

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN
DEL CANAL DE RIEGO HUAYRAPONGO, DISTRITO DE
BAÑOS DEL INCA - CAJAMARCA**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:
RONALD RICHARD GOICOCHEA INFANTE
ASESOR**

Mcs. Ing. JOSÉ FRANCISCO HUAMÁN VIDAURRE

CAJAMARCA PERÚ 2013



DEDICATORIA

A Dios:

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A Mi Madre Susana:

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A Mi Padre Javier:

Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

A Mi Esposa Fany e Hija Evita:

Por su apoyo, por su amor y ánimo que me brindan día a día para alcanzar nuevas metas, tanto profesionales como personales.

A mis Hermanos Susan y Deyvy:

Por el apoyo moral que me brindaron cada momento.

RONALD



AGRADECIMIENTO

Un especial agradecimiento a la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil de la UNC, que asumió el reto de nuestra formación y con ella a todos y cada uno de nuestros maestros, en especial a aquellos que por sus cualidades integrales nos servirán como incentivo para culminar esta difícil pero fascinante profesión.

Agradezco en forma particular al Ing. Francisco Huamán Vidaurre, a mi esposa Fany, mi hermano Deyvy, mi primo Kevin; y a todas las personas que de una u otra manera me apoyaron en la elaboración de la presente tesis, para ellas toda mi gratitud.



RESUMEN

En el presente trabajo de investigación titulado: **Determinación de la Eficiencia de Conducción del Canal de Riego Huayrapongo, Distrito de Baños del Inca – Cajamarca**; se ha determinado la eficiencia de conducción de un pequeño canal de riego, de sección trapezoidal de ancho de solera $b = 0.60$ m., profundidad de 0.45 m. y un talud $Z = 1$, con un espesor de 0.15 m. revestido de concreto simple; construido hace 20 años aproximadamente, diseñado para transportar 180 l/s.

La metodología se ha orientado a medir un conjunto de caudales en un tramo del canal de riego, utilizando un vertedero de pared delgada de sección rectangular, en el ingreso y salida siendo la longitud del tramo 1.00 km. ubicado entre las progresivas 0+500 al 1+500, siendo este tramo el representativo de todo el canal, y finalmente determinar la eficiencia de conducción del canal; así también en el mismo tramo se evaluó el estado de agrietamiento, registrando todas las fallas existentes en el canal; como: grietas, roturas y juntas en mal estado; con la finalidad de determinar el estado del mismo.

Los trabajos se realizaron en los meses de enero y febrero del año 2013, encontrando algunas dificultades, como: al no existir información basta sobre estos trabajos de investigación se optó por realizar nuestra propia metodología, y de la cual se espera que otros profesionales sigan mejorando esta investigación; además se ha tenido que tener un equipo de trabajo numeroso ya que la toma de datos es simultánea en el punto de ingreso y salida del tramo del canal.

Los resultados de la investigación muestra que el canal de riego Huayrapongo, tiene una eficiencia de conducción de 91.40% calificada como una eficiencia de conducción alta; y el canal presenta grietas, roturas y juntas en mal estado en regular cantidad, lo cual no permite pérdidas de agua significativas.



ABSTRACT

In this research paper entitled: **Determining the Efficiency of Irrigation Canal Drive Huayrapongo, District of Baños del Inca - Cajamarca**, we have determined the efficiency of driving a small irrigation canal, wide trapezoidal section hearth $b = 0.60$ m., depth of 0.45 m. and a slope $Z = 1$, with a thickness of 0.15 m. Simple concrete lined, built about 20 years ago, designed to carry 180 l / s.

The methodology was designed to measure a set of flows in a stretch of canal irrigation, using a dump rectangular thin wall in the entrance and exit being the span length 1.00 km. located between the progressive 0 +500 to 1 +500, with this section the representative of the entire channel, and finally determine the canal conveyance efficiency, so also in the same section was evaluated cracking state, registering all existing faults in the channel, such as cracks, breaks and bad joints, in order to determine the status.

The work was conducted in the months of January and February of 2013, encountering some difficulties, such as: the absence of sufficient information on these research we chose to make our own methodology, and that other professionals are expected to continue to improve this research; also has had to have a large team because data collection is concurrent at the point of entry and exit section of the channel.

