



# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“EVALUACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE LA  
INFRAESTRUCTURA DE RIEGO TRAMO 1+185 HASTA  
4+845, DEL SECTOR SANTA ELENA–SAN BLAS, HUARAL–  
LIMA”.

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título  
profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Manuel Asencion Tullume Capuñay

Asesor:

Ing. Mg. José Alexander Ordoñez Guevara

Lima - Perú

2021

## DEDICATORIA

A mi esposa Maritza, a mis hijos Edgar, Isabel,  
Valeria y Mateo, por su paciencia, apoyo y  
comprensión

## **AGRADECIMIENTO**

A los directivos de la Junta de Usuarios del Sector Hidráulico Chancay - Huaral por su gran apoyo incondicional con la información para plasmar el presente informe de suficiencia profesional.

## Tabla de contenidos

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
ÍNDICE DE ECUACIONES	9
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN</b>	<b>10</b>
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b>	<b>17</b>
<b>CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA</b>	<b>56</b>
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS</b>	<b>83</b>
<b>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES</b>	<b>101</b>
RECOMENDACIONES	104
REFERENCIAS	105
ANEXOS	107

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Perdidas en canales de conducción	20
Tabla 2: Constante C según el tipo de revestimiento	26
Tabla 3: Constante C Según el tipo de suelo y/o revestimiento	27
Tabla 4: Distribución de los ítems del cuestionario	58
Tabla 5: Vías de Acceso	64
Tabla 6: Población	67
Tabla 7: Población	67
Tabla 8: Rendimientos a nivel promedio de los principales cultivos (Kg/Ha)	68
Tabla 9: Tenencia de Tierra	69
Tabla 10: Resultados cálculos de eficiencias aplicadas a canales principales	70
Tabla 11: Situación actual del canal Santa Elena – San Blas progresiva 1+185 Al 4+845	84
Tabla 12: Sistema integral de riego	86
Tabla 13: Resultados	94
Tabla 14: Determinación de la Eficiencia de Conducción y Permeabilidad Futura	94
Tabla 15: Costo Expediente Técnico	95
Tabla 16: Presupuesto base – Alternativa Propuesta	95
Tabla 17: Costo Supervisión de Obra	98
Tabla 18: Costo de Mitigación Ambiental	99
Tabla 19: Capacitación	100

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Organigrama de la Junta de Usuarios Sector Hidráulico Chancay Huaral	14
Figura 2: Departamento de Lima	15
Figura 3: Ubicación Distrital	15
Figura 4: Esquema Hidráulico de un Sector de Riego	22
Figura 5: Medidor Parshall	32
Figura 6: Vertedero Rectangular sin Contracciones	33
Figura 7: Vertedero Rectangular con dos Contracciones	34
Figura 8: Vertedero Triangular	34
Figura 9: Vertedero Trapezoidal	35
Figura 10: Vertedero Circular	36
Figura 11: Detalle de las características geométricas de la napa vertiente en un vertedero de pared delgada	39
Figura 12: Detalle del corte de la placa en su extremo superior	40
Figura 13: Esquema de funcionamiento de un vertedero de pared delgada	41
Figura 14: Vertedero Rectangular con dos Contracciones	42
Figura 15: Vertedor rectangular con contracciones lateral	43
Figura 16: Formulas experimentales para determinar el coeficiente de gasto $u$ aplicable para vertedores rectangulares con contracciones laterales o sin ellas. En el caso de vertedores sin contracciones laterales haga $b=B$ , en las fórmulas	44
Figura 17: Detalle de Junta de Contracción	46
Figura 18: Detalle de Junta de dilatación	47
Figura 19: Secciones de canales con diferentes tipos de revestimientos	48
Figura 20: Calibramiento del vertedero de pared delgada	49
Figura 21: Departamento de Lima	62

---

Figura 22: Provincia de Huaral	62
Figura 23: Ubicación Distrital	62
Figura 24: Ubicación del Proyecto en el ámbito Provincial	63
Figura 25: Mapa Huaral	63
Figura 26: Cultivos de maíz y árboles frutales	65
Figura 27: Cultivos de maíz y árboles frutales	65
Figura 28: Áreas agrícolas en ampliación	66
Figura 29: Elaboración del Árbol de Problema	75
Figura 30: Esquema hidráulico de la infraestructura de riego existente	76
Figura 31: Inicio del Canal de Santa Elena	77
Figura 32: Canal Rústico de Santa Elena	78
Figura 33: Levantamiento topográfico del Canal Rústico de Santa Elena	79
Figura 34: Levantamiento topográfico del Canal Rústico de Santa Elena	79
Figura 35: Tramo de canal en ladera de cerro con material rocoso	80
Figura 36: Tomas laterales con compuerta tipo izaje	80
Figura 37: Tomas laterales con compuerta tipo izaje	81
Figura 38: Toma lateral rústica a ser mejorada del Canal de Santa Elena	81
Figura 39: Mejoramiento del Canal Santa Elena	87
Figura 40: Diseños hidráulicos	89
Figura 41: Prueba Hidráulica con H. Canales V 2.0	99
Figura 42: Prueba Hidráulica con H. Canales V 2.0	90
Figura 43: Prueba Hidráulica con H. Canales V 2.0	91
Figura 44: Prueba Hidráulica con H. Canales V 2.0	91
Figura 45: Prueba Hidráulica con H. Canales V 2.0	92
Figura 46: Prueba Hidráulica con H. Canales V 2.0	92

Figura 47: Prueba Hidráulica con H. Canales V 2.0	93
Figura 48: Prueba Hidráulica con H. Canales V 2.0	93



## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Fórmula de Davis y Wilson	26
Ecuación 2: Formula de Francis	44
Ecuación 3: Fórmula de Bazin – Hégly en vertedero con contracciones laterales	45
Ecuación 4: Fórmula de Bazin – Hégly sin contracciones laterales	45
Ecuación 5: Formula de la Sociedad Suiza de Ingenieros y Arquitectos	45
Ecuación 6: Formula de la Sociedad Suiza de Ingenieros y Arquitectos en vertedero con contracciones	45
Ecuación 7: Formula de la Sociedad Suiza de Ingenieros y Arquitectos en vertedero sin contracciones	46

(El presente índice se fijará en función a la naturaleza del trabajo. Las ecuaciones se emplean habitualmente en investigaciones en ingeniería)

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Conforme han transcurrido los años desde que se inició el riego en el Perú, se ha observado un desarrollo en la economía de las áreas donde funcionan las unidades de riego, ya que ha impulsado el empleo de mano de obra, la producción de alimentos, y en general elevando el nivel de vida del agricultor; pero a pesar de conocer la importancia que el riego representa, el mantenimiento de la infraestructura de riego y su uso se sigue desestimando. Se estima que en promedio en los Distritos de Riego del país 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 (Canchari, p.14, 2009).

La eficiencia en el uso del agua en el riego se integra por varios componentes, considerando las pérdidas de este recurso desde su almacenamiento, conducción y aplicación a las parcelas. Es importante resaltar que en todas las unidades de riego existe una subutilización del sistema de conducción, así como una eficiencia de riego muy baja; y la unidad de riego del Sector Santa Elena-San Blas no escapa de ello, ocasionada por desperdicios de agua lo que se origina tanto por el mal estado de la infraestructura como por las pérdidas de infiltración, evaporación, así como también de un deficiente manejo del agua en el ámbito parcelario donde existen pérdidas por escorrentía superficial, lo que viene a recargar los sistemas de drenaje y por percolación profunda, rebasando así las necesidades de lavado que tienen los suelos (Chuquillanqui, p.37, 2010).

La población afectada por el problema, la comprenden los agricultores que hacen uso del canal de riego Santa Elena – San Blas y sus familias, estas son un total de 236 haciendo una población total de 1,181 habitantes (Información de la Junta de Usuarios).

Para la evaluación e implementación de la infraestructura de riego del sector Santa Elena - San Blas, se ha tenido en cuenta la opinión de los agricultores usuarios del canal de riego y Directivos de la Comisión de Regantes, sectorista encargado y opinión del Gerente Técnico de la Junta de Usuarios del Sector Hidráulico Chancay - Huaral; así como, el análisis del trabajo de campo realizado (Aforo Anexos Tabla 1) y evaluación visual del estado de la estructura del canal de riego (álbum fotográfico) y revisión de fuentes de información secundaria (Herna, p.21, 2010).

Entonces las características del problema, según información obtenida de la población, se evidencian a través de indicios de pérdidas de agua en el canal y disminución de niveles de producción y productividad agrícola, atribuido a la reducción de entregas de agua en la cabecera del predio, con especial acentuación en meses de estiaje.

El presente informe de suficiencia profesional, tiene como propósito de tener conocimiento del estado actual de la infraestructura de riego y así tomar en cuenta las acciones a considerarse y realizarse en la infraestructura del canal de riego para prever y mantener sus condiciones óptimas para la conducción de los caudales de agua de riego.

### **1.1. Antecedentes de la Empresa**

La Junta de Usuarios del Sector Hidráulico Chancay - Huaral se constituyó el 14 de setiembre de 1981, es una organización que se encarga de la operación, mantenimiento y desarrollo de la infraestructura hidráulica y distribución del recurso hídrico, se encuentra conformada por 17 Comisiones. Representa a 6,152 usuarios de la jurisdicción del Distrito de Riego Chancay – Huaral, con un área total de 22,677.88 Has. y con 20,013.89 Has. bajo riego.

La Junta de Usuarios del Sector Hidráulico Chancay - Huaral es una organización líder a nivel regional trabaja en beneficio de los asociados, optimizando el uso del agua y la gestión, con la participación activa y permanente de los usuarios; así como, lograr la elegibilidad en instituciones con programa de apoyo a las organizaciones de usuarios. También se encarga de optimizar el uso del agua mediante el mejoramiento adecuado de la infraestructura hidráulica; así como, la implementación de sistemas de riego que permita el uso eficiente de agua.

Los agricultores del valle Chancay - Huaral están organizados en cuanto al uso del agua para la atención de sus necesidades productivas y están enmarcados dentro de la Ley de Recursos Hídricos, que permite de modo general establecer sus derechos y obligaciones.

La gestión del uso de recursos hídricos en el valle Chancay - Huaral es de responsabilidad de la Junta de Usuarios del Sector Hidráulico Chancay - Huaral bajo la supervisión de la Administración Local de Agua Chancay - Huaral. La Junta de Usuarios está constituida por un representante de cada junta directiva de las comisiones de regantes que lo integran.

La Administración Local de Agua Chancay - Huaral, por encargo de la Intendencia de Recursos Hídricos del INRENA, está ejecutando desde marzo del 2004 el Programa de Formalización de los Derechos de Uso de Agua, en el valle Chancay - Huaral. El programa tiene como objetivo la adecuación y regularización de los derechos de uso de las aguas de riego, estableciéndose bloques de riego y otorgándose licencias de uso de agua con fines agrarios hasta determinados volúmenes según la disponibilidad de una estación de aforo.

Se define como bloque de riego a la unidad de demanda conformada por el conjunto de predios de uso agrícola o unidades productivas que tienen en común el origen del recurso hídrico.

#### **Misión de la Junta de Usuarios**

Elaborar, ejecutar y controlar el plan de operación y mantenimiento de la infraestructura hidráulica a nuestro cargo, que garantice el mejoramiento de la infraestructura hidráulica y la gestión técnico - administrativa de los recursos hídricos.

#### **Funciones de la Junta de Usuarios**

- Efectuar el cobro de Tarifa de Agua.
- Integrar el Comité de Coordinación de Aguas y Riego.
- Vigilar el buen funcionamiento de las Comisiones de Regantes.
- Conservar y mantener la infraestructura de riego.
- Distribuir el recurso hídrico de manera justa a los usuarios de todas las Comisiones de Regantes.
- Brindar asistencia técnica y capacitaciones a todos los representantes y usuarios de las Comisiones de Regantes.

- Contribuir al incremento de la producción y la productividad de la agricultura de riego de la Costa, mediante acciones que permiten el desarrollo de la capacidad financiera y de gestión de las fuentes de Usuarios, el mejoramiento en el aprovechamiento de los recursos hídricos y el incremento de la eficiencia en el uso del suelo cultivable.

### Organigrama de la Junta de Usuarios

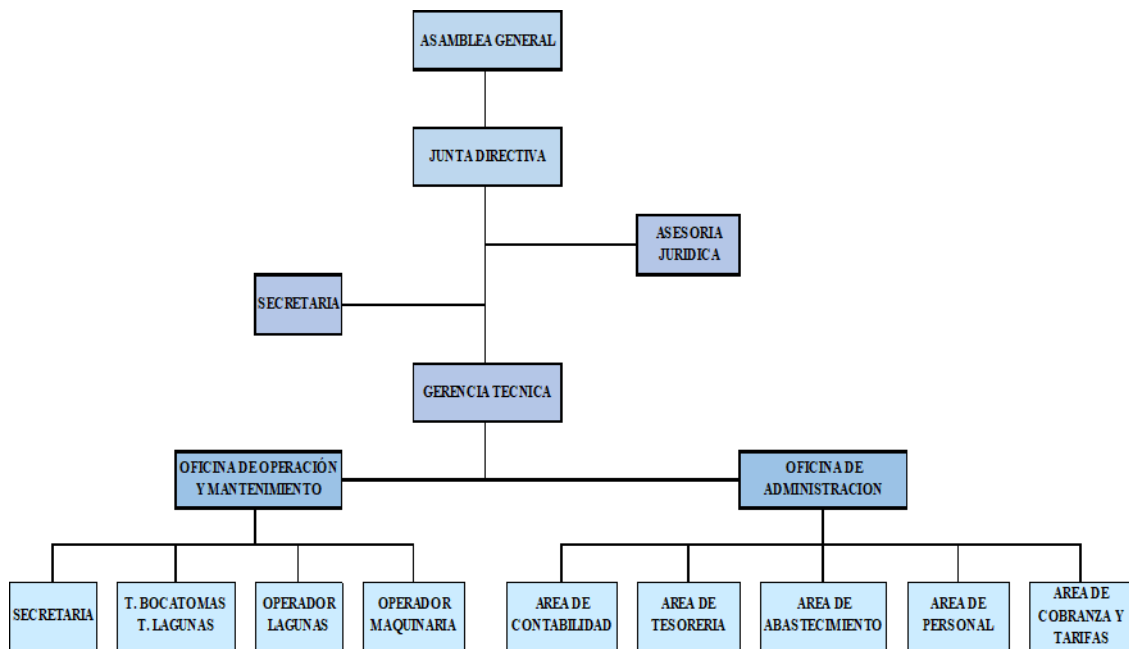


Figura 1: Organigrama de la Junta de Usuarios Sector Hidráulico Chancay - Huaral

Fuente: Junta de Usuarios (2020)

#### 1.1.1. Ubicación

La Junta de Usuarios del Sector Hidráulico Chancay - Huaral, se encuentra ubicada en el departamento de Lima, provincia y distrito de Huaral.



Figura 2: Departamento de Lima



Figura 3: Ubicación Distrital

## 1.2. Justificación

El presente trabajo de suficiencia profesional, tiene como justificación el propósito de tener conocimiento de la eficiencia de conducción del canal de riego y así tomar en cuenta las acciones a considerarse y realizarse en la infraestructura del canal de riego para prever y mantener sus condiciones óptimas para la conducción de los caudales de agua de riego, así como los que fluyen y son evacuados por el sub sistema de drenaje. Así también, servirá como un aporte o base a considerar para el diseño de otros canales de iguales o similares características y/o condiciones climáticas. Del mismo modo, servirá de base para realizar otros estudios y valdrá como elemento de consulta para estudiantes e investigadores. La metodología usada será un referente para otros estudios similares, en otros ámbitos. Los probables usuarios de la información que genere el informe serán los beneficiarios del sistema de riego, del Sector Santa Elena – San Blas, las autoridades de la Junta de Usuarios, investigadores y estudiantes.

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Evaluación e implementación de la infraestructura de riego tramo 1+185 hasta 4+845 del sector de Santa Elena - San Blas, distrito de Huaral, Provincia de Huaral – Lima.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Hacer un diagnóstico del estado actual de la infraestructura de riego tramo 1+185 hasta 4+845 en el Sector de Santa Elena – San Blas y aproximar el costo de su mejoramiento.
- Medir el aforo del caudal actual de entrada y optimizar el gasto del cauce de la infraestructura de riego tramo 1+185 hasta 4+845 en el Sector de Santa Elena – San Blas.
- Implementar una propuesta técnica competente para mejorar la infraestructura de riego tramo 1+185 hasta 4+845 en el Sector de Santa Elena – San Blas.



## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

El área del proyecto se encuentra a una altitud de los 167.50 msnm, el área agrícola varia anualmente debido a la disponibilidad del recurso hídrico y de los servicios de apoyo a la producción entre otros factores. Según la información obtenida de la Agencia Agraria de Huaral y la Junta de Usuarios del Sector Hidráulico Chancay - Huaral, el área promedio del Comité de Riego Santa Elena – San Blas es de 195.86 has, bajo cultivo asciende a los 140.86 has, y los restantes 55.00 has se encuentran en ampliación.

### 2.1. Revisión bibliográfica

Cabe resaltar que es importante, tener presente los siguientes antecedentes:

El setenta por ciento del agua dulce en todo el mundo se usa para el riego (Hotchkiss et al., 2001, citado por Kinzli et al, 2010). Esta cifra es tres veces la cantidad utilizada para la industria y diez veces la destinada los usos doméstico y urbano (Hotchkiss et al., 2001).

Asimismo, el promedio de eficiencia de conducción en los Estados Unidos es del 78% (ITF, 1979, citado por Kinzli et al, 2010) y significa una infiltración de 104 millones de m<sup>3</sup>/día (Hersch y Fairbridge, 1998). A su vez esa infiltración representa diez veces el uso doméstico en EE.UU. (Hersch y Fairbridge, 1998).

También podemos mencionar que la medición de las filtraciones en los canales de tierra de Pakistán ha demostrado que una considerable cantidad de agua se pierde; es baja la eficiencia de conducción (Aiam y Bhutta, 2004). Esa baja eficiencia de conducción en los canales se ha estimado en un intervalo comprendido entre el 15 y el 45% del volumen total derivada a los canales de ese país (Van der Leen y ots., 1990).

Por otra parte, las pérdidas por infiltración de los canales en la ex URSS se han cuantificado entre el 40 al 50% del agua transportada (Kacimov, 1992). En la India, la pérdida por infiltración se ha estimado que representa el 45% del total del agua derivada en los sistemas de canales (Sharma y Chawla, 1979).

Por otro lado, en el Lower Rio Grande Valley, la infiltración de los canales representa el 30-36% del total del agua desviada (Fipps, 2001). Aunque el autor aclara que la infiltración representa una porción significativa del total de agua derivada, una parte del agua se recupera a través de un sistema de drenaje y puede ser reutilizada en ese distrito.

Se puede tener presente también que en el oasis Norte de Mendoza, el 20 % del agua distribuida se infiltra en los canales en terreno natural (Aguas Subterráneas. DGI. 2005).

Se puede mencionar que en México (Distrito de Riego del Río Mayo en Sonora). 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 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%.

Algunas de las conclusiones de este estudio son:

Las pérdidas en conducción pueden subdividirse de acuerdo a su origen en:

- **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.

- Por evaporación: Las debidas a la 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.
- Las fugas por 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.

Es importante saber que 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.

*Según (Monge, 2003)* En lo referente a la conducción, se ha encontrado altas pérdidas en canales, con pérdidas que van del 6,9 % al 46 % por km de recorrido, como lo muestra un estudio efectuado en los derivados de la primera sección del río Maule.

**Tabla 1**

*Pérdidas en canales de conducción*

<b>Capacidad del Canal</b>	<b>Pérdidas por Km (%)</b>
Entre 4 a 16 m <sup>3</sup> /s	6.9
Entre 1 a 4 m <sup>3</sup> /s	23
Entre 0.5 a 1 m <sup>3</sup> /s	30.8
Menores a 0.5 m <sup>3</sup> /s	45.6

*Fuente: Universidad de Concepción Chile 2003*

Se observa que pérdidas registradas son altas, especialmente en los canales prediales menores a 0.5 m<sup>3</sup>/s. Se pudo establecer que cerca del 40% de los canales en que se realizaron mediciones de eficiencia acusan pérdidas por kilómetro inferiores al 20%. Esto implica que el 60% de los canales pierde más de un 20 % de su caudal por kilómetro recorrido, lo que es muy alto.

El año 2008 se creó la Autoridad Nacional del Agua (Decreto Legislativo N° 997), cuya finalidad es promover las acciones necesarias para el aprovechamiento multisectorial y sostenible de los recursos hídricos por cuencas hidrográficas, en el marco de la gestión integrada de los recursos naturales y de la gestión de la calidad ambiental nacional estableciendo alianzas estratégicas con los gobiernos regionales, locales y el conjunto de actores sociales y económicos involucrados.

El 31 de marzo del año 2009 se promulga la Ley N° 29338 (Ley de Recursos Hídricos), la misma que en su Art. N° 15, ítem 14, precisa como una de las funciones de la Autoridad Nacional del Agua, el establecer los parámetros de eficiencia aplicables al aprovechamiento de los recursos hídricos, en concordancia con la política nacional del ambiente.

