:

- a) Coordinar y asegurar la gestión integrada y multisectorial, el aprovechamiento sostenible, la conservación, el uso eficiente y el incremento de los recursos hídricos, con estándares de calidad en función al uso respectivo.
- b) Promover la elaboración de estudios y la ejecución de proyectos y programas de investigación y capacitación en materia de gestión de recursos hídricos.

4.3.8 FLUJO DEL AGUA EN CANALES

➤ **Orozco, 1993 sobre las finalidades de técnicas explica :**

Los canales son conductos de gran desarrollo, abiertos o cerrados, en los cuales circula el agua bajo la acción de la gravedad y sin ninguna presión, puesto que la superficie libre del líquido está en contacto con la atmósfera. Las finalidades de los canales pueden ser científicas o técnicas. Las finalidades científicas por lo general se presentan en laboratorios hidráulicos, investigando problemas de turbulencia, azolve, erosiones, perfiles, entre otros. Las finalidades técnicas son, la conducción, distribución y drenaje de volúmenes de agua para aprovechamiento o servicios.

4.3.9 SECCIONES DE MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA

➤ **Villon, 1994.**

Uno de los factores que intervienen en el costo de construcción de un canal es el volumen por excavar, este a su vez depende de la sección transversal.

Mediante ecuaciones se puede plantear y resolver el problema de encontrar la menor excavación para conducir un caudal dado, conocida la pendiente. La forma que conviene dar a una sección de magnitud dada, para que escurra el mayor caudal posible, es lo que se ha llamado sección de máxima eficiencia hidráulica.

4.3.9 CANALES CON REVESTIMIENTO DE CONCRETO SIMPLE.

➤ **Ministerio de Agricultura de Chile - INIA, boletín No 44. Encanto a los canales con revestimiento de concreto simple manifiesta:**

“...los canales son las estructuras básicas para conducir el agua de riego hacia los puntos de entrega en las parcelas, lotes o chacras...”



El canal de revestimiento de concreto simple es el canal en el cual se emplaza el concreto simple en la sección del canal antes perfilada, de acuerdo a la geometría. Este tipo de revestimiento puede instalarse usando encofrados normales (madera) o modernos (metálicos), además de materiales como cemento, agregados, asfalto, entre otros; con los cual se obtiene un canal estable y con mínimas pérdidas de agua durante toda su vida operativa. En general es un revestimiento de mayor costo porque la construcción es relativamente compleja y de gran envergadura, debiendo utilizarse una alta cantidad de mano de obra. En su gran mayoría, el canal adopta una sección trapezoidal o cuadrada, por facilidad en la obra. Los revestimientos en un canal se construyen de varios tipos de material. El llamado de superficie dura puede ser a base de concreto simple, reforzado o lanzado a alta presión, de concreto asfáltico, de mampostería (piedra, ladrillo, bloques prefabricados, etc.)

❖ **El revestimiento en Canales, ofrece lo siguiente:**

- **Aumento de la Capacidad del canal:** La eliminación de la erosión permite que el agua circule en los canales revestidos a mayor velocidad que en los de tierra, obteniéndose, como resultado, mayor caudal para igual sección. (Asociación de canales de Maipo-2009).
- **Imposibilidad de roturas:** Si el canal es revestido resulta muy difícil la producción de roturas, y aún en el caso en que ocurrieran agrietamientos, la resistencia a la erosión del material del revestimiento impide el ensanchamiento de la abertura con lo cual se evita la posibilidad de consecuencias graves. Además que este tipo de eventos pueden ser reparables.
- **Prevención de la erosión:** El revestimiento de los canales permite adoptar velocidades de escurrimiento más elevadas y radios de curvas horizontales menores, lo que se traduce en longitudes y secciones menores así como taludes más empinados que en los canales sin revestir.
- **Eliminación de vegetación:** En los canales sin revestimientos, tanto los taludes como el fondo tienden a cubrirse de vegetación, especialmente pastos y hierbas, aunque también suelen en algunos casos desarrollarse en las bermas arbustos y hasta árboles. El revestimiento impide considerablemente el crecimiento de la vegetación anulando los inconvenientes enumerados.