The research results show that the irrigation canal Huayrapongo, has an efficiency of 91.40% qualified driving a high driving efficiency, and channel cracks, breaks and bad joints in fair quantity, which does not allow losses significant water.



INTRODUCCION

El presente trabajo de investigación está referido a la “Determinación de la eficiencia de conducción del canal de riego Huayrapongo, Distrito de Baños del Inca – Cajamarca.”, responde a una necesidad y motivación grupal que nace a partir de la problemática identificada que atraviesan los beneficiarios del canal de riego, al contar con una infraestructura inadecuada y en mal estado de conservación del mismo, permitiéndoles contar con infraestructuras de riego, como lo es un canal, en buenas condiciones operativas para potenciar la agricultura y ganadería y por ende el desarrollo de la comunidad.

Debido a la importancia de contar con canales revestidos de concreto simple que funcionen en su máxima eficiencia de conducción, es que al estudiar las causas que podrían llevar en desmedro la infraestructura del canal de riego Huayrapongo, del Distrito de Baños del Inca, surge la idea de estudiar la eficiencia de Conducción del Canal de Riego Huayrapongo.

El desarrollo de la agricultura en el Perú tiene una evidente correlación con los avances en el manejo del agua para riego. Los antiguos peruanos encararon seriamente el "problema del uso del agua para el riego" y esto, muy probablemente, dio inicio a importantes cambios en la agricultura y la sociedad, algunos de los cuales aún hoy tienen vigencia ya que una parte de la infraestructura de riego existente tiene antecedentes prehispánicos. Los que nos da pie a revisar la importancia de la eficiencia de conducción de los canales dentro del manejo del agua para riego.

Este trabajo es el aporte de inicio para enfocar una política regional, logrando destinar una cantidad importante de presupuesto para el sector irrigación en Cajamarca.



INDICE

	Pág.
CARATULA	I
DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
RESUMEN	IV
ABSTRACT	V
INTRODUCCION	VI
INDICE	VII
INDICE DE TABLAS	X
INDICE DE FIGURAS	XI

CAPITULO I. MARCO TEORICO

1.1. ANTECEDENTES	1
1.1.1. Antecedentes Internacionales	1
1.1.2. Antecedentes Nacionales	3
1.1.3. Antecedentes Locales	6
1.2. BASES TEORICAS	9
1.2.1. DEFINICION DE TERMINOS	9
1.2.1.1. Canales con Revestimiento de Concreto Simple	9
1.2.1.2. Velocidad de Flujo Superficial	12
1.2.1.3. Velocidad Media	12
1.2.1.4. Taludes	12
1.2.1.5. Borde Libre (e)	13
1.2.1.6. Eficiencia de Conducción en Canales de Riego	13
1.2.1.7. Agrietamiento en Estructuras de Concreto	15
1.2.1.8. Caudal	15
1.2.1.9. Valores de Eficiencia de Conducción en Canales	16
1.2.1.10. Medición del Caudal	16
1.2.1.11. Métodos para la Medición de Caudales	17
1.2.1.11.1. Método del Flotador	17



1.2.1.11.2. Método Volumétrico	19
1.2.1.11.3. Vertederos Hidráulicos	19
1.2.1.12. Calibración de Vertederos Hidráulicos de Pared	
Delgada de Sección Rectangular	26
1.2.1.13. Evaluación	27
1.2.1.14. Evaluación del Estado de Estructuras de Concreto	27
CAPITULO II. PLANTEAMIENTO METODOLOGICO	
2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	29
2.1.1. Planteamiento del Problema	29
2.1.2. Formulación del Problema	31
2.1.3. Justificación de la Investigación	31
2.1.4. Alcances y Limitaciones de la Investigación	31
2.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION	32
2.2.1. Objetivo General	32
2.2.2. Objetivos Específicos	33
2.3. HIPOTESIS	33
2.4. VARIABLES	34
2.5. TIPO DE LA INVESTIGACION Y ANALISIS	36
2.5.1. Tipo de Investigación	36
2.5.2. Tipo de Análisis	36
2.5.3. Localización	36
2.6. DISEÑO METODOLOGICO	40
2.6.1. El Universo de la Investigación	40
2.6.1.1. Población y Muestra	40
2.6.1.2. Unidad de Análisis	40
2.6.2. Técnicas, Instrumentos para la Obtención de Datos	41
2.6.3. Forma de Tratamiento de los Datos	43
2.6.4. Forma de Análisis de las Informaciones	43