El Art. N° 3 de la Ley N° 29338 establece: Declárese 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.

El Art. N° 98 de la Ley N° 29338 establece, acerca del Objetivo de la planificación de la gestión del agua: La planificación de la gestión del agua tiene por objetivo equilibrar y armonizar la oferta y demanda de agua, protegiendo su cantidad y calidad, propiciando su utilización eficiente y contribuyendo con el desarrollo local, regional y nacional.

La Autoridad Nacional del Agua ha programado establecer los parámetros de eficiencia aplicables al aprovechamiento de los recursos hídricos de las cuencas. Se ha establecido en el Plan Operativo 2009 de la Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos la realización de la Actividad: Aspectos Generales (1), dentro de la cual se ha considerado la Tarea N° 1, denominada: "Evaluación de la Eficiencia del Uso del Agua".

Según (Castillo, 2010) la eficiencia de conducción, es definida de la siguiente manera: Eficiencia de conducción, es un concepto utilizado para evaluar las pérdidas de agua en un sistema de riego, como el indicado en la Figura 4, con la finalidad de realizar mejoras en la infraestructura hidráulica de un canal, así como mejorar la operación del sistema y disminuir los costos respectivos.

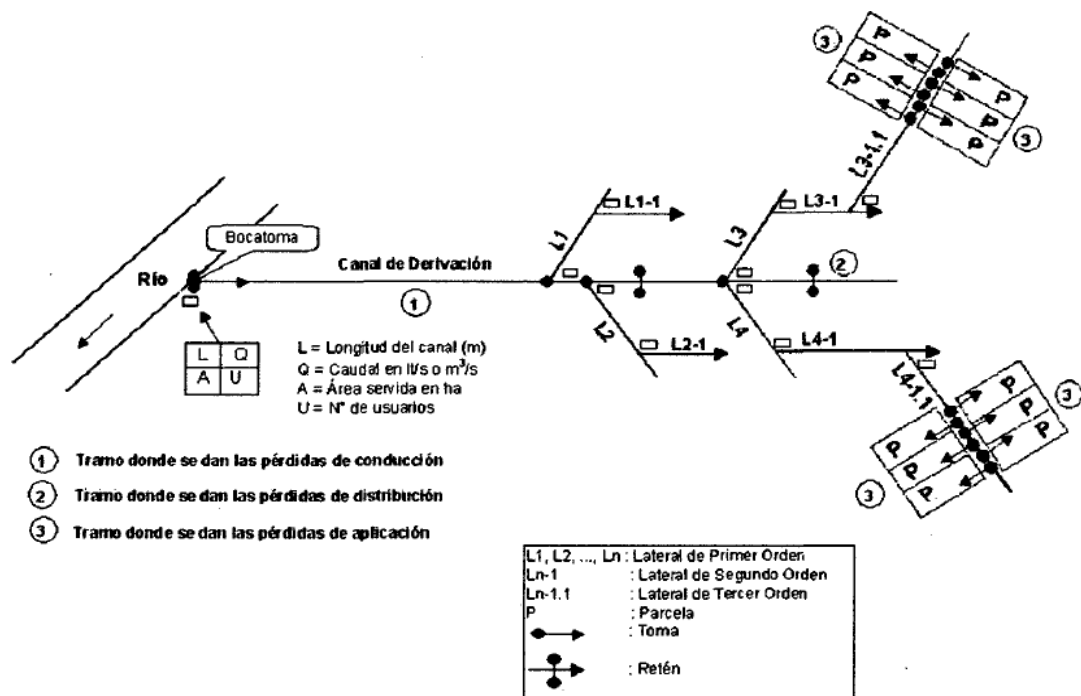


Figura 4: Esquema Hidráulico de un Sector de Riego

Fuente: (Castillo, 2010)

La eficiencia de conducción permite evaluar el estado de operación y mantenimiento del canal principal o de derivación en el tramo desde la fuente de abastecimiento hasta que se empieza a distribuir el agua en los canales laterales L 1, L2, L3, ..., Ln. Es mayor cuanto mejor sea el estado del canal o cauce que conduce el agua. Esto quiere decir lo siguiente:

- ✓ Que, de preferencia sea revestido, para evitar que haya pérdidas por infiltración.
- ✓ Que no tenga roturas, ni en la base, ni en los taludes ni en los bordes.
- ✓ Que no tenga mucho espejo de agua expuesto a la evaporación.
- ✓ Que se deriven los caudales mínimos recomendables técnicamente, para tener velocidad aceptable y no producir sedimentación que reduce la capacidad del canal o erosión que deforma la sección, exponiendo una mayor superficie a la infiltración.

La eficiencia de conducción ( $E_c$ ) está dada por la relación entre la cantidad de agua que entra al canal o tramo de canal de derivación y la cantidad de agua que sale del canal o tramo del canal mediante la siguiente expresión:

$$E_c = \frac{Q_s}{Q_e} \quad \text{o} \quad E_c(\%) = \frac{Q_s}{Q_e} * 100 \quad (1)$$

$Q_s$ = caudal que entra al canal o tramo del canal.

$Q_e$ = caudal que sale del canal o tramo del canal.

Según (Palacios, 2004) respecto a la eficiencia de conducción, considera las siguientes definiciones:

Es la relación entre el volumen de agua realmente utilizado, necesario para la planta y el volumen de agua que se entrega. Tiene distintos valores. La eficiencia es el concepto contrario de la pérdida.

$$E_f = \frac{V}{V_e} \quad (2)$$

Donde:

$V$  = Volumen útil

$V_e$  = Volumen entregado

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. En la medida que se conozcan las pérdidas de conducción y aplicación, se mejorará la programación de los riegos y el control de la operación, pues permitirá atender los pedidos en el menor tiempo posible. Las pérdidas en un canal se pueden resumir en cuatro formas, a saber:

- ✓ Pérdidas por evaporación: usualmente son de poca dimensión y no se toman en cuenta.

- ✓ Pérdidas por fugas: se producen por el mal estado de las estructuras, desajustes en las compuertas, empaques viejos, etc. Si no se les da importancia, pueden ser de grandes dimensiones.
- ✓ Pérdidas por mal manejo de la operación: se producen por descuidos del personal, que abren las compuertas más de lo debido, o bajan el tirante sin haber terminado el ciclo de riego, etcétera.
- ✓ Pérdidas por infiltración: son las de más importancia; 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%.

La eficiencia de conducción de un canal se puede determinar si se aforan todas las tomas y desfuegos que cubre el canal y la toma donde se abastece ese canal; esa eficiencia solo se puede medir realizando muchos aforos, por lo que la operación eficiente va a estar muy relacionada con la hidrometría del distrito. La eficiencia de conducción se puede expresar por medio de la siguiente ecuación:

$$E_{Cond} = \frac{V_p}{V_t} \quad (3)$$

Donde:

$V_p$ : Volumen de agua entregado a nivel de parcela.

$V_t$ : Volumen total derivado de la fuente de abastecimiento.

*Según (Sosa, 1999) respecto a la eficiencia de conducción, considera las siguientes definiciones:*

La eficiencia de conducción representa la capacidad de las obras hidráulicas para conducir el agua hasta las parcelas; y es la relación que existe entre el volumen de agua que se entrega o que se sirve al final de determinado canal y el volumen de agua que se derivó o que entra en la cabecera del canal. La eficiencia de conducción varía según



la estructura y el material utilizado; así tenemos eficiencias que pueden ser del 100% cuando se efectúa en tuberías y de 10 a 20% cuando se efectúa en canales en mal estado y terrenos ligeros, llegando hasta el 10% cuando el agua no llega al terreno debido a fugas; en canales revestidos con cemento la eficiencia varía de 80 a 90%. La eficiencia de un canal se puede conocer realizando para ello una serie de aforos. En la programación de riego se requiere conocer la eficiencia del canal o de todo el sistema de conducción, siendo un auxiliar valioso la elaboración de gráficas para que muestren los cambios de la eficiencia con el tiempo, ayudando en esta forma a pronosticar la eficiencia en el futuro.

Las Pérdidas por Infiltración se dan a través de las paredes de los canales, relacionándose a la longitud, al perímetro mojado y sobre todo el estado físico de los canales de riego (Sosa, 1999).

Del total de pérdidas por conducción/las debidas a la infiltración por lo general son las que cobran mayor importancia. El perímetro mojado puede disminuirse no elevando el tirante de operación y concentrándose en áreas pequeñas de recorrido de agua por la red de riego en determinadas épocas cuando sea posible. El mantenimiento de los caudales con régimen continuo asegura un menor volumen de pérdidas (Sosa, 1999). Alam y Bhutta (2004), exponen 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 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.

*Según (Herna, 2010)*

Los diferentes tipos de revestimientos no garantizan la impermeabilidad del canal, existiendo algunas fórmulas empíricas para estimar las pérdidas por infiltración.

A continuación, se expone la Fórmula de Davis y Wilson, una de las más utilizadas:

$$S_L = 0,45 C \frac{P_w L}{4 \times 10^6 + 3650 \sqrt{v}} H_w^{1/3} \quad (4)$$

*Ecuación 1: Fórmula de Davis y Wilson*

Donde:

SL = Perdidas por infiltración (m<sup>3</sup> por longitud del canal por día)

L= Longitud del canal (m)

Pw= Perímetro mojado (m)

Hw= Altura del agua en el canal (m)

V= Velocidad del agua en el canal (m/s)

C= Constante que depende del tipo de revestimiento

## Tabla 2

*Constante C según el tipo de revestimiento*

TIPO DE REVESTIMIENTO	C
HORMIGON (10 CM)	1
ARCILLA EN MASA (15 CM)	4
ASFALTO LIGERO	5
ARCILLA (7,6 CM)	8
MORTERO DE CEMENTO O ASFALTO	10

*Fuente: Herna, 2010*

Las pérdidas de agua por infiltración en conducciones naturales, según estudios realizados por Moritz para la US Bureau of Reclamation puede ser expresado mediante la siguiente relación:

$$P_I = 0.0375C \left(\frac{Q}{V}\right)^{0.5} \quad (5)$$

Donde:

PI: Pérdidas por infiltración (m<sup>3</sup>/s/km)

C: Coeficiente de pérdida de agua.

Q: Caudal (m<sup>3</sup>/s)

V: Velocidad media (m/s)

### **Tabla 3**

*Constante C Según el tipo de suelo y/o revestimiento*

<b>TIPO DE SUELO</b>	<b>C</b>
SUELO LIMO ARCILLOSO IMPERMEABLE	0.08 – 0.13
SUELO LIMO ARCILLOSO COMÚN	0.13 - 0.23
SUELO LIMO ARCILLOSO ARENOSO	0.23 – 0.30
SUELO LIMO ARENOSO	0.30 – 0.49
SUELO LIMO ARENOSO SUELTO	0.49 – 0.61
SUELO ARENOSO CON GRAVA	0.61 – 0.76
SUELO DE GRAVA POROSO	0.76 – 0.92
SUELOS DE GRAVA DOMINANTE	0.92 – 1.83
CANALES REVESTIDOS CON CONCRETO	0.1

*Fuente: Moritz, 2008*

*Según (Gustavo, 2011)*

Tal como se menciona en distintos trabajos, las pérdidas por infiltración pueden medirse directamente o estimarse en base a procedimientos analíticos y empíricos.

Estas pérdidas se expresan comúnmente como:

- ✓ Caudal infiltrado por unidad de longitud, en  $m^3/s/km$
- ✓ Volumen por unidad de superficie de área mojada del canal y por unidad de tiempo; en  $m^3/m^2/día$ .
- ✓ Caudal infiltrado con relación al caudal que conduce el canal por unidad de longitud, en tanto por ciento por km.

Siguiendo al mismo autor, desde el punto de vista de las condiciones hidrodinámicas del flujo de filtración, cabe distinguir entre infiltración libre e infiltración sujeta. La infiltración libre ocurre cuando el acuífero freático y su capa capilar, se encuentra a profundidad tal que no ejerce influencia sobre la infiltración desde el canal. La infiltración sujeta se produce cuando el nivel freático es somero, tiene una marcada influencia sobre la infiltración, que se produce según el gradiente creado entre el agua en el canal y el agua en la freática.

Ahora las Pérdidas por Evaporación, tienen poca importancia debido a que el área evaporante está reducida; en general es la representación del sistema en operación de una propiedad durante el riego por gravedad. Las superficies expuestas a la pérdida por evaporación están constituidas por los canales principales y laterales de riego y drenaje, que constituyen aproximadamente del 5 al 10% del área cultivada (Sosa, 1999).

Para reducir los desperdicios de agua por fugas en las estructuras, es recomendable revisar periódicamente los sellos de las compuertas, pues la suma de los caudales de todas las fugas puede representar un porcentaje bastante alto (Sosa, 1999).

*Según (CEPIS, 2002)*

Los caudales es la cantidad de agua que fluye en una unidad de tiempo por un conducto abierto o cerrado como un río, un riachuelo, una acequia, un canal o una tubería.

El caudal se expresa en volumen por tiempo. De esta manera, se puede decir que el caudal de entrada es de tantos litros por segundo (l/s) o de tantos metros cúbicos por día (m<sup>3</sup>/día).

Las formas más usuales de expresar el caudal son:

- ✓ Metros cúbicos por día (m<sup>3</sup>/día), donde la expresión metros cúbicos representa el volumen y la expresión día, el tiempo.
- ✓ Litros por segundo (l/s), donde la expresión litros representa el volumen y - la expresión segundo, el tiempo.
- ✓ Litros por minuto (l/min), donde la expresión litros representa el volumen y la expresión minuto, el tiempo.

Es de suma importancia conocer el caudal (Q) que fluye por una determinada fuente de agua, porque ese caudal fluctúa según las épocas del año y las condiciones meteorológicas. Por ejemplo, en tiempo de lluvias, el caudal es mayor y más pequeño en tiempo de estiaje. Una vez conocidas las fluctuaciones de caudal del curso de agua durante un periodo largo, se puede definir el caudal útil o disponible que puede ser extraído del referido curso.

Para cuantificar el caudal de agua se puede utilizar la siguiente fórmula:

$$Q = A \times V \quad (6)$$

Donde:

Q =Caudal o Gasto (m<sup>3</sup>/s)

A = Área de la sección transversal (m<sup>2</sup>)

$V$  = Velocidad media del agua en la sección hidráulica (m/s)

## 2.2. Conceptos básicos

### Hidrometría

La Hidrometría se encarga de medir, registrar, calcular y analizar los volúmenes de agua que circulan en una sección transversal de un río, canal o tubería en la unidad de tiempo.

### Importancia de la hidrometría

La hidrometría permite conocer los datos de caudales y volúmenes en forma oportuna y veraz. La información hidrométrica también permite lograr una mayor eficiencia en la programación, ejecución y evaluación del manejo integral del agua. (Organización Meteorológica Mundial, 2011).

El uso de una información hidrométrica ordenada permite:

- a. Dotar de información para los pronósticos de la disponibilidad de agua, esta información es importante para elaborar el balance hídrico y planificar la distribución del agua de riego.
- b. Monitorear la ejecución de la distribución del agua.
- c. La información hidrométrica también permite determinar la eficiencia en el sistema de riego y de apoyo para la solución de conflictos.

### Secciones de control de aforo

Se refiere al punto donde se efectúa la medición del caudal, en una sección transversal de un río. (Organización Meteorológica Mundial, 2011).

Esta sección, además debe cumplir con ciertas características importantes como:

- a) accesibilidad, es decir, que debe existir un poblado cercano o carretera de fácil acceso.

- b) ubicación del tramo de aforo, el cual debe ser estable para que no suceda sedimentación o erosión del mismo.
- c) rangos de velocidad del agua del río entre 0.1 a 2.5 m/s.
- d) sección homogénea a lo largo del tramo, tanto arriba como abajo del punto de aforo.
- e) ubicación donde el flujo de agua sea calmado con la menor influencia de turbulencia.
- f) libre de malezas o cualquier otro obstáculo que pueda provocar imprecisiones en la medición, principalmente arriba del punto de medición.
- g) Tanto arriba como abajo del punto de aforo debe estar libre de la influencia de puentes, presas y cualquier otra construcción que altere la medición.

Existen varios tipos de secciones de aforo:

- a. Sección de forma natural tienen la característica que su área es variable, teniendo el problema que en ella se produce mucha sedimentación o erosión, lo que impide la toma de caudales exactos principalmente en época lluviosa.
- b. Sección con tablonces Este tipo de puntos de aforo, se caracteriza por poseer tablonces enterrados en las orillas del río, obteniéndose una figura o forma geométrica regular, donde se puede calcular el área de la sección y donde no se tendrán muchos problemas de sedimentación o erosión como en el caso anterior.
- c. Sección de concreto Esta sección de aforo es la más ideal, debido a que nos expresa un área permanente o invariable en el tiempo, pero tiene el inconveniente de su elevado costo y trabajos en el cauce del río, así como su mantenimiento.

### **2.3.1. Métodos de aforo**

Los métodos prácticos de aplicación más utilizados son: (Organización Meteorológica Mundial, 2011).

### **2.3.2. Método Volumétrico**

Es usado para corrientes pequeñas como nacimientos de agua o riachuelos, siendo el método más exacto, a condición de que el depósito sea bastante grande y de que pueda medir su capacidad de forma precisa.

Consiste en hacer llegar un caudal a un depósito impermeable cuyo volumen sea conocido y contar el tiempo total en que se llena el depósito, así se obtiene:

$$Q = V/T.$$

Donde:

Q = es el caudal expresado en m<sup>3</sup> /s

V = volumen dado en m<sup>3</sup>

T = Tiempo en segundos

Por lo tanto, este método es de utilización práctica, siempre que se trate de mediciones de pequeños caudales, en trabajos experimentales o para tener una idea rápida del caudal aportado por determinado riachuelo.

### 2.3.3. Medidor Parshall

Método ideado por Ralph Parshall (1,920), el cual se utiliza en el aforo de canales y pequeños ríos, se recomienda para canales de riego de poca pendiente, en drenes, donde no es conveniente instalar estructuras como vertederos que alteren el régimen del escurrimiento.

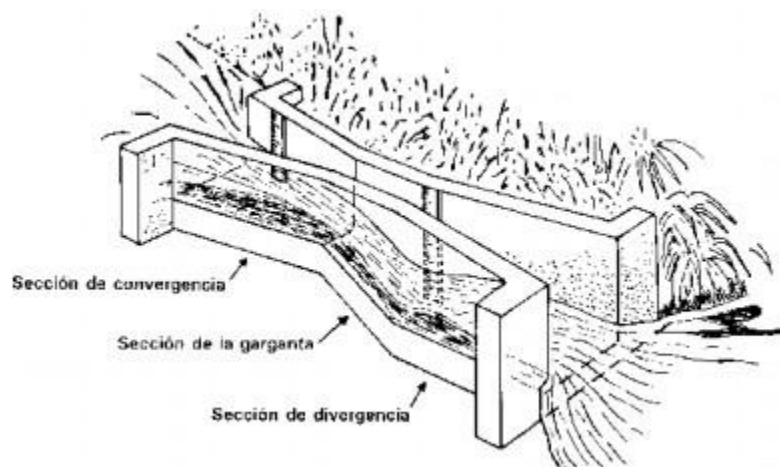




Figura 5. Medidor Parshall.

$$Q = C \times (H)^n$$

Donde:

Q = es el caudal expresado en m<sup>3</sup> /s

H = Altura de la lámina de agua

C y n = Son coeficientes que dependen de las dimensionales del canal.

#### 2.3.4. Método de vertederos y orificios

Consiste esencialmente en interponer un tabique ante una corriente de manera que se dé una caída de agua que pase a través de una sección predeterminada. Conociendo las características del vertedero o del orificio que se engloban en el factor (determinado experimentalmente), la sección de la lámina de agua que pasa por ellos y la velocidad teórica de caída libre.

**a. Vertedero rectangular sin contracciones.** - El vertedero rectangular es uno de los más sencillos para construir y por este motivo es uno de los más utilizados.

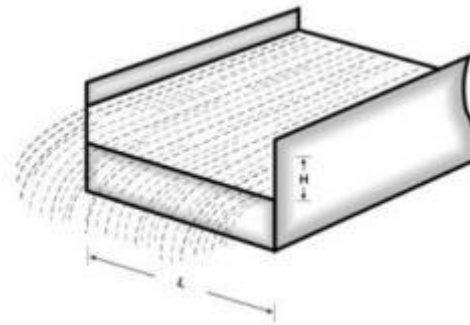


Figura 6. Vertedero rectangular sin contracciones.

$$Q = 1.84 L \times H^{3/2}$$

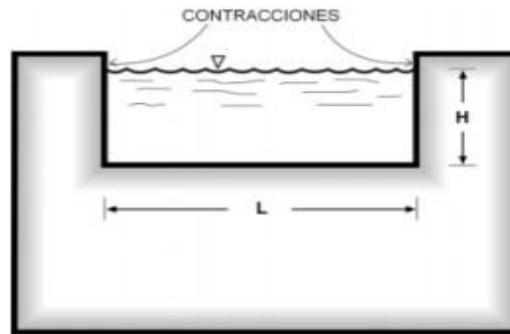
Donde:

Q = Caudal que fluye por el vertedero, en m<sup>3</sup> /s

L = Ancho de la cresta, en m

H = Carga del vertedero, en m

**b. Vertedero rectangular con dos contracciones**



*Figura 7. Vertedero rectangular con dos contracciones.*

$$Q = 1.84 (L - 0.2H) \times H^{3/2}$$

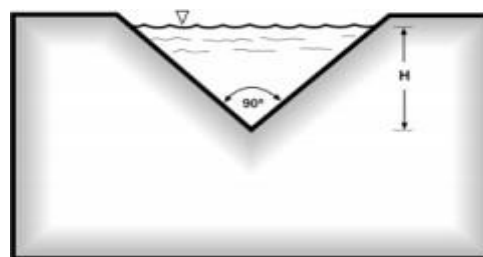
Donde:

Q = Caudal que fluye por el vertedero, en m<sup>3</sup> /s

L = Ancho de la cresta, en m

H = Carga del vertedero, en m

**c. Vertedero triangular.** - Los vertederos triangulares permiten obtener medidas más precisas de las alturas de carga (H) correspondientes a caudales reducidos. Por lo general son construidos de placas metálicas. En la práctica únicamente se utilizan los que tienen forma isósceles, siendo los más usuales los de 90°.