4.3.10 EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN EN CANALES DE RIEGO.

La eficiencia de conducción de un canal se puede determinar si se aforan en el punto de entrada de caudal del canal y un punto de salida de ese canal; esa eficiencia solo se puede medir realizando muchos aforos.



En los proyectos de riego nuevos, no se concibe solamente llevar el agua hasta nivel de bocatoma, sino que se está dando énfasis al sistema de distribución interna en la parcela, lo que redundará en un aumento en las eficiencias de riego.

➤ **Palacios, 2004**

“..Es la relación entre el volumen o caudal de agua que ingresa a un canal, y el volumen o caudal de agua que se sale en un punto distinto al de ingreso...”.

En la medida que se conozcan las pérdidas de conducción, se mejorará la programación de los riegos y el control de la operación, pues permitirá atender los pedidos en el menor tiempo posible.

4.3.10.1 PÈRDIDA POR INFILTRACIÒN

➤ **Grassi C., 1988.**sobre las pérdidas por infiltración y conducción de agua en canal expone:

“...dependen del perímetro mojado, longitud del canal, coeficiente de infiltración y carga hidráulica. A este nivel, se reportan pérdidas que oscilan de 15 a 45%...”

➤ **Vásquez, 1992**

Está definida por la relación entre el volumen de agua entregado a nivel de cabecera de campo o parcela y el volumen de agua captado o derivado de la fuente de abastecimiento.

➤ **Benites, 1998**

Definida como el caudal de agua que se capta en la bocatoma y es entregado al canal principal al inicio del área de riego. Se determina con el aforo en el punto de captación y el realizado a la entrada del área de riego.

➤ **Rocha, A**

Referente a la cuantificación de pérdidas del recurso hídrico, manifiesta:

“...El tema de la cuantificación de las pérdidas de agua en la operación de los sistemas hidráulicos suele ser importante por las magnitudes que en muchos alcanzan. En un sistema de abastecimiento de agua, las pérdidas pueden ser, por ejemplo: Del orden del 50%, lo que significa que la mitad del agua entregada no se emplea en el fin buscado. La eficiencia del uso del agua se define como la relación entre la cantidad de agua usada y la suministrada. La diferencia entre ambas es una pérdida...”

➤ **Alam y Bhutta,** En cuanto a la filtración de los canales debido a su antigüedad expone.

“...Que la infiltración es afectada por la antigüedad y la forma del canal, por la longitud de su



perímetro mojado, por la profundidad del agua en el canal (altura del pelo de agua), por la proximidad de acuíferos freáticos o la presencia de fronteras impermeables en el subsuelo (filtración sujeta), y por la cercanía de drenes. Como factores de menor importancia menciona la viscosidad, la carga de sedimentos y su distribución de tamaño, la presencia de plantas acuáticas y la edad de canal...”

4.3.10.2 VALORES DE EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN EN CANALES

➤ **Israelsen y Hansen, Principios y Aplicaciones del Riego.**

El primer concepto que se utilizó para estimar las pérdidas de agua de un sistema de riego fue el rendimiento de transporte y suministro. La mayor parte del agua procedía en aquel entonces de derivaciones de cursos de agua o de embalses, y las pérdidas de transporte eran con frecuencia excesivas.

➤ **Aguirre, J.** En cuanto a las altas velocidades erosión de los canales indica:

“...La velocidad máxima permisible o no erosionable del agua es la mayor velocidad que no causa erosión seria en los contornos del canal, esta velocidad es muy imprecisa y variable y solamente se puede estimar con experiencias previas y buen juicio...”



5.0 RESULTADOS Y DISCUSIONES

1. Para mejorar la eficiencia en la conducción del recurso hídrico, y teniendo en cuenta que las pérdidas por este medio son muy altas se opta por dos alternativas; la primera alternativa de solución es rediseñar la sección del canal de acuerdo al área de influencia del estudio, y el caudal que aprovecharemos de nuestra fuente de agua.
2. El canal Irrigación Huasucara – Piedra Pato está excavado en tierra y a través de él se conduce el agua de riego. Su geometría corresponde típicamente a una caja hidráulica con secciones sobredimensionadas en la mayor parte de su recorrido, con sección rectangular en su talud, sin bermas de servicio, presencia de arbustos y árboles frutales ubicados en ambas márgenes, pendiente mínima y suelos francos en su mayoría.