*Figura 8. Vertedero triangular.*

$$Q = 1.4 \times H^{5/2}$$

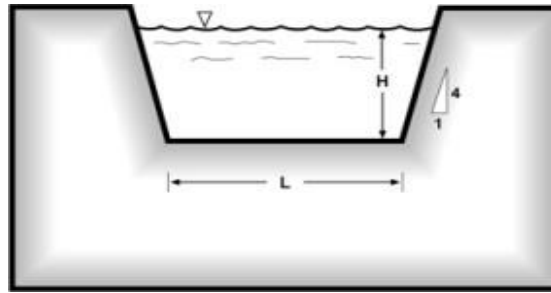
Donde:

$Q$  = Caudal que fluye por el vertedero, en  $m^3 /s$

$H$  = Carga del vertedero, en m

**d. Vertedero trapezoidal.** - Es un vertedero como su nombre lo indica con forma trapezoidal en su abertura, también conocido como vertedero Cipolletti. El talud será 1:4 (1 horizontal para 4 vertical).

Este vertedero es de construcción más dificultosa que los dos anteriores, razón por la cual es menos utilizado.



*Figura 9. Vertedero trapezoidal.*

$$Q = 1.859 \times L \times H^{3/2}$$

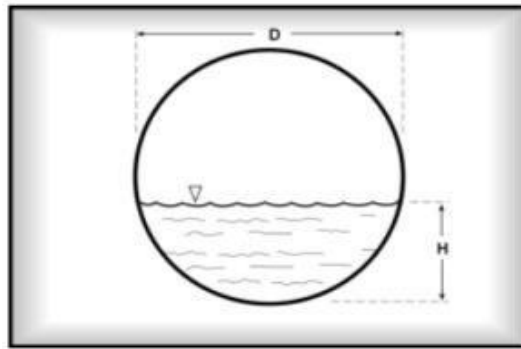
Donde:

$Q$  = Caudal que fluye por el vertedero, en  $m^3 /s$

$L$  = Ancho de la cresta, en m

$H$  = Carga del vertedero, en m

**e. Vertedero circular.** - Su utilización es menos común que los anteriores, presentando como ventajas: la facilidad en su construcción, así como no requerir el nivelamiento de su cresta debido a su forma geométrica.



*Figura 10. Vertedero circular.*

$$Q = 1.518 \times D^{0.693} \times H^{1.807}$$

Donde:

Q = Caudal que fluye por el vertedero, en m<sup>3</sup> /s

D= Diámetro del círculo, en m

H = Carga del vertedero, en m.

### **2.3.5. Método de Sección-Velocidad**

En este método se determinan separadamente la sección transversal del cauce y la velocidad del agua; la sección se determina por medio de sondeos o algún otro procedimiento topográfico y la velocidad por cualquiera de los métodos con molinete, flotador o pendiente hidráulica.

De tal manera que el caudal del río estará dado por:

$$Q = A \times V$$

Donde:

Q = Caudal del agua, en m<sup>3</sup> /s

A = Área de la sección transversal, en m<sup>2</sup>

V = Velocidad media del agua, en m/s

La dificultad principal es determinar la velocidad media porque varía en los diferentes puntos de la sección hidráulica.

### **Métodos de medición de caudales según otros autores**

Para la medición de caudales tenemos los siguientes métodos:

Según (Lux, 2010) entre los diferentes métodos de medición están:

El método flotador, este método se utiliza cuando no se dispone de equipos de medición; para medir la velocidad del agua, se usa un flotador con él se mide la velocidad superficial del agua; pudiendo utilizarse como flotador, un pequeño pedazo de madera, corcho, una pequeña botella lastrada. Para el cálculo del caudal se utiliza la siguiente fórmula

*Según (INRENA-PSI, 2005)*

$$Q = v \times A \quad (7)$$

$$v = e / t \quad (8)$$

Donde:

v: Velocidad (m / s)

e: Espacio recorrido por el flotador (m)

t: Tiempo de recorrido del espacio «e» por el flotador (s)

A: Área de la sección transversal

Q: Caudal

Nota: Se recomienda utilizar el método del flotador, para aforos de caudales no menores de 0.250 m<sup>3</sup>/s ni mayores de 0.900 m<sup>3</sup>/s.

*Según (Lux, 2010) los vertederos y vertederos de pared delgada lo define y clasifica de la siguiente manera:*

Los vertederos ayudan cuando la medición del caudal de las corrientes naturales nunca puede ser exacta debido a que el canal suele ser irregular y por lo tanto es

irregular la relación entre nivel y caudal. Los canales de corrientes naturales están también sometidos a cambios debidos a erosión o depósitos.

Se pueden obtener cálculos más confiables cuando el caudal pasa a través de una sección donde esos problemas se han limitado. Los vertederos pueden ser definidos como simples aberturas, sobre los cuales un líquido fluye. Los vertederos son por así decirlo orificios sin el borde superior y ofrecen las siguientes ventajas en la medición del agua:

- ✓ Se logra con ellos precisión en los aforos
- ✓ La construcción de. la estructura es sencilla
- ✓ No son obstruidos por materiales que flotan en el agua
- ✓ La duración del dispositivo es relativamente larga

Los vertederos son utilizados, intensiva y satisfactoriamente en la medición del caudal de pequeños cursos de agua y conductos libres, así como en el control del flujo en galerías y canales, razón por la cual su estudio es de gran importancia.

Vertederos de pared delgada, en los vertederos de pared delgada el contacto entre el agua y la cresta es sólo una línea, es decir, una arista.

Para que un vertedero se considere de pared delgada no es indispensable que la cresta sea delgadísima. La pared puede tener un cierto espesor ( $e$ ).

Si:

$$e \leq \frac{2}{3}H \quad (9)$$

Se considera que el vertedero es de pared delgada.

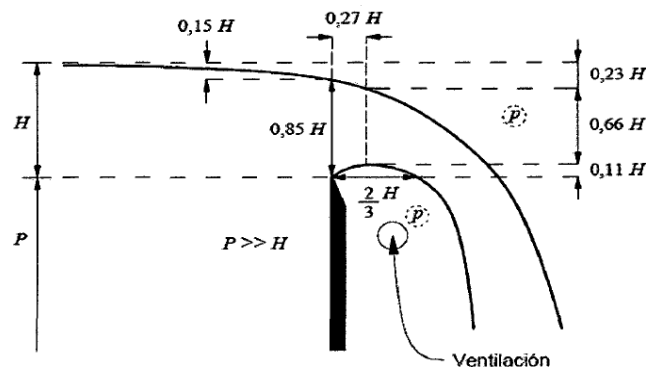


Figura 11: Detalle de las características geométricas de la napa vertiente en un vertedero de pared delgada.

Fuente: Rocha, 2006

Un vertedero de pared delgada consiste básicamente de una lámina plana, rígida, colocada perpendicular a la dirección del flujo y al fondo del canal. Son dispositivos sencillos y de bajo costo de construcción y mantenimiento. Presentan un amplio rango de medición, cuyo valor máximo puede ser 20 veces superior al caudal mínimo, manteniendo en todo momento la precisión requerida. De modo general puede decirse que los vertederos de pared delgada son las instalaciones más adecuadas para la precisa determinación del caudal, ya que el error debido a la relación de descarga y carga varía entre 1 y 3%, mientras que para otros dispositivos primarios es mayor al 3% (vertederos de cresta ancha, Parshall, Palmer- Bowles, etc.). Los vertederos de pared delgada se diferencian por el tipo o forma de la placa de descarga, (por ejemplo: trapezoidal, triangular, rectangular, orificios calibrados, etc.). El ancho de la cresta, medido perpendicular a la cara de la placa, debe medir entre 1 y 2 mm. La pared de aguas arriba de la placa del vertedero debe ser lisa; la cara de aguas abajo deberá ser cortada en cuña con un ángulo no menor a  $45^\circ$ . Los bordes de la placa del vertedero deberán ser pulidos y perpendiculares a la cara de aguas arriba.

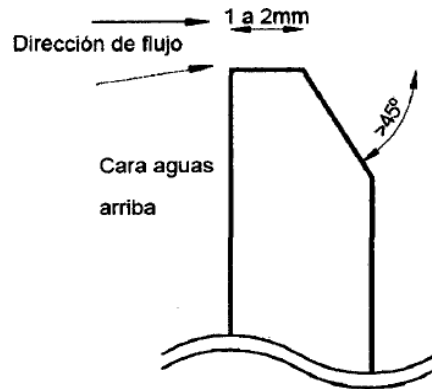


Figura 12: Detalle del corte de la placa en su extremo superior.

Fuente: Rocha, 2006

A partir de desarrollos teóricos se obtiene la siguiente expresión para la velocidad media en la zona de pasaje sobre la placa:

$$v = C_v * \sqrt{(2 * g * h)} \quad (10)$$

Donde:

v: Velocidad media en el pasaje [m/s]

g: Aceleración gravitacional (9.8 m/s<sup>2</sup>)

h: Nivel del agua en el canal, previo a los efectos de la descarga  
(medido de la base del vertedero) [m]

C<sub>v</sub>: Coeficiente de corrección por las hipótesis asumidas

El pasaje del fluido por el vertedero provoca una contracción del flujo en torno a éste efecto, que puede ser corregido aplicando un coeficiente de contracción a la fórmula anterior. Asimismo, dada la relación existente entre la velocidad media sobre la cresta, el área de pasaje y el flujo total, se obtiene la siguiente expresión:

$$Q = V * S = C_e * S * \sqrt{(2 * g * h)} \quad (11)$$

Donde:

Q: Caudal sobre la placa [m<sup>3</sup>/s]



v: Velocidad media en la sección [m/s]

S: Sección transversal de pasaje [m<sup>2</sup>]

g: Aceleración gravitacional (9.8 m/s<sup>2</sup>) [m/s<sup>2</sup>]

h: Altura del nivel del agua en el canal medido respecto de la base del vertedero en la zona no afectada por la descarga [m]

Ce: Coeficiente de descarga (incluye efectos contenidos en Cv, la geometría del sistema y las propiedades dinámicas del agua)

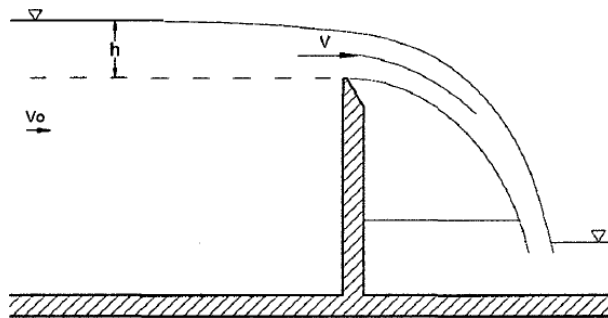


Figura 13: Esquema de funcionamiento de un vertedero de pared delgada.

Fuente: Rocha, 2006

Según (Lux, 2010) el vertedero de pared delgada de sección rectangular lo define de la siguiente manera:

El vertedero de pared delgada de sección rectangular, es uno de los más sencillos para construir y por este motivo es uno de los más utilizados. Es un vertedero con una sección de caudal en forma de rectángulo con paredes delgadas, de metal, madera o algún polímero resistente, con una cresta biselada o cortada en declive, a fin de obtener una arista delgada. La precisión de la lectura que ofrece está determinada por su nivel de error que oscila entre un 3 y 5 %. La ecuación más utilizada, según de Azevedo y Acosta en el Manual de Hidráulica, es la de Francis:

$$Q = 1.84 (L - (0.1 n H)) H^{3/2} \quad (12)$$

Donde:

$Q$  = Caudal que fluye por el vertedero, en  $m^3/s$

$L$  = Ancho de la cresta, en  $m$

$H$  = Carga del vertedero, en  $m$

$n$  = Número de contracciones (0, 1, o 2)

Una variación del anterior es el vertedero rectangular con dos contracciones, este es un vertedero con una longitud de cresta ( $L$ ) menor que el ancho del canal de acceso (8). Teniendo un valor de  $n = 2$ , la ecuación queda de la siguiente forma para caudales en  $m^3/s$

$$Q = 1.84 (L - 0.2 H) H^{3/2} \quad (13)$$

Efectuando la conversión para caudales en  $l/s$ :

$$Q = 0.0184 (L - 0.2 H) H^{3/2} \quad (14)$$

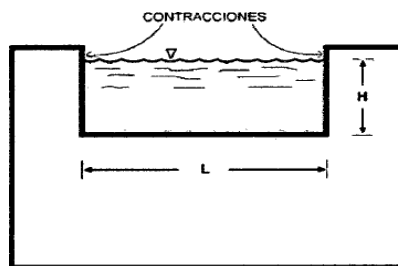


Figura 14: Vertedero rectangular con dos contracciones

Fuente: Lux, 2010

Según (Sotelo, 2006) los vertederos de pared delgada de sección rectangular lo definen de la siguiente manera:

Para esta forma de vertedor la ecuación  $x = f(y)$ , es del tipo  $x = b/2$  donde  $b$  es la longitud de cresta. Luego, la ecuación será:

$$Q = \frac{2}{3} * \sqrt{2 * g} * \mu * b * h^{\frac{3}{2}} \quad (15)$$

Donde:

$Q$ : Caudal ( $m^3/s$ )

g: Aceleración de la gravedad (9.81m/s) (m/s)

u, e: Coeficiente de descarga

b: Ancho de la cresta (m)

h: Carga del vertedero (m)

Que es la ecuación general para calcular el gasto en un vertedor rectangular cuya carga de velocidad de llegada es despreciable. En los países que utilizan al sistema ingles de unidades se acostumbra agrupar los términos  $\frac{2}{3}\sqrt{2 * g} * u$ , en un solo coeficiente C,

de tal manera que: 
$$Q = C * b * h^{\frac{3}{2}} \quad (16)$$

Donde:

$$C = \frac{2}{3} * \sqrt{2 * g} * \mu = 2.952\mu \quad (17)$$

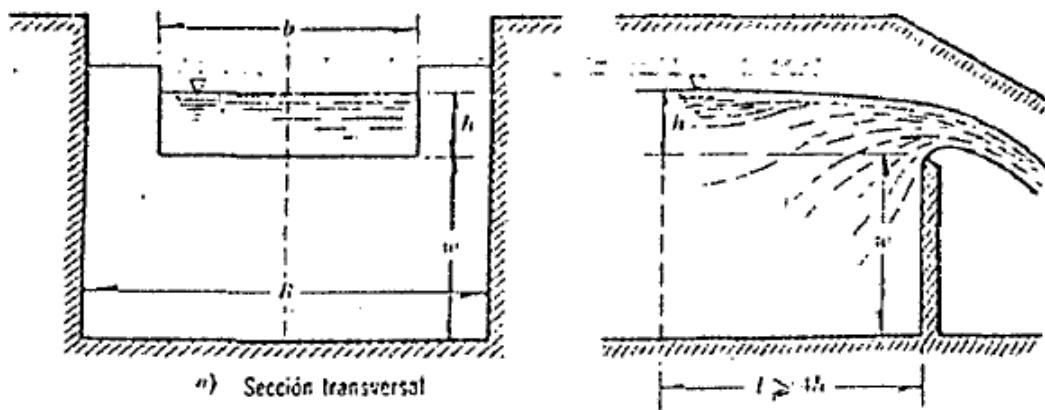


Figura 15: Vertedero rectangular con contracciones lateral

Autor	Fòrmula	Limites de aplicaci3n	Observaciones
Hegly (Ref. 30) (1921)	$\mu = \left[ 0.6075 - 0.045 \left( \frac{B-b}{B} \right) + \frac{0.0041}{h} \right] \cdot \left[ 1 + 0.55 \left( \frac{b}{B} \right)^2 \left( \frac{h}{h+w} \right)^2 \right]$	0.10m ≤ h ≤ 0.60m 0.50m ≤ b ≤ 2.00m 0.20m ≤ w ≤ 1.13m	El primer límite de aplicaci3n es el más importante. Para h/b > 0.13 tiene mayor precisi3n que la fórmula SIAS.
Sociedad de Ingenieros y Arquitectos Suizos (1924) (Ref. 9) (F3rmula SIAS)	$\mu = \left[ 0.578 + 0.037 \left( \frac{b}{B} \right)^2 + \frac{3.615 - 3 \left( \frac{b}{B} \right)^2}{1000h + 1.6} \right] \cdot \left[ 1 + 0.5 \left( \frac{b}{B} \right) \left( \frac{h}{h+w} \right)^2 \right]$	0.025 ≤ h ≤ 0.80m b ≤ 0.3B w ≥ 0.30m $\frac{h}{w} \leq 1$ en el caso de contracciones laterales	Para vertedores sin contracciones laterales los limites son : 0.025 ≤ h ≤ 0.80m 0.30m ≤ w $\frac{h}{w} \leq 1$ Para h/b ≤ 0.13, es más precisa que la de Hegly.
Hamilton-Smith	$\mu = 0.616 \left( 1 - \frac{b}{10B} \right)$	0.075m ≤ h ≤ 0.60m 0.30m ≤ b 0.30m ≤ w $h \leq \frac{w}{2}$ b ≤ (B - 2h) $\frac{h}{b} \leq 0.5$	Si B(h - w) < 10bh. Se deberá reemplazar en la ecuaci3n el valor de h por h' donde h' = h + 1.4 $\left( \frac{V_o^2}{2g} \right)$ , donde V <sub>o</sub> = $\left[ \frac{Q}{B(h+w)} \right]$ es la velocidad de llegada
Francis (Ref. 31)	$\mu = 0.623 \left[ 1 - 0.1n \frac{h}{b} \right] \cdot \left[ \left( 1 + \frac{V_o^2}{2gh} \right)^{\frac{3}{2}} - \left( \frac{V_o^2}{2gh} \right)^{\frac{3}{2}} \right]$	0.18m ≤ h ≤ 0.50m 2.40m ≤ b ≤ 3.00m 0.60m ≤ w ≤ 1.50m b ≥ 3h	$V_o = \left[ \frac{Q}{B(h+w)} \right]$ Velocidad de llegada. n = 2 en vertederos con contracciones laterales n = 0 en vertederos sin contracciones laterales
Rehbock (1929) (Ref. 9)	$\mu = \left[ 0.6035 + 0.0813 \left( \frac{h+0.0011}{w} \right) \right] \cdot \left[ 1 + \frac{0.0011}{h} \right]^{\frac{2}{3}}$	m = 5/8: — 0.80 m ≤ b ≤ 0.30 m iv 0.06 in ≤ h ≤ 1	Vale s3lo para vertedores sin contracciones laterales. Es muy precisa y de las más utilizadas, por su sencillez.

Figura 16 Formulas experimentales para determinar el coeficiente de gasto  $\mu$ , aplicable para vertedores rectangulares con contracciones laterales o sin ellas. En el caso de vertedores sin contracciones laterales haga b=B, en las fórmulas.

Fuente: Sotelo, 1997

Según (rocha, 2006), cita a algunos autores y fórmulas para el cálculo de vertederos de pared delgada de secci3n rectangular:

❖ *F3rmula de Francis*

$$Q = 1.84 \left[ L - \frac{nH}{10} \right] \cdot H^{\frac{3}{2}} \quad (18)$$

Ecuaci3n 2: Formula de Francis

Si adem3s no hubiese contracciones laterales, entonces n=0 y la fórmula de Francis quedaría reducida a:

$$Q = 1.84 * L * H^{\frac{3}{2}} \quad (19)$$

Para aplicar la fórmula de Francis es necesario recurrir a un método de tanteos y aproximaciones sucesivas, puesto que para calcular  $Q$  se requiere conocer la carga  $H$ .

❖ **Formula de Bazin, ampliada por Hégly**

La fórmula de Bazin - Hégly se aplica a vertederos cuyas cargas están comprendidas entre 0.10m y 0.60m, cuyas longitudes están entre 0.50m y 2.00m y en los que la altura del umbral se encuentra entre 0.20m y 2.00m.