La metodología que se utilizó para la elaboración del presente estudio fue en base a materias conocidas en los textos, cursos de hidráulica y elaboración de proyectos de ingeniería. Se usó como base el cálculo de las fórmulas aprendidas en el curso de Construcciones Hidráulicas. Para ello, se siguió todos los cánones regulares que se utilizan comúnmente, desde los estudios en terreno.

3. Es un hecho que estos resultados deben servirnos para reflexionar

Es importante y necesario destacar los resultados obtenidos en esta investigación, de esta manera generen trabajos con altos ingresos económicos.



6.0 CONCLUSIONES

Después de la elaboración del presente estudio se concluye:

1. Actualmente el canal Hausucara – Piedra Pato está en operación parcial, llegando las aguas hasta Hausucara (con grandes pérdidas por filtraciones), con el cual se está regando una mínima área de tierras (no más de 100 Has). Se estima que las pérdidas por filtraciones en este canal son del orden del 35% y 40%, según observaciones del campo efectuadas, debido a las características de la permeabilidad del suelo que conforma el canal.
2. Las pérdidas en la eficiencia de riego fueron determinadas, para plantear soluciones y mejorar la distribución del recurso hídrico a través de la construcción de canal hidráulico con una estructura hidráulica adecuada y eficiente.
3. Con la ejecución del presente estudio se podrá ampliar la frontera agrícola hasta 150 Has totales bajo riego, mejorando el riego de las 100 Has, que se cultivan actualmente en HUASUCARA.



7.0 RECOMENDACIONES

1. Se recomienda la ejecución del presente proyecto debido a que es económicamente factible y rentable además por ser de gran importancia para la población del Distrito de Santo Domingo de los Olleros.
2. Recomendar al presidente de la comisión de usuarios de Santo Domingo de los Olleros, seguir perseverando con los procesos de gestiones al Gobierno Regional Lima, para la ejecución del estudio de construcción de canal de riego.
3. Se recomienda a la comisión de usuarios de Santo Domingo de los Olleros concientizar y proporcionar toda la información correspondiente mediante capacitaciones a los usuarios, sobre el cambio del tipo de riego, por gravedad, al riego por goteo en cultivos como el maíz, la papa, la arveja, el haba, etc. porque con este tipo de tecnología se puede aprovechar mejor y racionalmente el agua.



8.0 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ✓ Antecedentes
(<http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/513/T%20627.52%20G615%202013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>).
- ✓ Riego
(http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4529/Chique_Mamani_Nestor.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- ✓ Riego por goteo: (file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/F06.M49-T.pdf)
- ✓ Estudio hidrológico, Riego, Diseño de canales, Mecánica de suelos
(<http://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/368/AGR-COR-CAR-15.pdf?sequence=1&isAllowed=y>)
- ✓ AMERICAN CONCRETE INSTITUTO - CAP. VI – Ing. Marco Zavala Castillo - 1º edición - Noviembre 1994.
- ✓ RECURSOS HIDRÁULICOS - Arturo Rocha Felices – ediciones: Capitulo de Ingeniería Civil – Consejo Departamental de Lima – Colegio de Ingenieros del Perú.
- ✓ HIDRÁULICA DE CANALES - Máximo Villón Béjar – 4 edición – editorial Villón Lima 2000.
- ✓ HIDRAULICA DE CANALES ABIERTOS - Ven Te Chow – 2º edición – Junio 1983.
- ✓ MANUAL DE DISEÑO HIDRAULICO DE CANALES Y OBRAS DE ARTE - Ing. Elmer García Rico – 1º edición – Abril 1987 – CONCYTEC.

9.0 ANEXOS

FOTO N° 1: CANAL NATURAL.

Canal Natural, rio



Foto 1: Fuente (García, s.f.)
Según <http://castildevela.es>

Canal Natural, quebrada



Foto 2: Fuente (García, s.f.)
Según <http://castildevela.es>

FOTO N° 2: CANAL ARTIFICIAL.