En donde para un vertedero con contracciones laterales es:

$$u = \left[ 0.6075 - 0.045 \left( \frac{B-L}{B} \right) + \frac{0.0041}{H} \right] * \left[ 1 + 0.55 \left( \frac{L}{B} \right)^2 \left( \frac{H}{H+W} \right)^2 \right] \quad (21)$$

*Ecuacion 3 : Fórmula de Bazin – Hégly en vertedero con contracciones laterales*

Si el vertedero fuese sin contracciones laterales, entonces  $B=L$  y el coeficiente de descarga sería:

$$u = \left[ 0.6075 + \left( \frac{0.00405}{H} \right) \right] * \left[ 1 + 0.55 \left( \frac{H}{H+P} \right)^2 \right] \quad (22)$$

*Ecuación 4 : Fórmula de Bazin – Hégly sin contracciones laterales.*

❖ **Formula de la Sociedad Suiza de Ingenieros y Arquitectos**

Esta fórmula de descarga para vertederos rectangulares en pared delgada fue adoptada en 1924.

$$Q = \frac{2}{3} * \sqrt{2 * g} * u * L * H^{\frac{3}{2}} \quad (23)$$

*Ecuacion 5 : Formula de la Sociedad Suiza de Ingenieros y Arquitectos*

Coeficiente para un vertedero con contracciones es:

$$u = \left[ 0.578 + 0.037 \left( \frac{L}{B} \right)^2 + \frac{3.615 - 3 \left( \frac{L}{B} \right)^2}{1000H + 1.6} \right] * \left[ 1 + 0.5 \left( \frac{L}{B} \right) \left( \frac{H}{H+P} \right)^2 \right] \quad (24)$$

*Ecuacion 6 : Formula de la Sociedad Suiza de Ingenieros y Arquitectos en vertedero con contracciones*

El coeficiente de descarga  $u$  para un vertedero sin contracciones es:

$$u = 0.615 \left[ 1 + \frac{1}{1000H+1.6} \right] * \left[ 1 + 0.5 \left( \frac{H}{H+P} \right)^2 \right] \quad (25)$$

*Ecuacion 7: Formula de la Sociedad Suiza de Ingenieros y Arquitectosen vertedero sin contracciones*

*Según (Castillo, 2010) define a las juntas en canales de concreto de la siguiente manera:*

En las juntas en canales de concreto este se expande y contrae con los cambios de humedad y temperatura. La tendencia general es a contraerse y esta causa el agrietamiento a edad temprana. Las grietas irregulares son feas y difíciles de manejar, pero generalmente no afectan la integridad del concreto. Las juntas son simplemente grietas planificadas previamente, que pueden ser creados mediante moldes, herramientas, aserrado y. con la colocación de formadores de juntas.

Las Juntas de Contracción, son juntas planas que sirven para prevenir las fisuras (agrietamientos) por disminución del volumen de concreto o esfuerzos de contracción. Normalmente se proyecta cada 3.0 a 3.5 m.

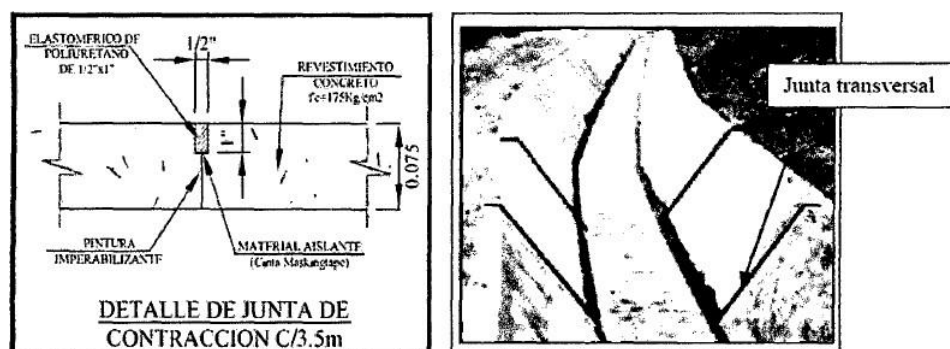


Figura 17: Detalle de Junta de contracción

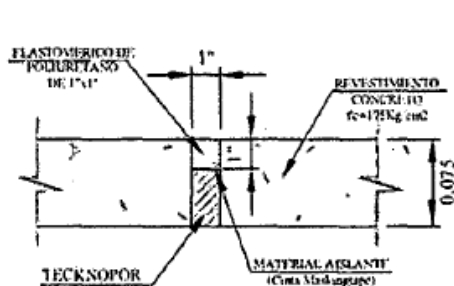
Fuente: Castillo, 2010

Las juntas de construcción, no son juntas de movimiento, se usan para facilitar la construcción, se originan por diferentes bloques de vaciado de concreto, por lo

general deben coincidir con los otros tipos de juntas, se recomienda ubicarlas en la zona del cortante mínimo.

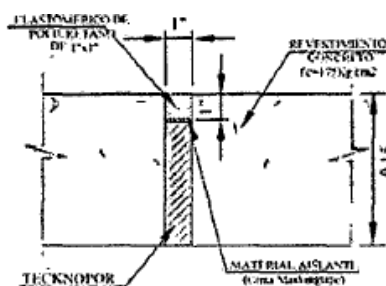
Otra de las juntas es la de dilatación, que son juntas de expansión, se colocan en canales de concreto y en estructuras de concreto armado tales como obras de arte que separan la estructura del canal. En el Perú no se tiene ninguna norma específica para usar o no usar en la construcción de canales, pero normalmente se usa específicamente en proyectos realizados por el Programa Su sectorial de Irrigación (PSI) y otros.

- El espaciamiento entre juntas para canales está entre los 14m a 30m.
- Para muros se colocan entre 10 m a 15 m.
- Las juntas de dilatación con Water Stop (W. S.) se emplean en muros o estructuras de concreto armado, pueden ser de jebe y PVC.



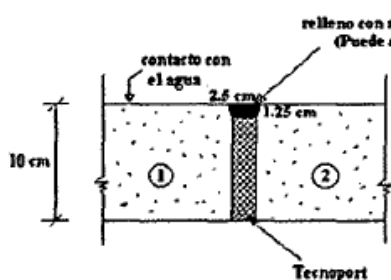
**DETALLE DE JUNTA DE DILATACION C/14m**

Para canal Trapezoidal

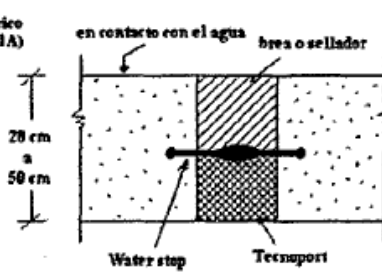


**DETALLE DE JUNTA DE DILATACION C/ 9m**

Para canal rectangular



**Para canales cada 18 m**



**Para muros (Planta) cada 10 m a 15 m**

Figura 18: Detalle de Junta de dilatación

Fuente: Castillo, 2010



Según (Castillo, 2010) presenta las siguientes definiciones respecto a revestimiento de canales:

El revestimiento del canal nos ayuda a:

- Evitar la erosión del material
- Disminuye las pérdidas por filtración
- Disminuye las labores de mantenimiento
- Disminuye la rugosidad, por ende, aumenta la velocidad del flujo y disminuye el tirante.

En cuanto a los tipos de revestimiento lo más común es de Concreto y Mampostería de piedra. Cuyos espesores varían entre  $e=5.0$  cm. a 20 cm. Para canales rectangulares los espesores son mayores que para los trapezoidales. Las resistencias de los concretos más comunes para el revestimiento son:  $F'c=100$  kg/cm<sup>2</sup> para solados,  $F'c=175$  kg/cm<sup>2</sup> y  $F'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> para concreto armado.

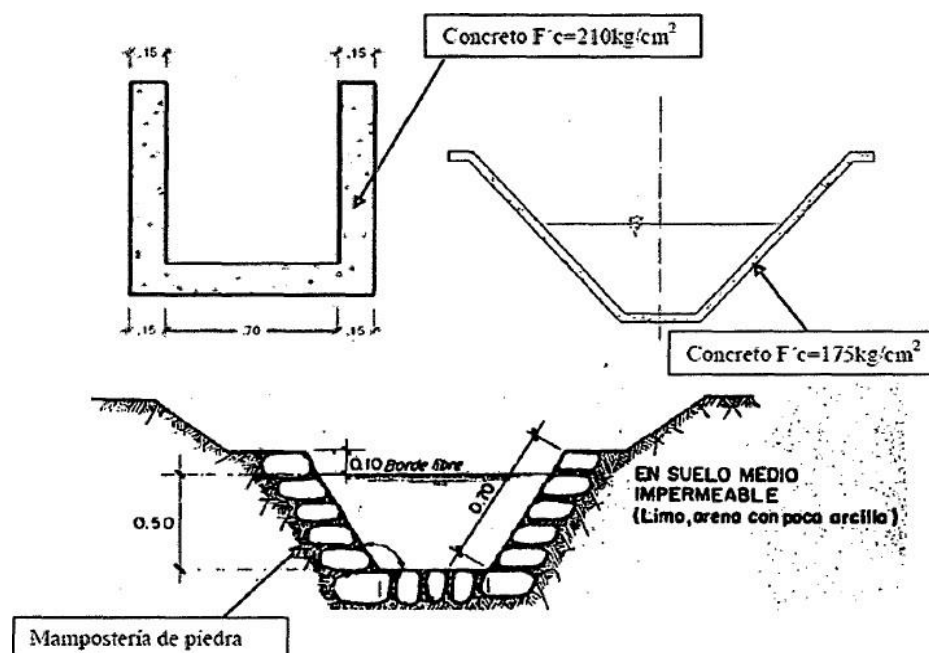


Figura 19: Secciones de canales con diferentes tipos de revestimientos

Fuente: Castillo, 2010



Para realizar la calibración del vertedero de pared delgada de sección rectangular, se puede utilizar utilizando diversas metodologías como: Calibración por bancos hidráulicos en laboratorio y la calibración utilizando métodos in situ dentro de los cuales cabe mencionar los siguientes; método volumétrico (volumen/ tiempo), método del flotador (Velocidad por área), mediante tubo de pitot, método del correntómetro, entre otros.

Para la Realización del ensayo del calibramiento del vertedero de pared delgada de sección rectangular, se ha utilizado el método volumétrico, lo cual el caudal encontrado por este método se compara con el caudal obtenido colocando el vertedero de pared delgada de sección rectangular con dos contracciones, con la finalidad de encontrar el factor de corrección, el cual se multiplicará a la formula general del cálculo de caudales, para así de esta manera tener el equipo calibrado.

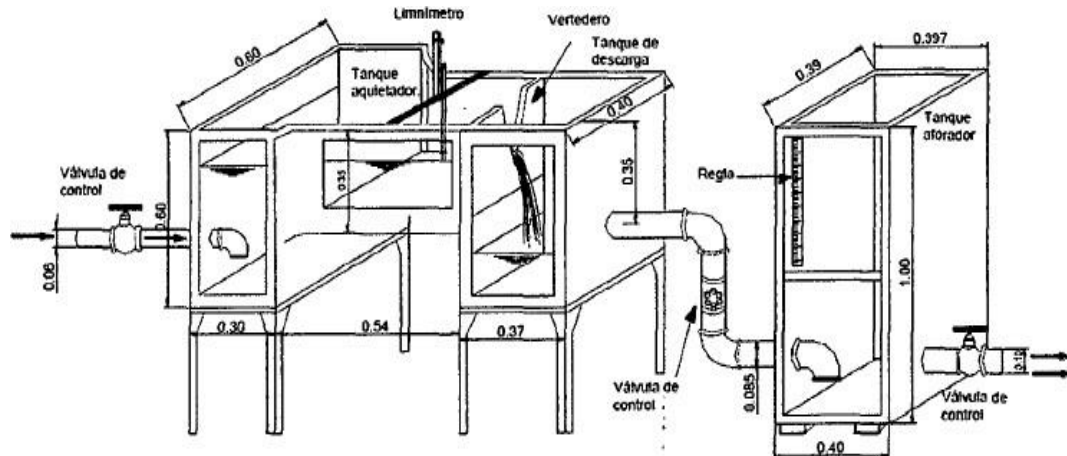


Figura 11: Calibramiento del vertedero de pared delgada

Fuente: De Azevedo, J. M. y Guillermo Acosta A, 1976

Según (Palacios, 2004) respecto a la eficiencia de conducción, considera que:

En los canales totalmente revestidos, con mampostería de piedra con mortero de cemento o con concreto es de esperarse eficiencias próximas al 95%, hasta 20 Km. y de 90%, hasta 50 Km.

En las definiciones de términos están:

Grietas: son todas aquellas aberturas incontroladas de un elemento superficial que afectan a todo su espesor.

Hendidura o abertura longitudinal, de ancho mayor de 1 mm, que se hace en un cuerpo sólido producido por diferentes causas tales como acciones exteriores o por defectos del material.

Fisuras: Todas aquellas aberturas incontroladas que afectan solamente a la superficie del elemento o a su acabado superficial.

La Infiltración es el proceso por el cual el agua penetra desde la superficie del terreno hacia el suelo. En una primera etapa satisface la deficiencia de humedad del suelo en una zona cercana a la superficie, y posteriormente superado cierto nivel de humedad, pasa a formar parte del agua subterránea, saturando los espacios vacíos.

Según (Castillo, 2010) define a la filtración como:

Un proceso de separación de compuestos que consiste en pasar una mezcla a través de un medio poroso o filtro, donde se retiene de la mayor parte de los componentes sólidos de la mezcla. Dichas mezclas son fluidos, que pueden contener sólidos y líquidos (como también gases), y en nuestro caso:

- ✓ Se producen en canales construidos sobre materiales muy permeables no aptos para una buena conducción del agua. Estos materiales pueden ser desde arenas gruesas en los valles, hasta grava o piedra en las laderas de cerros por donde pasan los canales, que dan origen a filtraciones de gran magnitud, lo que obliga a revestir algunos tramos o cambiar la ubicación del canal.
- ✓ También se producen por orificios o cangrejeras que hacen pequeños animales como reptiles, roedores, que los usan para su hábitat natural y que generalmente no son detectables a simple vista.

- ✓ En canales no revestidos, en general se producen filtraciones, por el solo hecho que un área o sección considerable del canal está en contacto con el agua.
- ✓ En canales revestidos, también se producen filtraciones por las juntas de dilatación mal hecha o deteriorada, por tramos o paños revestidos de canal con materiales de mala calidad, por losas resquebrajadas debido a fallas en el comportamiento del material de relleno de la plataforma.

Según (Lux, 2010) define a los siguientes términos como:

- Aforar: Medir la cantidad de agua que lleva una corriente en una unidad de tiempo.
- Aforo: Acción y efecto de aforar.
- Canales un conducto en el que el líquido fluye con una superficie sometida a la presión atmosférica. El flujo se origina por la pendiente del canal y de la superficie del líquido.
- Caudal: Volumen de agua que pasa por unidad de tiempo por una sección normal determinada de una corriente Líquida.
- Contracción: Disminución del área que experimenta la masa fluida, líquida o gaseosa, al salir por un orificio del recipiente en que está contenida.
- Corriente: Movimiento de traslación continua y permanente o accidental de las aguas de un canal, río o del mar, en dirección determinada.
- Cresta (L): Es el borde horizontal por donde fluye el agua, también llamado umbral.
- Carga (H): Es la altura alcanzada por el agua a partir de la cresta del vertedero. Debido a la depresión de la lámina vertiente junto al vertedero, la carga H debe ser medida aguas arriba, a una distancia aproximadamente igual o superior a 4H.
- Estructura: Elemento o conjunto de ellos que forman parte resistente y sustentante de una construcción.

- Fluido: Sustancia que se deforma continuamente al ser sometida a esfuerzos de corte.
- Flujo: Movimiento de un fluido.
- Vertedero: Dispositivo utilizado para regular y medir caudales en cauces de ríos y canales abiertos.

*Según la Norma técnica CETESB L4.120, 2012 (Medición de flujo en los cursos de agua a través de vertederos de paredes delgadas), define a los siguientes términos como:*

- Vertedero: Es un dispositivo utilizado para controlar y medir pequeños caudales de líquidos en canales abiertos. Consta básicamente de un corte de forma y acabado geoméricamente bien definidos, practicado en una plancha resistente, por la cual escurre el líquido, manteniendo la superficie libre.
- Altura: Es la diferencia de cotas entre el fondo del canal de aproximación y la cresta, medida aguas arriba y junto al vertedero. Es lo mismo que la profundidad.
- Carga Hidráulica: Es la altura alcanzada por el agua, la cual se considera desde la cota de la cresta o solera del vertedero.
- Coeficiente de descarga: Es la relación entre el caudal medido y el caudal calculado teóricamente.
- Contracción de fondo: Es la reducción de la altura efectiva del flujo en un vertedero de pared delgada.
- Contracción lateral: Es la reducción del ancho efectivo del flujo en un vertedero de pared delgada como consecuencia de su angostamiento lateral con relación al ancho del canal de aproximación.

- Cresta de la solera: Es el punto más bajo del corte. En el vertedero triangular, la cresta es el vértice del corte; en el vertedero rectangular, la cresta es el borde horizontal del corte.
- Lados: Son los bordes verticales del corte en un vertedero rectangular, o los bordes inclinados del corte en un vertedero triangular.
- Lámina de agua: Es la vena líquida que transpone el vertedero.

#### **Ancho del vertedero:**

- En un vertedero rectangular, es la longitud del borde horizontal del corte.
- Ancho del curso de agua: Es el ancho entre los extremos laterales del curso de agua.
- Velocidad de Aproximación: Es la velocidad promedio en un corte transversal situado aguas arriba, a una distancia de hasta 10 veces el ancho de la solera del vertedero.

### **2.3. Sistema de riego**

#### **Métodos de Riego**

La Junta de Usuarios del Sector Hidráulico Chancay - Huaral, la Comisión de Regantes Chancay Alto y el comité de Riego Santa Elena – San Blas, no cuenta con métodos de riego presurizados, lo que implica que el método de mayor empleo en la zona de influencia del proyecto es el riego superficial o gravitacional.

#### **Eficiencia de Conducción en Canales de Riego**

Es la relación entre el volumen o caudal de agua que ingresa a un canal, y el volumen o caudal de agua que sale en un punto distinto al de ingreso. (Palacios, 2004).

$$E_{fc} (\%) = (Q_i / Q_s) 100$$

Dónde:

$E_{fc}(\%)$ : Eficiencia de conducción.

$Q_i$ : Caudal de ingreso al canal.

$Q_s$ : Caudal de salida del canal.

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.

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. Las pérdidas en un canal se pueden resumir en cuatro formas, a saber:

- **Pérdidas por Evaporación:** usualmente son de poca dimensión y no se toman en cuenta.
- **Pérdidas por Fugas:** se producen por el mal estado de las estructuras, desajustes en las compuertas, empaques viejos, etc. Si no se les da importancia, pueden ser de grandes dimensiones.
- **Pérdidas por Mal Manejo de la Operación:** se producen por descuidos del personal, que abren las compuertas más de lo debido, o bajan el tirante sin haber terminado el ciclo de riego, etcétera.
- **Pérdidas por Infiltración:** son las de más importancia; 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% (Grassi C., 1988). 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.

### **Eficiencia de Riego (Efi. Riego)**

Es la relación entre la cantidad de agua requerida por la planta y la cantidad de agua suministrada en la bocatoma o captación del Sistema de Irrigación. Lo definimos como el producto de la eficiencia de conducción por la eficiencia de distribución y aplicación.

$$\text{Ef. (riego)} = \text{Ef. conducción} \times \text{Ef. distribución} \times \text{Ef}_{\text{aplicación}}$$

### **CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA**

El suscrito, es Ingeniero Agrícola con más de 24 años de experiencia y con conocimientos en la planificación, gerencia, diseño, valoración, supervisión e inspección de proyectos de ingeniería como obras hidráulicas y defensas ribereñas; orientado a impulsar el desarrollo productivo, social y económico de los sectores agrícola, agroindustrial, forestal, pecuario, y energético, y a solucionar dificultades de preservación y explotación de los recursos medioambientales.

Primera etapa desde 1995, he trabajado como ingeniero agrícola en la administración pública y privada en la ejecución, supervisión, evaluación, seguimiento, monitoreo y liquidación de proyectos de inversión, en obras de irrigación y defensa ribereñas; así como también en la elaboración de estudios de proyectos de pre inversión y expedientes técnicos de obras hidráulicas como: Canales de riego, reservorios, bocatomas, conducciones entubadas, geosintéticos; defensas ribereñas: diques enrocados, gaviones, descolmatación de cauces; agua potable y riego tecnificado.

Es así que para la Junta de Usuarios del Sector Hidráulico Chancay - Huaral, en setiembre del año 2012, se elaboró el estudio del proyecto de inversión denominado: “Mejoramiento del servicio de agua del sistema de riego La Esperanza, en las localidades de Cabuyal, Las Vírgenes y Granados del Distrito y Provincia de Huaral, Región Lima”, entre otros estudios de canales de riego.

A partir de octubre del año 2013 hasta mayo del 2017 he ocupado el cargo de evaluador y supervisor de proyectos de inversión pública, en la Coordinación de Programas y Proyectos de la Dirección General de Infraestructura Agraria y Riego del Ministerio de Agricultura y Riego.



Segunda etapa (enero 2018 - presente), se desarrolla como egresado en Ingeniería Civil (diciembre 2017) de la Universidad Privada del Norte (Sede Los Olivos). Empecé a ejercer la profesión como trabajador independiente en el diseño de obras hidráulicas y defensas ribereñas; poniendo en práctica los conocimientos adquiridos como resultado de mi formación universitaria en ingeniería civil.

Es así que para la Junta de Usuarios del Sector Hidráulico Chancay - Huaral, en enero y febrero 2018, se ha elaborado el estudio del proyecto de inversión denominado: “Mejoramiento del Canal Santa Elena – San Blas, Distrito de Huaral, Provincia de Huaral - Lima”; con la autorización de la Junta de Usuarios se está utilizando la información de dicho proyecto para el trabajo de suficiencia profesional denominado “Evaluación e implementación de la infraestructura de riego tramo 1+185 hasta 4+845, del Sector Santa Elena – San Blas, Huaral – Lima”.

De marzo 2018 a marzo del 2020 he laborado en la Empresa DAMPA INGENIEROS SAC como responsable en el diseño de proyectos de viviendas, agua potable y saneamiento básico.

En la actualidad (abril 2020 – presente), estoy ejerciendo la profesión como trabajador independiente en el diseño, construcción, supervisión y mantenimiento de todo tipo de infraestructura como viviendas, saneamiento, obras hidráulicas y defensas ribereñas.

## **2.1. Material de estudio**

### **2.1.1. Técnicas e instrumentos**

Los instrumentos y técnicas utilizadas para la obtención de datos se dieron a través de fichas de evaluación y/o diagnóstico, con visitas e inspecciones oculares, haciendo uso de métodos de medición de agua o aforos como son el método del flotador (Este

método es el más sencillo, pero sólo permite estimar en forma aproximada el caudal).  
para obtención de caudales de entrada y salida.

**Instrumento aplicar:** Fichas de evaluación y/o diagnóstico.

Muestra: La muestra se considera a 3.66 Km. de la infraestructura de riego, del Sector Santa Elena – San Blas, Distrito de Huaral.

**Ámbito de aplicación de las Fichas:** Evaluación y/o diagnóstico de la infraestructura de riesgo del Sector Santa Elena, San Blas, Distrito de Huaral.

### 2.1.2. Recolección de datos

En el presente trabajo para realizar la recolección de datos se aplica el instrumento de medición a la infraestructura de riego del Sector Santa Elena, San Blas, Distrito de Huaral.

Se realizará el uso de la observación in-situ, llevándose a cabo la toma de datos para determinar su clasificación y ordenamiento para información de campo.

#### Tabla 4

*Distribución de los ítems del cuestionario:*

DIMENSION	ITEMS	TOTAL, ITEMS
Diseño del Canal y Obras de Arte		
Eficiencia de Conducción		
Costos y Presupuestos		

*Fuente: Elaboración propia*

### 2.2. Procedimiento

El procedimiento se efectuó realizando las siguientes técnicas:

Recolección de información para la determinación el estado actual de la infraestructura de riego: Permitió obtener la información sobre el estado actual del canal de riego. Se realizó a través de toma directa de datos y variables, realizando lo siguiente:

Ubicamos el tramo de canal a ser evaluado (3.66 km), del total de canal de regadío de 4.845 Km, de los cuales 1,185 m se encuentran revestido con concreto simple de sección trapezoidal y 3,660 m sin revestir, también existe tomas laterales con compuerta tipo izaje en mal estado y alcantarillas de concreto armado en buen estado; de los 3,660 m sin revestir, la sección es variable con tendencia a la rectangular, mostrando las dimensiones promedio siguientes: 1.00m de plantilla, 0.50m de alto. A lo largo de su recorrido (progresiva 1+185 hasta 4+845) presenta 13 tomas laterales con compuerta de 0.50 x 1.20 en malas condiciones y 21 tomas rústicas, así mismo existen alcantarillas de concreto armado en buen estado. En el canal Santa Elena – San Blas, materia del proyecto a partir de la progresiva 1+185 hasta 4+845 es de tierra (3,660 m), a partir de esta progresiva tiene un caudal 0.200 m<sup>3</sup>/s. , los trabajos de mejoramiento que se realicen después de esta progresiva permitirán reducir en el sector de Santa Elena – San Blas fundamentalmente las pérdidas de conducción y mejorar el riego de unas 140.86 has actuales en producción y posibilitando la ampliación de otras 55 has y así cubrir con las 195.86 has totales bajo riego.

- Obtuvimos las medidas reales de la sección del canal del punto de inicio del tramo (caudal de ingreso) y del punto final del tramo (caudal de salida).
- Determinamos el caudal aproximado del canal con el método del flotador.
  - Determinamos los caudales de ingreso y salida del tramo en estudio, tomando 3
  - 
  - medidas en el punto de inicio (caudal de ingreso), y el punto final (caudal de
  - 
  - salida) en un día. Del mismo modo realizamos el mismo procedimiento por el

- 
- lapso de dos semanas interdiario. Haciendo uso de la ficha de toma de datos para
- 
- esta etapa del estudio.
- 
- Realizamos un registro fotográfico en las tomas de datos.
- Luego con los caudales obtenidos en las mediciones de cada día nos sirvió para calcular la eficiencia de conducción del día en que se realizó la toma de datos. Este proceso se repitió durante el lapso que duró la toma de datos (dos semanas).
- Una vez determinada las eficiencias de conducción durante el lapso de dos semanas se sacó un promedio para finalmente hallar la eficiencia de conducción del canal de riego.

### 2.3. Diagnóstico de la situación actual

El diagnóstico es una herramienta con información Primaria y Secundaria fundamental para reconocer las necesidades y los intereses de la población objeto (Beneficiarios Directos e Indirectos). Debe considerar la revisión de sus aspectos sociales, culturales y económicos; y dentro de este último el Sistema Productivo describiendo la situación actual de la Infraestructura de riego existente. No existe una metodología específica o regla fija para la elaboración de un diagnóstico, por lo que independientemente del método usado, lo que todo diagnóstico debe lograr es obtener la información necesaria que permita cumplir con los objetivos propuestos.

#### Problemas y Oportunidades

Tras conversaciones con los dirigentes de la Comisión de Regantes de Chancay Alto y los miembros del comité de Riego Santa Elena – San Blas que agrupan a los beneficiarios directos del proyecto y la Junta de Usuarios del Sector Hidráulico Chancay - Huaral, comentaron que los residentes de la zona desean con mucha intensidad la iniciación de las obras de Mejoramiento del Canal Santa Elena – San

Blas, Distrito de Huaral, Provincia de Huaral - Lima, que prevé de recurso hídrico en la actualidad a 140.86 has de cultivos en función a sus planes de cultivos anuales. Este recurso hídrico es importante para la población que vive en su mayoría de los ingresos por actividades agrícolas y los cuales aseguran que no habrá obstáculos de parte de otros usuarios de riego para la implementación de este proyecto.

En lo que respecta a las oportunidades que se presente en la realización de los trabajos, podemos mencionar que debido a la necesidad que tienen los pobladores de la zona por el recurso hídrico, existe por la Municipalidad Provincial de Huaral el interés de apoyar con el financiamiento para mejorar el sistema de riego y ampliar la frontera agrícola con unas 55 has aproximadamente.

### **Diagnóstico del Área de Influencia y Área de Estudio**

#### **Ubicación del Proyecto**

Políticamente, la zona del proyecto de ubica en:

Distrito : Huaral

Provincia : Huaral

Región : Lima

Sectorialmente:

Dirección Regional de Agricultura : Lima Provincias

Administración Local de Aguas : Chancay - Huaral

Junta de Usuarios del Sector Hidráulico : Chancay - Huaral

Comisión de Regantes : Chancay Alto

Comité de Riego : Santa Elena – San Blas

En las figuras de la página siguiente se muestra su ubicación geográfica y política:



Figura 21: Departamento de Lima

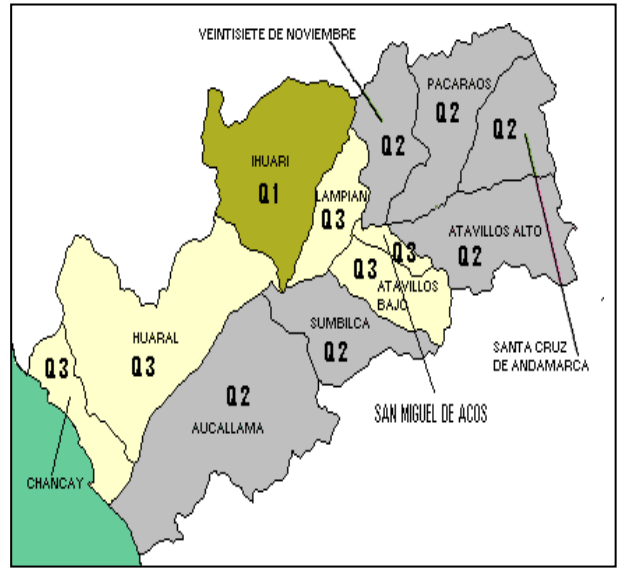


Figura 22: Provincia de Huaral



Figura 23: Ubicación Distrital

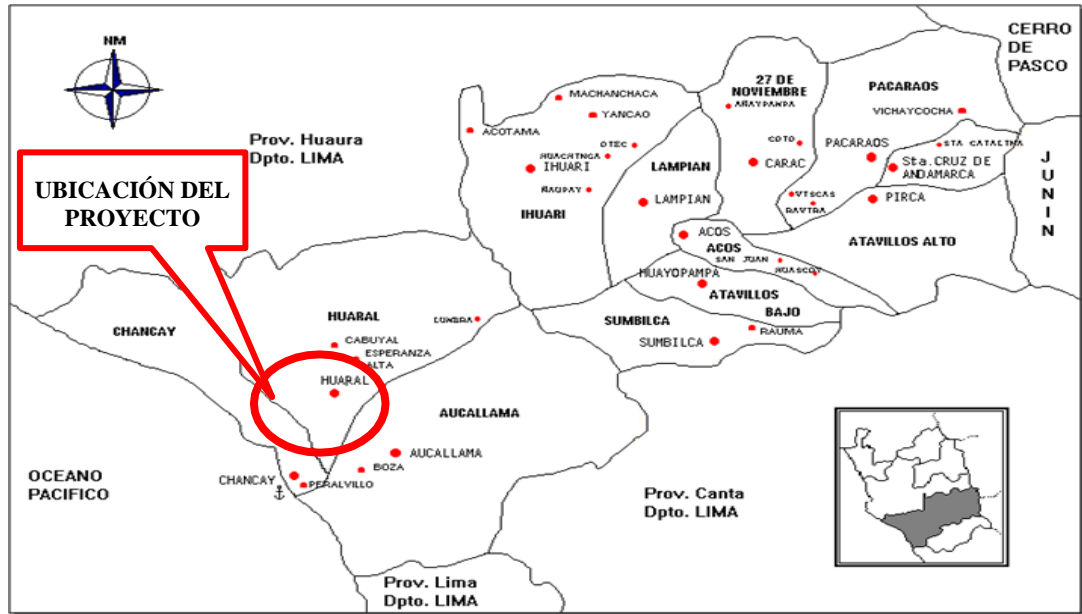


Figura 24: Ubicación del Proyecto en el ámbito Provincial

### Vías de Comunicación

El área del diagnóstico es accesible desde la ciudad de Huaral, en un recorrido de 20 minutos por la misma ciudad, se puede llegar al canal Santa Elena – San Blas.

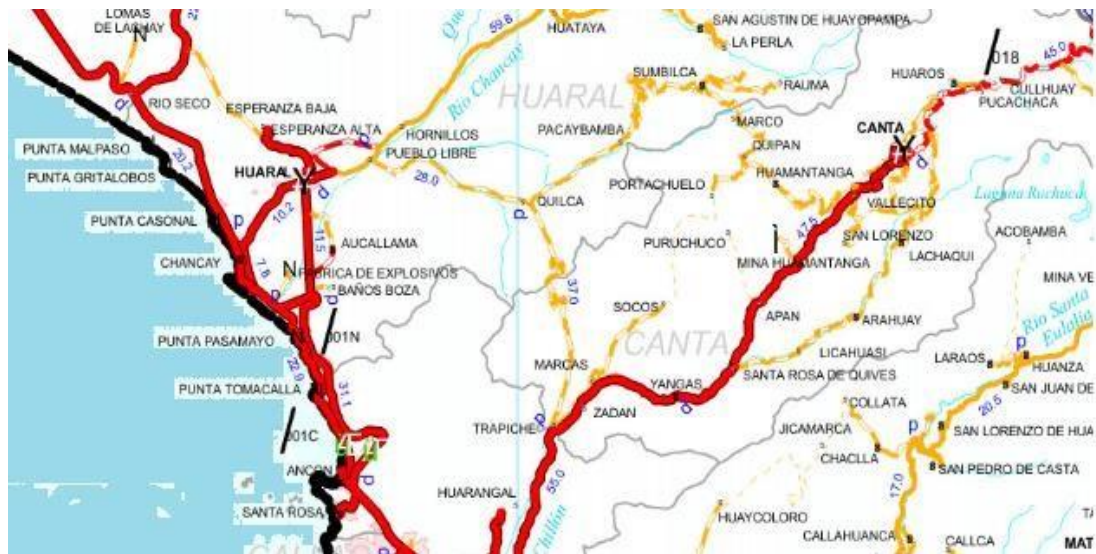


Figura 25: Mapa Huaral

Fuente: Página web del MEF-Viajero

El transcurso de la ruta luego de llegar a la captación Santa Elena, se hace un recorrido en camioneta por el camino de vigilancia existente, hasta llegar a la progresiva 1+185, punto de inicio del mejoramiento del canal hasta su terminación. (Tabla N° 05).

**Tabla 5**

*Vías de Acceso*

De	A	Distancia (Km)	Tiempo	Tipo Vía
Lima	Chancay	80	1.50 hrs	Asfaltada, C. Panamericana
Chancay	Huaral	10	0.20 hrs	Asfaltada
Huaral	La Huaca	04	0.06 hrs	Asfaltada
La Huaca	Pie de Obra	2.5	0.03 hrs	Camino Carrozable

*Fuente: Elaboración propia*

La distancia aproximada desde la ciudad de Lima, hasta la localidad de La Huaca es de 76 km, el tiempo de viaje se realiza en 1.5 horas aproximadamente.

**Principales Actividades Económicas**

La actividad principal de la población es la agricultura, siendo los principales cultivos el maíz y árboles frutales. Según el INEI aproximadamente un 10% de la población de la zona del proyecto se dedica al comercio u otra actividad diferente a la agrícola. El área del diagnóstico se encuentra a una altitud de los 167.50 msnm, el área agrícola varía anualmente debido a la disponibilidad del recurso hídrico y de los servicios de apoyo a la producción entre otros factores. Según la información obtenida de la Agencia Agraria de Huaral y Junta de Usuarios del Distrito de Riego Chancay - Huaral, el área promedio del Comité de Riego Santa Elena – San Blas, bajo cultivo asciende a los 140.86 has, y los restantes 55.00 has se encuentran en ampliación.





*Figura 26: Cultivos de maíz y árboles frutales*

*Fuente: Agencia Agraria de Huaral*



*Figura 27: Cultivos de maíz y árboles frutales*

*Fuente: Agencia Agraria de Huaral*



*Figura 28: Áreas agrícolas en ampliación*

*Fuente: Agencia Agraria de Huaral*

### **Población afectada**

La población del área del proyecto La Huaca y Santa Elena según el censo realizado por el INEI en el año 2017 del INEI asciende a un total de 1080 habitantes tal como se observan en las Tablas 6 y 7. Así mismo, la tasa de crecimiento de la población de Huaral para ese año se estimó en 1.8% por lo cual en la actualidad y en función a la fórmula poblacional se estima una población directamente beneficiada de 1,181 habitantes.

<b>COOP.AGRARIA PRODUC: LA HUACA</b>	
<b>DEPARTAMENTO: LIMA</b>	
<b>PROVINCIA: HUARAL</b>	
<b>DISTRITO: HUARAL</b>	
<b>CARACTERISTICAS</b>	<b>CIFRAS ABS.</b>

DEMOGRAFICAS	
1. POBLACION	816
Hombres	423
Mujeres	393
2. GRUPOS DE EDAD	816
Menores de 1	17
De 1 a 4	75
De 5 a 14	214
De 15 a 64	481
De 65 y m s	29

**Tabla 6:** Población

Fuente: INEI

UNID.AGROPECUARIO: SANTA ELENA	
<b>DEPARTAMENTO: LIMA</b>	
<b>PROVINCIA: HUARAL</b>	
<b>DISTRITO: HUARAL</b>	
C A R A C T E R I S T I C A S	C I F R A S   A B S .
DEMOGRAFICAS	
1. POBLACION	264
Hombres	146
Mujeres	118
2. GRUPOS DE EDAD	264
Menores de 1	8
De 1 a 4	18
De 5 a 14	72
De 15 a 64	145
De 65 y m s	21

**Tabla 7:** Población

Fuente: INEI

## Diagnóstico de los servicios de agua para riego y de la actividad agrícola.

### Rendimiento de Principales Productos

Los cultivos predominantes en el área de influencia del canal Santa Elena San Blas de acuerdo al plan de cultivo son: Maíz Amarillo, Maíz Chala, Maíz Choclo, Arveja, Cebolla Roja, Camote, Frijol, Alfalfa, los frutales son en menor proporción entre otros de menor áreas de cultivo. De estos, los que ocupan la mayor superficie de cultivo son el Maíz Amarillo Duro con 54.06 has, frijol castillo 15has, camote 15 has

y arveja 12 has. Durante el año se realizan dos campañas agrícolas, la campaña grande se inicia en agosto y culmina en marzo del año siguiente, en tanto que la campaña chica dura de abril-julio.

Los rendimientos por hectáreas obtenidas en un mismo valle son variables puesto que éstas responden al mayor o menor uso de insumos (agua, semilla, fertilizantes y pesticidas), uso de tecnología, calidad de tierras y también dependen de la presencia temporal de plagas, sequías y enfermedades. Algunos de estos cultivos son productos para industrialización como son: el Maíz Amarillo Duro, por lo que es necesario distinguir entre aquellos rendimientos obtenidos por estos cultivos y los obtenidos por los cultivos alimenticios (de consumo interno). Ver Tabla N° 8. Los cultivos de rendimiento local son en base a la referencia obtenida de los propios agricultores.

**Tabla 8**

*Rendimientos a nivel promedio de los principales cultivos (Kg/Ha)*

<b>CULTIVO</b>	<b>Rendimiento Local</b>	<b>Rendimiento Regional</b>	<b>Rendimiento Nacional</b>
Alfalfa	38,000.00	40,000.00	45,000.00
Arveja	3,600.00	3,800.00	3,550.00
Camote	24,000.00	25,000.00	21,884.00
Frijol castilla	1,800.00	1,860.00	1,750.00
Maíz amarillo	7,600.00	7,900.00	6,561.00
Maíz chala	35,500.00	37,000.00	35,000.00
Manzanos	11,000.00	11,400.00	11,100.00
Maracuyá	10,200.00	10,600.00	10,000.00

Palto	9,000.00	9,400.00	8,500.00
Vid	9,200.00	9,500.00	9,450.00
Frutales	11,000.00	11,300.00	11,300.00

Fuente: JU, Internet (MINAGRI y estudios precios en chacra a la zona de Lima-Provincias)

Los cultivos producidos en la zona de estudio son preparados para el mercado nacional comercializándose en los mercados de Huaral, Lima y Norte del País.

### Tenencia de la Tierra

La distribución de predios por rangos de tamaño y las áreas, se presentan en la Tabla N° 9 en el que se puede observar que existen 46 predios en el rango de 0.01 – 1.00 has., con un área total de solamente de 4.79, predios entre los rangos de 1.01 has – 3.00 has de cultivo para un total de 45.54 has., lo cual conlleva a la diversificación de cultivos ya que en la actualidad existen minifundios; en el rango de 3.01 a 5.00 has solamente existen 13 predios con un total de 53.44has, y en el rango de 5.01 a más existen 6 predios con un total de 37.09 has; haciendo un total de 140.86 has.

**Tabla 9**

*Tenencia de Tierra*

RANGO	SANTA ELENA - SAN BLAS	
	N° PREDIOS	AREA
X Has.		
0.01 - 1.0	7	4.79
1.01 - 3.00	20	45.54
3.01 - 5.00	13	53.44
5.01 - 8.00	6	37.09

<b>TOTAL</b>	<b>46</b>	<b>140.86</b>
--------------	-----------	---------------

*Fuente: Elaboración Propia en base a Padrón de Usuarios*

Efectuando la evaluación de campo, respecto a capacidad conductiva del canal y permeabilidad del canal, se ha detectado tramos críticos que requieren urgente atención, por presentar elevadas pérdidas, correspondiendo las mayores permeabilidades (entre 2,667.79 a 6,960.00 l/m<sup>2</sup>/día) a tramos del canal afectado por incremento del espejo de agua (sección irregular) y por carecer de compuertas laterales.

#### 2.4. Desarrollo

La Junta de Usuarios del Sector Hidráulico Chancay - Huaral, cuenta con ciertos resultados de cálculos de eficiencias aplicadas a canales principales como La esperanza y el Canal Principal Chancay, tal como se aprecia en el siguiente Tabla 10.