Canal Artificial revestido



Foto 3: Fuente (SICOES BOLIVIA , 2013)
Según <http://sicoesbolivia.com>

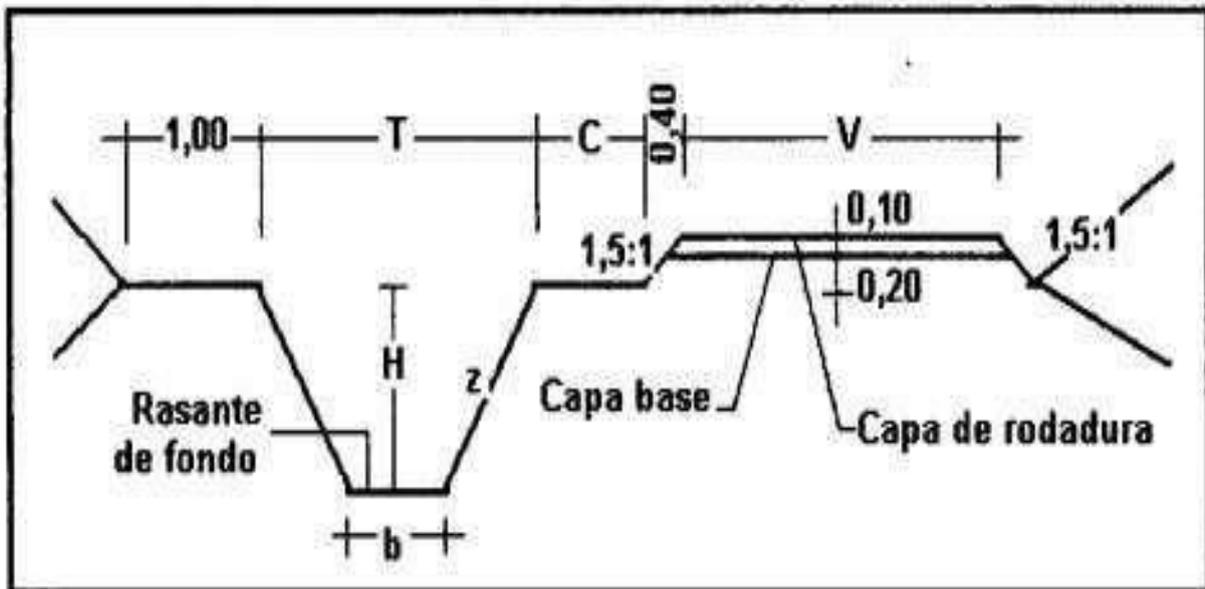
Canal Artificial sin revestimiento de riego



Foto 4: Fuente (Sureda, 2013)
Según <http://www.elobservatodo>

FOTO N°3: Clasificación por diseño hidráulico (Tipos de secciones de canales hidráulicos).

Sección típica de canal



Dónde:

T = Ancho superior del canal, b = Plantilla,

Z = Valor horizontal de la inclinación del talud

C = Berma del camino, puede ser: 0.5; 0.75; 1.00 m., según el canal sea de tercer, segundo ó primer orden respectivamente.

SECCIÓN	AREA HIDRÁULICA A	PERIMETRO MOJADO P	RADIO HIDRÁULICO R	ESPEJO DE AGUA T
 Rectangular	by	$b + 2y$	$\frac{by}{b + 2y}$	b
 Trapezoidal	$(b + zy)y$	$b + 2y\sqrt{1 + z^2}$	$\frac{(b + zy)y}{b + 2y\sqrt{1 + z^2}}$	$b + 2zy$
 Triangular	zy^2	$2y\sqrt{1 + z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1 + z^2}}$	$2zy$
 Circular	$\frac{(\theta - \text{sen}\theta)D^2}{8}$	$\frac{\theta D}{2}$	$(1 - \frac{\text{sen}\theta}{\theta})\frac{D}{4}$	$\frac{(\text{sen}\frac{\theta}{2})D}{2\sqrt{y(D - y)}}$
 Parabólica	$\frac{2}{3}Ty$	$T + \frac{8y^2}{3T}$	$\frac{2T^2y}{3T + 8y^2}$	$\frac{3A}{2y}$

Fuente: Ven Te Chow (1994). Hidráulica de canales abiertos.

FOTO N° 4: EJEMPLO DE RESALTO HIDRÁULICO