**Tabla 10**

*Resultados cálculos de eficiencias aplicadas a canales principales*

Comisión de Regantes	Eficiencia de Conducción	Eficiencia de distribución	Eficiencia de aplicación	Eficiencia de Riego
Chancay	90%	76%	55%	39.71%
La Esperanza	84%	75%	61%	38.43%

*Fuente: JUVCH-H*

#### Niveles Tecnológicos

Todo riego a nivel de parcelas en la Comisión de Regantes Chancay Alto y del comité de Riego Santa Elena – San Blas que se benefician por el canal a mejorar a partir del tramo de la progresiva 1+185, es por gravedad, y sólo los que tienen el canal mejorado

(antes de la progresiva 1+185), cuentan en algunos casos con un medidor de caudal en regular operatividad debido a la falta de mantenimientos en el sistema.

Para el caso de los terrenos agrícolas después de la progresiva 1+185, el riego es dificultoso, a pesar de contar con oferta de agua suficiente, debido a las altas filtraciones a lo largo de los 3.66km restantes del canal Santa Elena – San Blas, los terrenos por ser franco arenoso se dañan al no contar con un sistema de riego adecuado. Los usuarios del sector de riego Santa Elena – San Blas, no cuentan con capacitación y fortalecimiento de la organización de usuarios; mediante capacitaciones, en:

- Eficiente gestión de los recursos hídricos.
- Operación y mantenimiento del sistema de riego.
- Manejo adecuado del agua.

## **DEFINICION DEL PROBLEMA, SUS CAUSAS Y EFECTOS**

### **Identificación del Problema**

Para la identificación del problema central en el sector de Santa Elena - San Blas, se ha tenido en cuenta la opinión de los agricultores usuarios del canal de riego y Directivos de la Comisión de Regantes, sectorista encargado y opinión del Gerente Técnico de la Junta de Usuarios del Distrito de Riego Chancay - Huaral; así como, el análisis del trabajo de campo realizado (aforo y evaluación visual del estado del canal de riego) y revisión de fuentes de información secundaria, habiendo identificado el problema central como:

**“BAJOS RENDIMIENTOS Y PRODUCCION DE CULTIVOS EN EL SECTOR SANTA ELENA – SAN BLAS, DEL DISTRITO DE HUARAL, PROVINCIA DE HUARAL, REGION LIMA”**

Las características del problema, según información obtenida de la población, se evidencian indicios de disminución de niveles de producción y productividad agrícola,



atribuido a la reducción de entregas de agua en la cabecera del predio, con especial acentuación en meses de estiaje. Situación que deviene en:

- Ampliación del periodo de turnos de riego (frecuencia de riego).
- Reducción de volúmenes de agua aplicada al cultivo.
- Estrés hídrico de cultivos

Situación percibida con mayor énfasis en las cosechas por los bajos rendimientos obtenidos en comparación con los rendimientos promedio de los cultivos en la Región y a Nivel Nacional.

### **Análisis de Causas del Problema**


Las principales causas del bajo rendimiento y producción de los cultivos en la zona de influencia es el déficit de agua para riego, la misma que fue analizada mediante una lluvia de ideas en la que se plantearon todas las posibles causas que ocasionan el problema, siendo estas las siguientes:

- Tomas de agua dañadas a lo largo del canal de conducción.
- Deficiente mantenimiento de la infraestructura de riego por los usuarios.
- Agricultores que prefieren sembrar cultivos tradicionales.
- Agricultores con desconfianza para presentar su plan de cultivos.
- Incumplimiento de pago de tarifa de agua.
- Poco ingreso económico.
- Incumplimiento del plan de cultivo y riego por parte de los agricultores
- Poco incentivo para la innovación técnica en la agricultura.
- Poca participación de los usuarios en los trabajos
- Falta de capacitación a los usuarios en cultivo y riego
- Inexistencia de créditos adecuados para las necesidades de los agricultores



- Estructura de Captación Inestable.
- Ineficiente organización de uso del recurso hídrico.
- Filtración de agua a lo largo del canal.

A partir de estos planteamientos, se han establecido las siguientes causas del problema central:

 **Causa directa:**

- Déficit de agua para riego
- Bajo Nivel Tecnológico del cultivo.

 **Causas Indirectas:**

- Insuficiente disponibilidad de agua para riego
- Ineficiencias en la gestión del agua para riego
- Infraestructura de riego en mal estado
- Ineficiencias en el control y medición del agua
- Deficiente manejo de técnicas de riego
- Deficiente distribución, operación y mantenimiento
- Baja eficiencia de aplicación de riego

La limitada oferta de agua en este sector se debe principalmente al alto grado de pérdida de agua en la conducción y distribución hacia las parcelas.

### **Análisis de Efectos del Problema**

Tomando el análisis de causas del problema principal, se define los siguientes efectos principales:

 **Efectos Directos:**

- Bajo nivel de ingreso de los agricultores
- Menor oferta de productos agrícolas

 **Efectos Indirectos:**

- Incremento del flujo migratorio
- Incremento del desempleo en el medio rural
- Abandono total o parcial de la actividad agrícola
- Desabastecimiento alimentario
- Agricultura a nivel de subsistencia
- Devaluación del valor de venta de predios agrícolas.

Enunciado los análisis de causas y efectos, podemos inferir que la calidad de vida de los agricultores usuarios del Canal Santa Elena San Blas, está siendo afectada en su bienestar presente y futuro. Siendo necesaria la atención inmediata de los problemas identificados, teniendo como principales actores a los beneficiarios agrupados en la Comisión de Regantes beneficiada y representados para gestiones mayores por la Junta de Usuarios del Distrito de Riego Chancay - Huaral, que gestiona ante entidades del Gobierno Central, Regional y Local, la asignación de recursos financieros necesarios para la ejecución del proyecto.

**Efecto Final:**

Bajo Nivel socio económico de los agricultores. A continuación, se muestra el árbol de problemas (causas y efectos) del proyecto:

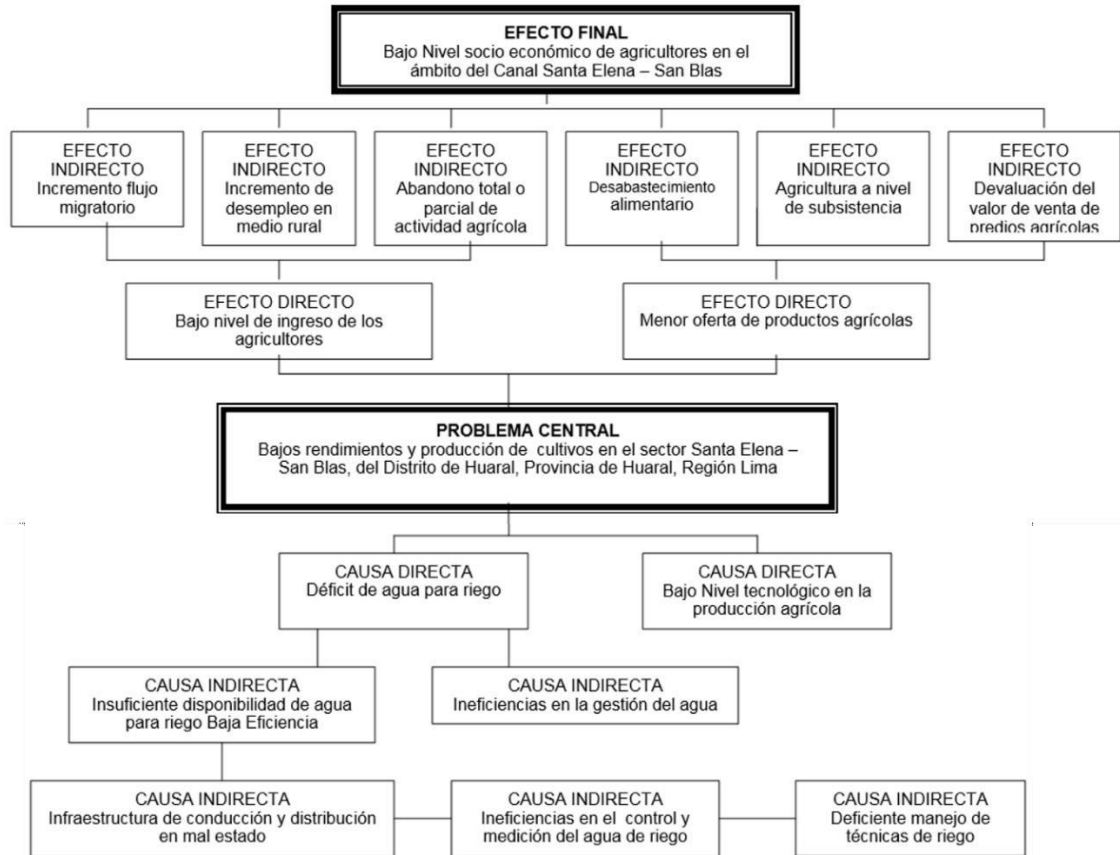


Figura 29: Elaboración del Árbol de Problema

**Importancia de la Causa Crítica**

La causa crítica del presente proyecto es el déficit de agua para riego, originado por un sistema de conducción sin elementos de control ni regulación y a los altos niveles de colmatación del canal principal y laterales debido al ingreso de altos contenidos de sedimentos, originando a su vez que las áreas de cultivo más alejadas de la toma, el recurso hídrico no llegue en forma oportuna y en volúmenes adecuados, poniendo en peligro las campañas agrícolas anuales.



El canal Santa Elena - San Blas tiene una longitud total de 4,845m de los cuales 1,185 m se encuentran revestido con concreto simple de sección trapezoidal y 3,660 m sin revestir, también existe tomas laterales con compuerta tipo izaje en mal estado y alcantarillas de concreto armado en buen estado; de los 3,660 m sin revestir, la sección es variable con tendencia a la rectangular, mostrando las dimensiones promedio siguientes: 1.00m de plantilla, 0.50m de alto. A lo largo de su recorrido (progresiva 1+185 hasta 4+845) presenta 13 tomas laterales con compuerta de 0.50 x 1.20 en malas condiciones y 21 tomas rusticas, así mismo existen alcantarillas de concreto armado en buen estado.



*Figura 31: Inicio del Canal de Santa Elena*

*Fuente: Junta de Usuarios Chancay - Huaral*

En el canal Santa Elena, materia del proyecto a partir de la progresiva 1+185 hasta 4+845 es de tierra (3,660 m), a partir de esta progresiva tiene un caudal 0.200 m<sup>3</sup>/s., los trabajos de mejoramiento que se realicen después de esta progresiva permitirán reducir en el sector de Santa Elena – San Blas fundamentalmente las pérdidas de conducción y mejorar el riego de unas 140.86 has actuales en producción y

posibilitando la ampliación de otras 55 has y así cubrir con las 195.86 has totales bajo riego.



*Figura 32: Canal Rústico de Santa Elena*  
*Fuente: Junta de Usuarios Chancay - Huaral*

En las presentes vistas se aprecia el trazo existente del canal rústico (con presencia de vegetación en los taludes y bordes), la capacidad actual es de aproximadamente 200 l/s y el caudal disponible es de hasta 260 l/s en temporada de avenidas, de acuerdo con información proporcionada por la Comisión de Regantes Chancay Alto que agrupa a la organización de usuarios de aguas de riego de la zona. También se puede apreciar también el desarrollo de los trabajos topográficos con participación de los beneficiarios quienes están a la expectativa de la viabilidad del proyecto.





*Figura 33: Levantamiento topográfico del Canal Rústico de Santa Elena*  
*Fuente: Junta de Usuarios Chancay - Huaral*



*Figura 34: Levantamiento topográfico del Canal Rústico de Santa Elena*  
*Fuente: Junta de Usuarios Chancay - Huaral*

En la vista de arriba se observa el canal lleno de malezas y árboles.



*Figura 35: Tramo de canal en ladera de cerro con material rocoso*

*Fuente: Junta de Usuarios Chancay - Huaral*

En la vista de arriba se aprecia tramo de canal en ladera de cerro con material rocoso.

En las vistas mostradas se aprecia algunas de las tomas laterales existentes que serán mejoradas e implementadas con compuerta metálica de izaje para la regulación de caudales. Al fondo se observa cultivos de pan llevar.



*Figura 36: Tomas laterales con compuerta tipo izaje*

*Fuente: Junta de Usuarios Chancay - Huaral*





*Figura 37: Tomas laterales con compuerta tipo izaje*

*Fuente: Junta de Usuarios Chancay - Huaral*



*Figura 34: Toma lateral rústica a ser mejorada del Canal de Santa Elena*

*Fuente: Junta de Usuarios Chancay - Huaral*

En la presente vista se aprecia una toma lateral rustica existente que serán mejoradas e implementadas con compuerta metálica de izaje para la regulación de caudales.

En los meses de avenida (diciembre - mayo) la oferta de agua existente es más que suficiente para las 195.86 has existentes, en cambio en los meses de estiaje (septiembre a noviembre) no se logra cubrir la demanda de agua para estos por lo que sólo llegan a cubrir las 140.86 has., debido a las altas pérdidas de agua por filtración a partir de la progresiva 1+185, ya que desde este punto el canal se encuentra sin revestir. Para verificar las pérdidas por efectos de filtración, tal como se mencionó en el párrafo anterior, se ha determinado los aforos correspondientes a lo largo de 1,500 mts, representativos a partir de la progresiva 2+000 a fin de corroborar las permeabilidades y el nivel de conducción que este canal presenta en la actualidad.

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS

➤ Según el objetivo donde deseamos hacer un diagnóstico del estado actual de la infraestructura de riego tramo 1+185 hasta 4+845 en el Sector de Santa Elena – San Blas y aproximar el costo de su mejoramiento, se hizo el mismo del estado actual de la infraestructura de riego en el Sector de Santa Elena – San Blas, donde se pudo observar que tiene una longitud total de 4,845m de los cuales 1,185 m y estos se encuentran revestidos con concreto simple de sección trapezoidal y 3,660 m sin revestir, también existe tomas laterales con compuerta tipo izaje en mal estado y alcantarillas de concreto armado en buen estado; de los 3,660 m sin revestir, la sección es variable con tendencia a la rectangular, mostrando las dimensiones promedio siguientes: 1.00m de plantilla, 0.50m de alto. A lo largo de su recorrido (progresiva 1+185 hasta 4+845) presenta 13 tomas laterales con compuerta de 0.50 x 1.20 en malas condiciones y 21 tomas rusticas, así mismo existen alcantarillas de concreto armado en buen estado.

En el canal Santa Elena, materia del trabajo de suficiencia profesional, a partir de la progresiva 1+185 hasta 4+845 es de tierra (3,660 m), a partir de esta progresiva tiene un caudal 0.200 m<sup>3</sup>/s., los trabajos de mejoramiento que se realicen después de esta progresiva permitirán reducir en el sector de Santa Elena – San Blas fundamentalmente las pérdidas de conducción y mejorar el riego de unas 140.86 has actuales en producción y posibilitando la ampliación de otras 55 has y así cubrir con las 195.86 has totales bajo riego.

En el tramo del canal rústico (con presencia de vegetación en los taludes y bordes), la capacidad actual es de aproximadamente 200 l/s y el caudal disponible es de hasta 260 l/s en temporada de avenidas, de acuerdo con información proporcionada

por la Comisión de Regantes Chancay Alto que agrupa a la organización de usuarios de aguas de riego de la zona.

En los meses de avenida (diciembre - mayo) la oferta de agua existente es más que suficiente para las 195.86 has existentes, en cambio en los meses de estiaje (septiembre a noviembre) no se logra cubrir la demanda de agua para estos por lo que sólo llegan a cubrir las 140.86 has., debido a las altas pérdidas de agua por filtración a partir de la progresiva 1+185, ya que desde este punto el canal se encuentra sin revestir.

Para verificar las pérdidas por efectos de filtración, tal como se mencionó en el párrafo anterior, se ha determinado los aforos correspondientes a lo largo de 1,500 m, representativos a partir de la progresiva 2+000 a fin de corroborar las permeabilidades y el nivel de conducción que este canal presenta en la actualidad.

➤ Según el objetivo de medir el aforo del caudal actual de entrada y optimizar el gasto del cauce de la infraestructura de riego tramo 1+185 hasta 4+845 en el Sector de Santa Elena – San Blas, se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 11**

*Situación Actual del Canal Santa Elena – San Blas Progresiva 1+185 Al 4+845*

PUNTO	PROGRESIVA	SECCION	LONGITUD	AFORO (m <sup>3</sup> /s)		VARIACION	EFICIENCIA	PERIMETRO MOJADO (m)			AREA MOJADA
				Q inicial	Q final			Q (m <sup>3</sup> /s)	(%)	INICIAL	
CONTROL	INICIO - FIN	DEL CANAL	(m)								(m <sup>2</sup> )
PC-01	2+000 2+300	Irregular	300	0.225	0.198	0.027	88.00%	1.535	1.475	1.505	451.5
PC-02	2+300 2+800	Irregular	500	0.198	0.14	0.058	70.71%	1.475	1.405	1.44	720
PC-03	2+800 3+300	Irregular	500	0.14	0.118	0.022	84.29%	1.43	1.42	1.425	712.5
PC-04	3+300 3+500	Irregular	200	0.118	0.105	0.013	88.98%	1.45	1.31	1.38	276
			1500								
<b>EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN</b>				<b>46.67%</b>							

*Fuente: Elaboración Propia*

Efectuando la evaluación de campo, respecto a capacidad conductiva del canal y permeabilidad del canal, se ha detectado tramos críticos que requieren urgente atención, por presentar elevadas pérdidas, correspondiendo las mayores permeabilidades (entre 2,667.79 a 6,960.00 lts/m<sup>2</sup>/día) a tramos del canal afectado por

incremento del espejo de agua (sección irregular) y por carecer de compuertas laterales.

➤ Según el objetivo de plantear una propuesta técnica competente para mejorar la eficiencia de conducción de la infraestructura de riego tramo 1+185 hasta 4+845 en el Sector de Santa Elena – San Blas, se consideró lo siguiente:

Para el presente trabajo se ha analizado una alternativa de solución con la finalidad de disminuir las pérdidas por filtración (reducirlas a 50 l/m<sup>2</sup>/día) y mejorar la gradiente hidráulica del canal existente en el tramo a revestir y permitir, a través del camino de servicio a construir en la mayor parte de su longitud, la ejecución de una adecuada operación y mantenimiento del canal.

Por tanto, como alternativa inmediata de mitigación de efectos del problema central, se ha priorizado el mejoramiento del canal y construcción de obras de arte conforme al siguiente detalle:

Mejoramiento del Canal Santa Elena – San Blas a partir de la progresiva 1+185 hasta 4+845 que consiste en:

- ❖ Revestimiento del canal con concreto simple  $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$  en una longitud total de 3,660.00 ml.
- ❖ Construcción de 34 tomas laterales con concreto simple  $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$  y instalación de sus respectivas compuertas.
- ❖ Construcción de un partididor con concreto simple  $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$  y la instalación de sus respectivas compuertas.
- ❖ Construcción de un puente vehicular con concreto simple  $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$  y losa concreto armado de  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ .



- ❖ Construcción de 04 puentes peatonales con concreto armado de  $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$  y losa concreto armado de  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ .
- ❖ Instalación de 03 entregas de agua de desagüe de los terrenos de cultivo.
- ❖ Mitigación ambiental.
- ❖ Capacitación.

La alternativa de solución incluye, además de la construcción de un Sistema Integral de Riego (conducción y distribución), un paquete integral de cursos de capacitación y asistencia técnica.

### • Alternativa

**Tabla 12**

*Sistema integral de riego*

DESCRIPCION	CANT.	UND.	MATERIAL
Revestimiento de canal (Trapezoidal)	3,435	m.	Concreto Simple $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ , $e= 7.5 \text{ cms}$ .
Revestimiento de canal rectangular	440	m	Concreto Simple $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ , $e=10 \text{ cms}$
Construcción de tomas laterales	37	Und.	Concreto $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$
Construcción de partidor	1	Und	Concreto $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$
Construcción de puente vehicular	1	Und	Concreto $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ y Losa $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$
Caudal			0.250 m <sup>3</sup> /s.
Pendiente			1.40 ‰ - 6.5 ‰
Áreas a mejorar			140.86 has.
Áreas a incorporar			55.00 has.
Familias a beneficiar			236

*Fuente: Elaboración propia*



*Figura 39: Mejoramiento del Canal Santa Elena – San Blas*

### **Obras Propuestas**

Las obras propuestas comprenden:

#### **a. Canal de Conducción:**

El tramo del Canal a revestirse inicia en la progresiva 1+ 185 del canal Santa Elena – San Blas y será revestido con concreto simple  $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$  en una longitud de 3,660 ml mejorando la eficiencia de conducción. Cabe indicar que se revestirá 3,435 ml de canal con sección trapezoidal con un espesor de muro y piso de 0.075 m. y 225 ml de canal rectangular con espesor de muro y piso de 0.10 m. (Secciones diferentes ver diseño hidráulico y planos).

#### **b. Tomas laterales:**

Se construirán 34 tomas laterales de concreto simple  $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$  que se ubican en todo el recorrido del canal. Así mismo se instalarán 34 compuertas tipo izaje para un mejor control y distribución del recurso hídrico. La longitud del canal para la instalación de las tomas laterales será de 1.15 m con una sección de 0.50 de ancho con

0.55 de alto el espesor de piso sera de 0.12 m y el espesor de muros es 0.15 m.; las compuertas seran de 0.50 x 0.45 x 0.90m. (ver plano de diseño).

**c. Partidor:**

Se contruira 01 partidor de concreto simple  $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$  que se ubicara en la progresiva 2+153.80. Asi mismo se instalaran sus compuertas tipo izaje para un mejor control y distribución del recurso hídrico. La longitud del canal para la instalación de la toma de distribucion lateral sera de 1.15 m con una sección de 0.50 de ancho con 0.55 de alto el espesor de piso sera de 0.12 m y el espesor de muros es 0.15 m.; las compuertas seran de 0.50 x 0.45 x 0.90m. (ver plano de diseño).

**d. Puente vehicular:**

Se contruira 01 punte vehicular con cocreto ciclopeo  $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$  los estribos o muros, losa de concreto armado  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$  y sus respectivas transiciones de concreto simple  $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$  que se ubicará en la progresiva 1+335.50 (ver plano de diseño).

**e. Puentes peatonales:**

Se construiran 04 puentes peatonales con concreto armado  $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$  los muros y losa de concreto armado  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$  . (ver plano de diseño).

**f. Entrega de agua de desague de riego:**

Se instalaran 03 entregas de agua para desague de terrenos de cultivo que ingresarán al canal a contruir a traves de tuberia PVC de 200 mm.

**g. Mitigación Ambiental**

Se realizará reforestación y eventos de capacitación a los agricultores en manejo de bosques.

**h. Capacitación**



Se ejecutarán eventos de capacitación que permitan a los agricultores optimizar la eficiencia de aplicación parcelaria del agua. Así como instruir a los agricultores en labores de Operación y Mantenimiento de la infraestructura de riego.

### Diseños de la alternativa propuesta

Los diseños hidráulicos planteados son los siguientes:

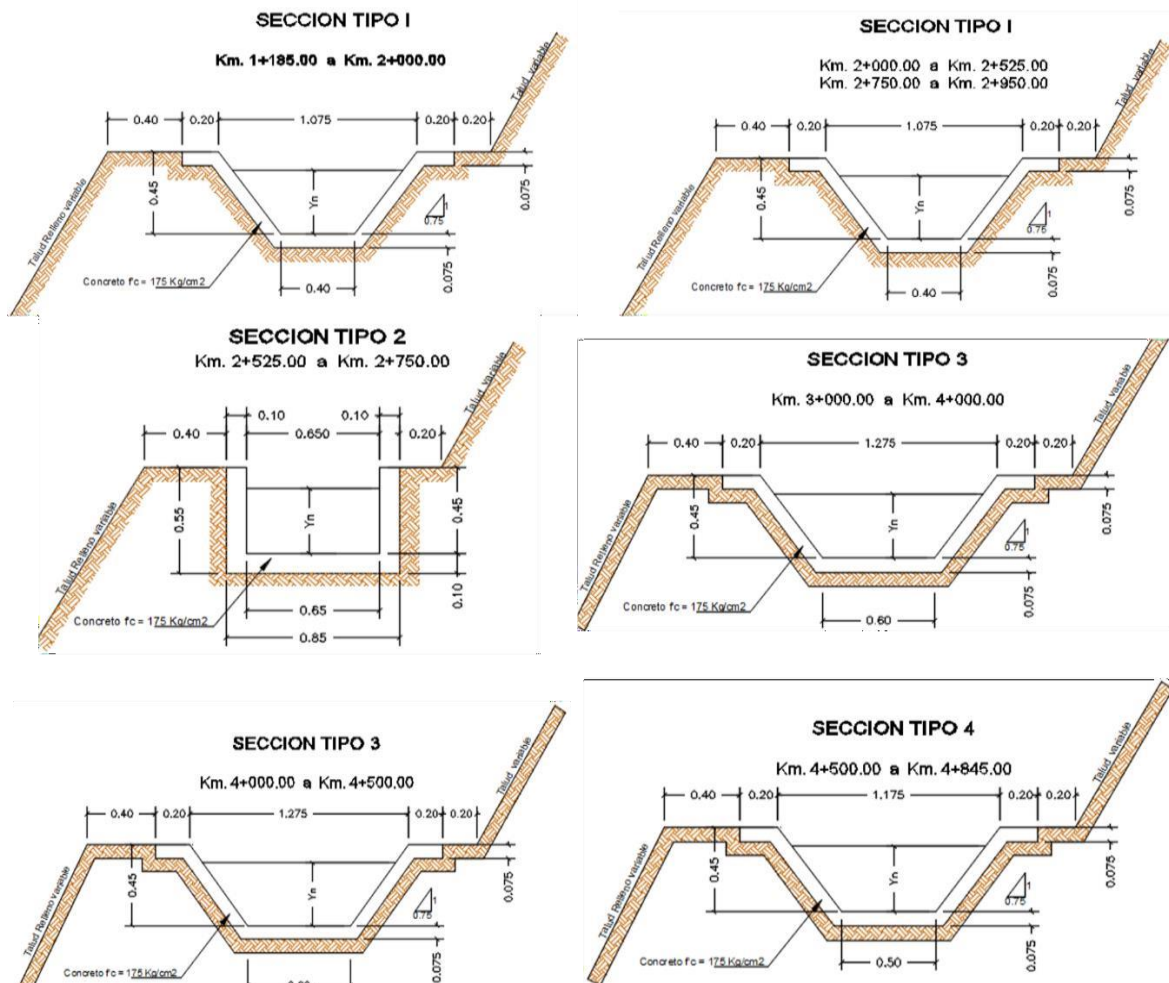


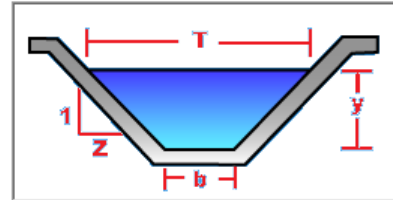
Figura 40: Diseños hidráulicos

### PRUEBA HIDRAULICA CON H-CANALES V 2.0 MAXIMA EFICIENCIA HIDRAULICA

Lugar:	Santa Elena	Proyecto:	MC Santa Elena - San Blas
Tramo:	PROG. 1+185 AL 1+566	Revestimiento:	Concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$

**Datos:**

Caudal (Q):	0.25	m <sup>3</sup> /s
Ancho de solera (b):	0.40	m
Talud (Z):	0.75	
Rugosidad (n):	0.016	
Pendiente (S):	0.0048	m/m



**Resultados:**

Tirante normal (y):	0.3052	m	Perímetro (p):	1.1629	m
Área hidráulica (A):	0.1919	m <sup>2</sup>	Radio hidráulico (R):	0.1650	m
Espejo de agua (T):	0.8577	m	Velocidad (v):	1.3028	m/s
Número de Froude (F):	0.8794		Energía específica (E):	0.3917	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Subcrítico				

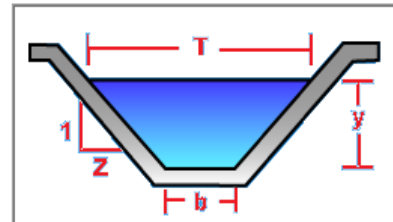
Figura 41: Prueba Hidráulica con H. Canales V 2.0

Se adopta una altura total de 0.45 m

Lugar:	SANTA ELENA	Proyecto:	M.C.Santa Elena - San Blas
Tramo:	Prog. 1+566.00 AL 2+153.80	Revestimiento:	Concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$

**Datos:**

Caudal (Q):	0.25	m <sup>3</sup> /s
Ancho de solera (b):	0.40	m
Talud (Z):	0.75	
Rugosidad (n):	0.016	
Pendiente (S):	0.0036	m/m



**Resultados:**

Tirante normal (y):	0.3299	m	Perímetro (p):	1.2247	m
Área hidráulica (A):	0.2136	m <sup>2</sup>	Radio hidráulico (R):	0.1744	m
Espejo de agua (T):	0.8948	m	Velocidad (v):	1.1705	m/s
Número de Froude (F):	0.7650		Energía específica (E):	0.3997	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Subcrítico				

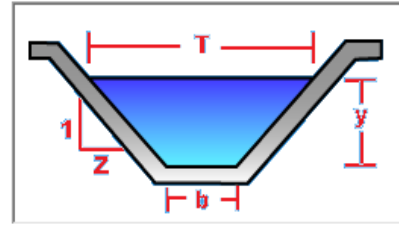
Figura 42: Prueba Hidráulica con H. Canales V 2.0

Se adopta una altura total de 0.45 m

Lugar:	<input type="text" value="SANTA ELENA"/>	Proyecto:	<input type="text" value="M.C.Santa Elena - San Blas"/>
Tramo:	<input type="text" value="Prog. 2+153.80 AL 2+525.00"/>	Revestimiento:	<input type="text" value="Concreto f'c = 175kg/cm2"/>

**Datos:**

Caudal (Q):	<input type="text" value="0.25"/>	m <sup>3</sup> /s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="0.40"/>	m
Talud (Z):	<input type="text" value="0.75"/>	
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.016"/>	
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.0030"/>	m/m



**Resultados:**

Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.3465"/>	m	Perímetro (p):	<input type="text" value="1.2661"/>	m
Area hidráulica (A):	<input type="text" value="0.2286"/>	m <sup>2</sup>	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.1806"/>	m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.9197"/>	m	Velocidad (v):	<input type="text" value="1.0936"/>	m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="0.7003"/>		Energía específica (E):	<input type="text" value="0.4074"/>	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Subcrítico"/>				

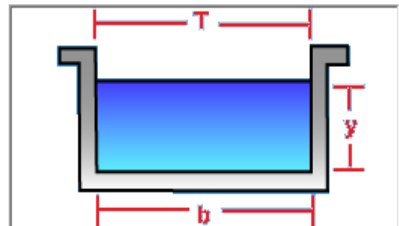
Figura 43: Prueba Hidráulica con H. Canales V 2.0

Se adopta una altura total de 0.45 m

Lugar:	<input type="text" value="SANTA ELENA"/>	Proyecto:	<input type="text" value="M.C.Santa Elena - San Blas"/>
Tramo:	<input type="text" value="Prog. 2+525.00 AL 2+675.00"/>	Revestimiento:	<input type="text" value="Concreto f'c = 175kg/cm2"/>

**Datos:**

Caudal (Q):	<input type="text" value="0.25"/>	m <sup>3</sup> /s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="0.65"/>	m
Talud (Z):	<input type="text" value="0.00"/>	
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.016"/>	
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.0030"/>	m/m



**Resultados:**

Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.3638"/>	m	Perímetro (p):	<input type="text" value="1.3775"/>	m
Area hidráulica (A):	<input type="text" value="0.2365"/>	m <sup>2</sup>	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.1716"/>	m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.6500"/>	m	Velocidad (v):	<input type="text" value="1.0573"/>	m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="0.5597"/>		Energía específica (E):	<input type="text" value="0.4207"/>	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Subcrítico"/>				

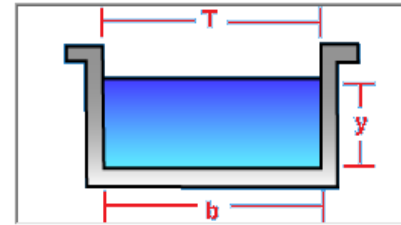
Figura 44: Prueba Hidráulica con H. Canales V 2.0

Se adopta una altura total de 0.45 m

Lugar:	<b>SANTA ELENA</b>	Proyecto:	<b>M.C.Santa Elena - San Blas</b>
Tramo:	<b>Prog. 2+675.00 AL 2+750.00</b>	Revestimiento:	<b>Concreto <math>f'c = 175\text{kg/cm}^2</math></b>

**Datos:**

Caudal (Q):	<b>0.25</b>	m <sup>3</sup> /s
Ancho de solera (b):	<b>0.65</b>	m
Talud (Z):	<b>0.00</b>	
Rugosidad (n):	<b>0.016</b>	
Pendiente (S):	<b>0.0065</b>	m/m



**Resultados:**

Tirante normal (y):	<b>0.2725</b>	m	Perímetro (p):	<b>1.1950</b>	m
Área hidráulica (A):	<b>0.1771</b>	m <sup>2</sup>	Radio hidráulico (R):	<b>0.1482</b>	m
Espejo de agua (T):	<b>0.6500</b>	m	Velocidad (v):	<b>1.4113</b>	m/s
Número de Froude (F):	<b>0.8632</b>		Energía específica (E):	<b>0.3740</b>	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<b>Subcrítico</b>				

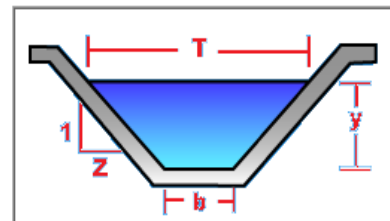
Figura 45: Prueba Hidráulica con H. Canales V 2.0

Se adopta una altura total de 0.45 m

Lugar:	<b>SANTA ELENA</b>	Proyecto:	<b>M.C.Santa Elena - San Blas</b>
Tramo:	<b>Prog. 2+750.00 AL 2+950.00</b>	Revestimiento:	<b>Concreto <math>f'c = 175\text{kg/cm}^2</math></b>

**Datos:**

Caudal (Q):	<b>0.25</b>	m <sup>3</sup> /s
Ancho de solera (b):	<b>0.40</b>	m
Talud (Z):	<b>0.75</b>	
Rugosidad (n):	<b>0.016</b>	
Pendiente (S):	<b>0.0065</b>	m/m



**Resultados:**

Tirante normal (y):	<b>0.2808</b>	m	Perímetro (p):	<b>1.1021</b>	m
Área hidráulica (A):	<b>0.1715</b>	m <sup>2</sup>	Radio hidráulico (R):	<b>0.1556</b>	m
Espejo de agua (T):	<b>0.8213</b>	m	Velocidad (v):	<b>1.4578</b>	m/s
Número de Froude (F):	<b>1.0185</b>		Energía específica (E):	<b>0.3892</b>	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<b>Supercrítico</b>				

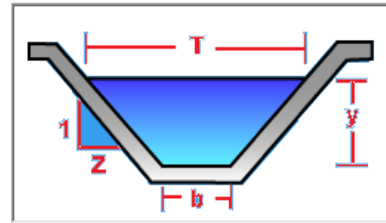
Figura 46: Prueba Hidráulica con H. Canales V 2.0

Se adopta una altura total de 0.45 m

Lugar:	<input type="text" value="SANTA ELENA"/>	Proyecto:	<input type="text" value="M.C.Santa Elena - San Blas"/>
Tramo:	<input type="text" value="Prog. 2+950.00 AL 4+500.00"/>	Revestimiento:	<input type="text" value="Concreto f'c = 175kg/cm2"/>

**Datos:**

Caudal (Q):	<input type="text" value="0.25"/>	m <sup>3</sup> /s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="0.60"/>	m
Talud (Z):	<input type="text" value="0.75"/>	
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.016"/>	
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.0014"/>	m/m



**Resultados:**

Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.3539"/>	m	Perímetro (p):	<input type="text" value="1.4847"/>	m
Area hidráulica (A):	<input type="text" value="0.3062"/>	m <sup>2</sup>	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.2063"/>	m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="1.1308"/>	m	Velocidad (v):	<input type="text" value="0.8164"/>	m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="0.5009"/>		Energía específica (E):	<input type="text" value="0.3878"/>	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Subcrítico"/>				

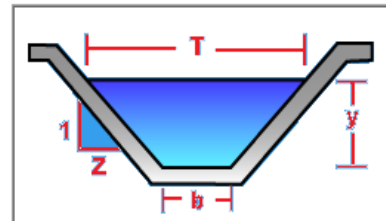
Figura 47: Prueba Hidráulica con H. Canales V 2.0

Se adopta una altura total de 0.45 m

Lugar:	<input type="text" value="SANTA ELENA"/>	Proyecto:	<input type="text" value="M.C.Santa Elena - San Blas"/>
Tramo:	<input type="text" value="Prog. 2+950.00 AL 4+500.00"/>	Revestimiento:	<input type="text" value="Concreto f'c = 175kg/cm2"/>

**Datos:**

Caudal (Q):	<input type="text" value="0.25"/>	m <sup>3</sup> /s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="0.50"/>	m
Talud (Z):	<input type="text" value="0.75"/>	
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.016"/>	
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.0025"/>	m/m



**Resultados:**

Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.3290"/>	m	Perímetro (p):	<input type="text" value="1.3226"/>	m
Area hidráulica (A):	<input type="text" value="0.2457"/>	m <sup>2</sup>	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.1858"/>	m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.9935"/>	m	Velocidad (v):	<input type="text" value="1.0175"/>	m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="0.6532"/>		Energía específica (E):	<input type="text" value="0.3818"/>	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Subcrítico"/>				

Figura 48: Prueba Hidráulica con H. Canales V 2.0

Se adopta una altura total de 0.45 m

**Tabla 13**
*Resultados*

Tipo	Progresiva			Carácter. Geométricas			Características Hidráulicas											
	Desde	Hasta	Longitud	B	H	Z	Q	Y	V	E	S	n	A	P	R	T	NF	BL
Sección	Km	Km	ML	m	m	adim.	m <sup>3</sup> /s	m	m/s	m	m/m		m <sup>2</sup>	m	m	m	adim.	m
Tipo 1	1+185.00	1+566.00	381	0.4	0.45	0.75	0.25	0.3052	1.3028	0.3917	0.0048	0.0016	0.1919	1.1629	0.165	0.8577	0.8794	0.09
Tipo 1	1+566.00	2+153.80	587.8	0.4	0.45	0.75	0.25	0.3299	1.1744	0.3997	0.0036	0.0016	0.2136	1.2247	0.1744	0.8948	0.765	0.1
Tipo 1	2+153.80	2+525.00	371.2	0.4	0.45	0.75	0.25	0.3465	1.0936	0.4074	0.003	0.0016	0.2286	1.2661	0.1806	0.9197	0.7003	0.1
Tipo 2	2+525.00	2+675.00	150	0.65	0.45	0	0.25	0.3638	1.0573	0.4207	0.003	0.0016	0.2365	1.3775	0.1716	0.65	0.5597	0.11
Tipo 2	2+675.00	2+750.00	75	0.65	0.45	0	0.25	0.2725	1.4113	0.374	0.0065	0.0016	0.1771	1.195	0.1482	0.65	0.8632	0.08
Tipo 1	2+750.00	2+950.00	200	0.4	0.45	0.75	0.25	0.2808	1.4578	0.3892	0.0065	0.0016	0.1715	1.1021	0.1556	0.8213	1.0185	0.08
Tipo 3	2+950.00	4+500.00	1550	0.6	0.45	0.75	0.25	0.3539	0.8164	0.3878	0.0014	0.0016	0.3062	1.4847	0.2063	1.1308	0.5009	0.11
Tipo 4	4+500.00	4+845.00	345	0.5	0.45	0.75	0.25	0.329	1.0175	0.3818	0.0025	0.0016	0.2457	1.3226	0.1858	0.9935	0.6532	0.1
Total			3660															

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 14**
*Determinación de la Eficiencia de Conducción y Permeabilidad Futura*

PROGRESIVA		SECCION DEL CANAL	LONGITUD (m)	AFORO(m <sup>3</sup> /s)		VARIACION Q(m <sup>3</sup> /s)	Eficiencia (%)	PERIMETRO MOJADO (m)			AREA MOJADA (m <sup>2</sup> )	PERMEABILIDAD (l/m <sup>2</sup> /día)
INICIO-FIN				Q.inicial	Q.final			INICIAL	FINAL	PROMEDIO		
2+000	2+300	Trapezoidal	300	0.225	0.222	0.003	98.83%	1.512	1.12	1.512	453.669	50.00
2+300	2+800	Trapezoidal	500	0.222	0.218	0.004	98.13%	1.475	1.41	1.440	720.000	50.00
2+800	3+300	Trapezoidal	500	0.218	0.214	0.004	98.11%	1.430	1.42	1.425	712.500	50.00
3+300	3+500	Trapezoidal	200	0.214	0.212	0.002	99.25%	1.450	1.31	1.380	276.000	50.00

Fuente: Elaboración propia

**Costos del Estudio:**

Los costos del estudio corresponden a la inclusión de las siguientes especialidades que intervienen como contenido del Estudio Definitivo, es decir el costo del expediente técnico es de S/ 20,563 y que en la práctica profesional indica que éste es aproximadamente el 3% de costo de la obra más IGV, se resumen en la Tabla N° 15.

**Tabla 15**

*Costo Expediente Técnico*

Ítem	Descripción	Costo Parcial
1.00	Topografía	6,500.00
2.00	Estudio Geológico - Geotécnico	2,500.00
3.00	Hidrología e Hidráulica	1,500.00
4.00	Impacto Ambiental	1,200.00
5.00	Planeamiento y Evaluación Económica	1,200.00
6.00	Elaboración de Expediente Técnico	7,663.48
<b>Costo Total (S/)</b>		<b>20,563.48</b>

*Fuente: Elaboración Propia*

**Costos de la Infraestructura de Riego**

El costo aproximado para el mejoramiento del canal de riego en el Sector Santa Elena, tramo 1+185 hasta 4+845, resultaría un costo total aproximado de S/ 836,248 soles, incluido gastos generales, utilidades e IGV. Los costos de obra de riego para la alternativa propuesta se resumen en la Tablas 16:

**Tabla 16:**

*Presupuesto base – Alternativa Propuesta*

Presupuesto	0502004 MEJORAMIENTO DEL CANAL DE SANTA ELENA- SAN BLAS, DISTRITO DE HUARAL, PROVINCIA HUARAL- LIMA				
Subpresupuesto	001 MEJORAMIENTO DEL CANAL DE SANTA ELENA- SAN BLAS, DISTRITO DE HUARAL, PROVINCIA HUARAL- LIMA				
Cliente	JUNTA DE USUARIOS CHANCAY - HUARAL				Costo al 25/02/2018
Lugar	LIMA-HUARAL-HUARAL				
Ítem	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/	Precio S/
1	OBRAS PROVINCIALES				17,966.93
01	CONSTRUCCION DE CAMPAMENTO PROVISIONAL	glb	1.00	2,436.12	2,436.12

1.02	CARTEL DE IDENTIFICACION DE OBRA 3.60 x 4.80M	u	1.00	1,459.40	1,459.40
1.03	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	glb	1.00	6,712.88	6,712.88
1.04	HABILITACION PROVISIONAL DE CAMINOS DE ACCESO	km	2.50	2,946.41	7,358.53
2	OBRAS PRELIMINARES				41,634.30
2.01	TALA Y RETIRO DE ARBOLES	u	200.00	31.01	6,202.00
2.02	LIMPIEZA Y DESBORCE DE TERRENO MANUAL	m2	7,320.00	3.09	22,618.80
2.03	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO DE CANALES	km	3.66	1,259.89	4,611.20
2.04	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO EN OBRAS DE ARTE	m2	304.00	4.41	1,340.64
2.05	CONTROL, TOPOGRAFICO EN EJECUCION DE OBRA	km	3.66	1,552.38	5,681.71
2.06	DEMOLICION DE ESTRUCTURA DE CONCRETO SIMPLE	m3	22.70	51.98	1,179.95
3	REVESTIMIENTO DE CANAL CON CONCRETO				395,060.45
3.01	EXCAVACION DE CAJA DE CANAL A MANO-MATERIAL SUELTO	m3	675.25	40.25	27,178.81
3.02	EXCAVACION MANUEL EN ROCA SUELTA	m3	275.85	11.19	3,086.76
3.03	EXCAVACION EN ROCA DURA	m3	130.45	11.97	1,561.49
3.04	REFINE DE TALUD Y FONDO DE CANAL	m3	5,563.20	4.33	24,088.66
3.05	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	m3	182.55	36.96	6,747.05
3.06	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE PRESTAMO	m3	115.75	77.27	8,944.00
3.07	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE HASTA 35 M (A mano)	m3	899.00	34.56	31,069.44
3.08	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CANALES C/CERCHAS	u	1,146.00	35.72	40,935.12
3.09	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CANALES	m2	450.00	44.08	19,866.00
3.1	CONCRETO SIMPLE $f_c = 175 \text{ kg/cm}^2$	m3	586.91	365.41	214,462.78
3.11	JUNTAS ASFALTICAS $e = 1'' @ 3.0 \text{ m}$	m	2,507.36	6.84	17,150.34
4	TOMAS LATERALES				54,793.96
4.01	EXCAVACION DE TIERRA A MANO	m3	93.00	40.25	3,743.25
4.02	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	m3	27.37	36.96	1,011.60
4.03	CONCRETO SIMPLE $f_c = 175 \text{ kg/cm}^2$	m3	37.16	365.41	13,578.64
4.04	ENCHAPE CON MAMPOSTERIA DE PIEDRA	m3	8.84	154.33	1,364.28
4.05	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE OBRAS DE ARTE	m2	309.68	44.08	13,650.69
4.06	JUNTAS ASFALTICAS $E = 1''$	m	136.00	6.84	930.24
4.07	COMPUERTAS FIERRO SIST. DE IZAJE DE 0.50X0.45X 0.90 M	u	34.00	603.39	20,515.26
5	PARTIDOR				2,747.94
5.01	EXCAVACION DE TIERRA A MANO	m3	3.78	40.25	152.15
5.02	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	m3	0.87	36.96	32.16
5.03	CONCRETO SIMPLE $f_c = 175 \text{ kg/cm}^2$	m3	1.53	365.41	559.08
5.04	ENCHAPE CON MAMPOSTERIA DE PIEDRA	m3	0.26	154.33	40.13



5.05	ENCONFRADO Y DESENCOFRADO DE OBRAS DE ARTE	m2	12.05	44.08	531.16
5.06	ACERO CORRUGADO Fy=4200 kg/cm <sup>2</sup> GRADO 60	kg	8.12	4.39	35.65
5.07	JUNTAS ASFALTICAS E =1°	m	4.00	6.84	27.36
5.08	COMPUERTAS FIERRO SIST.DE IZAJE DE 0.50 X 0.45 X 0.90 M	u	1.00	603.39	603.39
5.09	COMPUERTAS FIERRO SIST.DE IZAJE DE 0.80 X 0.45 X 0.90 M	u	1.00	766.86	766.86
6	PUENTE VEHICULAR				9,206.74
6.01	EXCAVACION DE TIERRA A MANO	m3	8.06	40.25	324.42
6.02	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	m3	2.52	36.96	93.14
6.03	CONCRETO CICLOPEO fc=175 kg/cm <sup>2</sup> +30% P.G CON MEZCLADORA	m3	9.33	299.12	2,790.79
6.04	CONCRETO SIMPLE fc = 175 kg/ cm <sup>2</sup>	m3	2.66	365.41	971.99
6.05	CONCRETO fc=210 kg/cm <sup>2</sup>	m3	1.68	381.76	641.36
6.06	ENCONFRADO Y DESENCONFRADO DE OBRAS DE ARTE	m2	52.08	44.08	2295.69
6.07	ACERO CORRUGADO fy=4200 kg /cm <sup>2</sup> GRADO 60	kg	449.11	4.39	1,971.59
6.08	JUNTA WATER STOP DE PVC 6"	m	6.00	32.96	197.76
7	PUENTE PEATONAL				6,465.76
7.01	EXCAVACION DE TIERRA A MANO	m3	7.84	40.25	315.56
7.02	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	m3	3.36	36.96	124.19
7.03	CONCRETO SIMPLE fc=175 kg/cm <sup>2</sup>	m3	4.48	365.41	1,637.04
7.04	CONCRETO fc = 210 kg/cm <sup>2</sup>	m3	1.85	381.76	706.26
7.05	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE OBRAS DE ARTE	m2	50.40	44.08	2,221.63
7.06	ACERO CORRUGADO fy=4200 kg /cm <sup>2</sup> GRADO 60	kg	332.82	4.39	1,461.08
8	ENTREGA DE AGUA DE DESAGUE				1,181.77
8.01	EXCAVACION DE TIERRA A MANO	m3	4.62	40.25	185.96
8.02	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	m3	3.30	36.96	121.97
8.03	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA PVC D = 200 MM	m	22.00	39.72	873.84
9	FLETE				29,251
9.01	FLETE TERRESTRE	glb	1.00	12,085.36	12,085.36
9.02	FLETE RURAL	glb	1.00	17,166.00	17,166.00
10	MITIGACION AMBIENTAL				15,000.00
10.01	REFORESTACION				11,640.00
10.01.01	TRAZO Y DEMARCAACION DE HOYOS	u	4,000.00	0.25	1,000.00
10.01.02	APERTIRA DE HOYOS	u	4,000.00	0.75	3,000.00
10.01.03	ADQUISICION Y TRANSPORTE DE PLANTONES	u	4,000.00	1.52	6,080.00
10.01.04	SIEMBRA DE PLANTONES	u	4,000.00	0.39	1,560.00
10.02	CONFORMACION DE COMITÉ DE REFORESTACION				860.00

10.02.01	CONFORMACION DE COMITÉ DE REFORESTACION	glb	1.00	860.00	860.00
10.03	EVENTOS DE CAPACITACION				2,500.00
10.03.01	CURSO DE MANEJO DE BOSQUES	glb	1.00	2,500.00	2,500.00
11	CAPACITACION				7,500.00
11.01	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	glb	1.00	3,750.00	3,750.00
11.02	MANEJO ADECUADO DE AGUA	glb	1.00	3,750.00	3,750.00
	COSTO DIRECTO				5 0,889.21
	GASTOS GENERALES (12%)				69,706.71
	UTILIDADES (10%)				58,088.92
	SUB TOTAL				7 0,684.84
	IGV (18%)				1 7,563.27
	COSTO TOTAL				8 6,248.11

*Fuente : Elaboracion Propia*

### **Costos de Supervisión:**

Durante la ejecución de la obra se considerará la supervisión técnica administrativa, la misma que se muestra en el Tabla N° 18. La supervisión se ejecutará a través del ente financiero.

### **Tabla 17**

#### *Costo Supervisión de Obra*

RUBRO	ALTERNATIVA PROPUESTA
Supervisión	S/ 68,544.93

*Fuente: Elaboración propia*

La supervisión, será la encargada de velar por la ejecución física y administrativa durante toda la etapa de la ejecución de la obra (06 meses), informando mensualmente al ente financiero y ejecutor, sobre los progresos, dificultades, modificaciones y/o ampliaciones si lo hubiera, tanto técnicamente como administrativamente.

### **Costos de Mitigación Ambiental:**

Los costos de mitigación ambiental, están incluidos en los costos directos y se resume en la Tabla 18.

**Tabla 18**

*Costo de Mitigación Ambiental*

Ítem	Descripción	Und.	Metrado	P.Unit	Parcial
1.00	Reforestación				11,640.00
1.01	Demarcación de hoyos	Und.	4,000.00	0.25	1,000.00
1.02	Apertura de hoyos	Und.	4,000.00	0.75	3,000.00
1.03	Adquisición y transporte de plántones	Und.	4,000.00	1.52	6,080.00
1.03	Siembra de plántones	Und.	4,000.00	0.39	1,560.00
2.00	Conformación de comités				860.00
2.01	Conf. De comité de reforestación	Gib.	1.00	860.00	860.00
3.00	Eventos de capacitación				2,500.00
3.01	Curso de manejo de bosques	Gib.	1.00	2,500.00	2,500.00
<b>Costo Total (S/)</b>					<b>15,000.00</b>

Fuente: Elaboración Propia

**Costos de Capacitación:**

En esta etapa los beneficiarios serán adiestrados según el “Plan de Desarrollo Agrícola” en las siguientes acciones:

- Capacitación de los agricultores en las prácticas culturales y manejo de sus cultivos fomentado su organización en unidades asociativas y/o servicio.
- Capacitación en técnicas de riego y prácticas de conservación de suelos.
- Organización de los agricultores para administrar y mantener el sistema de riego.
- Divulgación de los procedimientos para obtener créditos de las entidades financieras y capacitación en la adecuada utilización de los mismos.
- Demostración de las prácticas Agronómicas y de riego de las parcelas experimentales.

- Divulgación de las técnicas para un mejoramiento de balance de las raciones alimenticias familiares.
- Supervisión y asesoramiento de los trabajos de habilitación de tierras que ejecuten los beneficiarios en sus parcelas.

Estos costos están incluidos en los costos directos, los cuales se detallan en la Tabla N° 19.

**Tabla 19**

*Capacitación*

No	Descripción	Unid.	Cantidad	Costo unitario	Costo Parcial
1.00	Mantenimiento y operación				S/ 3,750.00
1.01	Expositor	Día	2.00	500.00	1,000.00
1.02	Material logístico	Global	1.00	1,250.00	1,250.00
1.03	Alquiler de local	Día	2.00	200.00	400.00
1.04	Alquiler de equipos	Día	2.00	200.00	400.00
1.05	Refrigerio	Unidad	100.00	50.00	500.00
1.06	Charla practica en campo	Unidad	1.00	200.00	200.00
2.00	Manejo adecuado de agua				S/ 3,750.00
2.01	Expositor	Día	2.00	500.00	1,000.00
2.02	Material logístico	Global	1.00	1,250.00	1,250.00
2.03	Alquiler de local	Día	2.00	200.00	400.00
2.04	Alquiler de equipos	Día	2.00	200.00	40.00
2.05	Refrigerio	Unidad	100.00	5.00	500.00
2.06	Charla practica en campo	Unidad	1.00	200.00	200.00
<b>Costos de la capacitación</b>					<b>S/ 7,500.00</b>

*Fuente: Elaboración Propia*

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES

El presente informe de suficiencia profesional, ha descrito de una manera didáctica el proceso de evaluación de la eficiencia de conducción de la infraestructura de riego tramo 1+185 hasta 4+845, del Sector Santa Elena – San Blas en el distrito y provincia de Huaral, departamento de Lima; a continuación, presentamos las siguientes conclusiones:

- De acuerdo a la evaluación realizada a la infraestructura de riego del sector Santa Elena-San Blas, tenemos que la eficiencia de conducción actual es de 46.67%.
- Se realizó el diagnóstico de la infraestructura de riego existente determinándose la capacidad conductiva y permeabilidad del canal, también se ha detectado tramos críticos que requieren urgente atención, por presentar elevadas pérdidas, correspondiendo las mayores permeabilidades (entre 2,667.79 a 6,960.00 l/m<sup>2</sup>/día) a tramos del canal afectado por incremento del espejo de agua (sección irregular) y por carecer de compuertas laterales.
- Se determinó mediante aforos, los caudales de ingreso y salida del canal de riego, los cuales se presenta en Cuadro 11: SITUACION ACTUAL DEL CANAL SANTA ELENA.
- Con el mejoramiento de la infraestructura de riego del sector Santa Elena-San Blas, tenemos que la eficiencia de conducción será de 98%, tal como se aprecia en la Tabla 14.
- Con respecto a la capacidad conductiva y permeabilidad del canal, una vez mejorado la infraestructura hidráulica tenemos que la permeabilidad será de 50.00 l/m<sup>2</sup>/día, tal como se muestra en la tabla 14.
- Con el mejoramiento de la infraestructura de riego en el sector de Santa Elena-San Blas, incidirá fundamentalmente en la optimización de uso de agua de riego por efecto de la

mejora en la capacidad conductiva del canal Santa Elena – San Blas partir de su progresiva 1+185. Siendo los tramos de revestimiento priorizado aquellos que presentan elevadas pérdidas por permeabilidad; es decir sus 3,660.00m.

- Se incrementará la oferta de agua, de acuerdo a la demanda de agua con la construcción de infraestructura de riego como son partidior, canales, obras de arte.
- Con el sistema puesto en marcha se incorporan con riego permanente a terrenos sin cultivar por déficit de agua.
- El tramo del canal a revestir se inicia en la progresiva 1+185 del canal Santa Elena – San Blas y será revestido con concreto simple  $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$  en una longitud de 3.660.00 ml mejorando la eficiencia de conducción. Cabe indicar que se revestirá 3,435 ml de canal con sección trapezoidal con un espesor de muro y piso de 0.075 m. y 225 ml de canal rectangular con espesor de muro y piso de 0.10 m.
- Se construirán 34 tomas laterales de concreto simple  $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$  que se ubican en todo el recorrido del canal. Asi mismo se instalaran 34 compuertas tipo izaje para un mejor control y distribución del recurso hídrico. La longitud del canal para la instalación de las tomas laterales sera de 1.15 m con una sección de 0.5 de ancho con 0.45 de alto el espesor de piso sera de 0.12 m y el espesor de muros es 0.15 m.; las compuertas seran de 0.50 x 0.45 x 0.90m.
- Se contruirá 01 partidior de concreto simple  $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$  que se ubicará en la progresiva 2+153.80. Asi mismo se instalaran sus compuertas tipo izaje para un mejor control y distribución del recurso hídrico. La longitud del canal para la instalación de la toma de distribucion lateral sera de 1.15 m con una sección de 0.50 de ancho con 0.55 de alto el espesor de piso sera de 0.12 m y el espesor de muros es 0.15 m.; las compuertas seran de 0.50 x 0.45 x 0.90m.

- Se contruira 01 puente vehicular con cocreto ciclopeo  $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$  los estribos o muros, losa de concreto armado  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$  y sus respectivas transiciones de concreto simple  $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$  que se ubicara en la progresiva 1+335.50.
- Se construiran 04 puentes peatonales con cocreto armado  $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$  los muros y losa de concreto armado  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ .
- Se instalaran 03 entregas de agua para desague de terrenos de cultivo que ingresaran al canal a contruir a traves de tuberia PVC de 200 mm.
- Se realizará reforestación y eventos de capacitación a los agricultores en manejo de bosques.
- Se ejecutarán eventos de capacitación que permitan a los agricultores optimizar la eficiencia de aplicación parcelaria del agua. Así como instruir a los agricultores en labores de Operación y Mantenimiento de la infraestructura de riego.
- La evaluación económica de la alternativa propuesta del proyecto tiene un costo total de S/ 836,248 soles, incluido gastos generales, utilidades e IGV.

## RECOMENDACIONES

- En la totalidad de la fase de ejecución de la presente obra se debe considerar la participación de un profesional en Medio Ambiente para ejecutar en su integridad el Plan de Manejo Socio Ambiental; el objetivo es que este profesional supervise y ejecute en su totalidad todas las etapas recomendadas en el presente EIA.
- Durante las etapas de ejecución de obra y operación del proyecto se tomarán en consideración las medidas ambientales previstas en el Plan de Manejo Socio Ambiental; los Programas de Medidas Preventivas, Correctivas y/o de Mitigación, Monitoreo Ambiental, Capacitación y Educación Ambiental, Manejo de Residuos, Contingencias.
- Efectuar las coordinaciones necesarias con las entidades (Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Defensa Civil, Policía Nacional y municipalidades provinciales), que prestarán apoyo para la implementación del Programa de Contingencias.



## REFERENCIAS

- Meza Capcha, K. (2014). Planeamiento, Diseño y Evaluación Técnico Económico del Sistema de Riego del Programa de Frutales-Fundo en la UNALAM. (Tesis de grado Académico). Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú: Lima.
- Huachos Canchari, R. (2009). Evaluación de los Sistemas de Riego Intermitente por Tuberías Multicompuertas y de Riego Continuo por Gravedad en el Cultivo de Brócoli, Ubicados en la en la UNALAM. (Tesis de grado Académico). Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú: Lima.
- Goicochea Infante, R. (2013). Determinación de la Eficiencia de Conducción del Canal de Riego Huayrapongo, Distrito de Baños del Inca – Cajamarca. (Tesis de grado Académico). Universidad Nacional de Cajamarca, Perú: Cajamarca.
- Bello M; Pino M. 2000. Chile: Medición de presión y caudal. Instituto de investigaciones agropecuarias comisión nacional de riego. 20p.
- De Azevedo, J. M. y Guillermo Acosta A. Manual de Hidráulica. 68 ed. México: Harla, 1976. 578 p.
- Grajales, G. 1976. Lima. Regulación de riego e incorporación de áreas nuevas en la margen izquierda del río lea. IICA/BIO/OSPAL. 128p.
- Herna, B. 2010. Lima. Perdida infiltración canales revestidos. 21p.
- Lux, M. 2010. Medidores de flujo en canales abiertos. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. 138p.
- Oviedo, M. 2009. Lima. Evaluación de la eficiencia del uso del agua en la cuenca del río Chili. Ministerio de Agricultura. 224p.
- Palacios, E. 2004. La eficiencia en el uso del agua en los distritos de riego. México. Colegio de posgraduados Montecillo. 250p. Canales para riego y drenaje. [Online]. [cited 2018 marzo 6. Available from:

<http://es.scribd.com/document/135738074/canales-para-riego-y-drenaje>.

Tipos de súper estructura en la construcción Degloema. [Online]. [cited 2018 marzo 6].

Available from:

<http://degloema.com/seguridad/tipos-de-super-estructura-en-la-construcción>.

Vilca DQ. Determinación y evaluación de las patologías del concreto en el canal de regadío del caserío de Asay entre las progresivas 0+000 al 1+000 del distrito de Huacrachuco, Provincia de Marañón, Región Huánuco, Marañón: Huánuco; 2016.

Ríos GLDL. Determinación y evaluación de las patologías del concreto en el canal de regadío del distrito de Cabana, Provincia de Pallasca, Departamento de Ancash. Tesis de Titulación. Pallasca: Ancash; 2015.

M. HAM. evaluación y diagnóstico patológico de estructuras en concreto Colombia: Publicaciones Asocreto.

Chuquillanqui PF. Mejoramiento, tratamiento y prevención del canal en sistemas de concreto estructural utilizados en la productividad agrícola del caserío de Succhil. Huancabamba: 2010.

## ANEXOS

### Anexo 1.

**Tabla 23**

*Ficha de Evaluación Técnica*

Tipo	Progresiva			Carácter. Geométricas			Características Hidráulicas
	Desde	Hasta	Longitud	B	H	Z	Q
Sección	Km	Km	ML	m	m	adim.	m <sup>3</sup> /s

Incluir toda la información complementaria como fotos, planos, tablas adicionales, código fuente, data, etc.

Cada uno de los instrumentos, evidencias u otros insertados en los anexos, va en hoja independiente. No pueden ir dos anexos en una misma hoja. Cada hoja que contenga un anexo debe ser numerada: ANEXO n.º 1. Título del anexo.