2.7. PROCESAMIENTO Y CALCULOS	44
2.7.1. Cálculo Aproximado de Caudales Usando el Método del Flotador	44
2.7.2. Diseño de Vertederos	46
CAPITULO III. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	
3.1. RESULTADO DE LA INVESTIGACION	50
3.1.1. Caudales de Ingreso al Canal	50
3.1.2. Caudales de Salida del Canal	52
3.1.3. Eficiencia de Conducción del Canal	53
3.1.4. Evaluación del Estado de Agrietamiento del Canal	54
3.2. ANALISIS DE LA INFORMACION	56
3.2.1. Análisis para la Eficiencia de Conducción	56
3.2.2. Análisis para el Estado de Agrietamiento del Canal	56
3.3. CONTRASTACION DE LA HIPOTESIS	57
CAPITULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
4.1. CONCLUSIONES	58
4.2. RECOMENDACIONES	60
CAPITULO V. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	61
ANEXOS	63



INDICE DE TABLAS

	Pág.
CAPITULO I. MARCO TEORICO	
Tabla 1.1. Eficiencia de conducción determinado en el proyecto: "Infraestructura de riego Jesús: Construcción del canal de riego Poma"	6
Tabla 1.2. Fórmulas para la determinación del coeficiente de gasto " μ "	25
CAPITULO II. PLANTEAMIENTO METODOLOGICO	
Tabla 2.1. Matriz de Operacionalización de Variable	35
CAPITULO III. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS	
Tabla 3.1. Obtención de Caudales de Ingreso	50
Tabla 3.2. Obtención de Caudales de Salida	52
Tabla 3.3. Eficiencia de Conducción	53
Tabla 3.4. Resultados de la Evaluación del Estado de Agrietamiento del canal	54
Tabla 3.5. Eficiencia de Conducción	56
Tabla 3.6. Estado de Agrietamiento del Canal	57



INDICE DE FIGURAS

	Pág.
CAPITULO I. MARCO TEORICO	
Figura 1.1. Sección típica de un canal de sección trapezoidal revestido	10
Figura 1.2. Medición de Caudales Utilizando Balde y Cronometro	19
Figura 1.3. Partes de un vertedero de sección rectangular	21
Figura 1.4. Vertedero de sección rectangular en funcionamiento	21
Figura 1.5. Vertedero con sus elementos e instrucciones de medición	23
 CAPITULO II. PLANTEAMIENTO METODOLOGICO	
Figura 2.1. Mapa Político del Perú	37
Figura 2.2. Mapa Político de la Región Cajamarca	37
Figura 2.3. Mapa de la Provincia de Cajamarca	38
Figura 2.4. Zona de estudio, captación y parte del canal estudiado	38



CAPITULO I. MARCO TEORICO

1.1. ANTECEDENTES

1.1.1. Antecedentes Internacionales

Un estudio realizado en México (Distrito de Riego del Río Mayo en Sonora). En este Distrito se llevó a cabo un minucioso estudio sobre la eficiencia en el uso del agua (Palacios, 1976), en base al cual pueden explicarse las metodologías utilizadas para la estimación de los diferentes componentes de las pérdidas.

Se encontraron aportes importantes en el tema, se estima que en promedio en los Distritos de Riego de México se pierde un 40% del agua en la conducción; es decir la eficiencia media de conducción es del orden del 60%. No obstante, debe recordarse que no toda el agua se desperdicia, ya que parte va a los acuíferos y posteriormente puede ser nuevamente aprovechada; sin embargo, en los distritos costeros, la mayor parte del agua perdida se va hasta el mar, sin que sea posible su utilización. Algunas de las conclusiones de este estudio son: Las pérdidas en conducción pueden subdividirse de acuerdo a su origen en: a) por infiltración; b) por evaporación.

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



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

b) Las 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.

c) Las fugas por las fallas en la estructuras, en la actualidad son muy importantes en la mayoría de los Distritos de Riego debido al mal estado en que se encuentran.

En efecto, en muchas compuertas radiales sobre desfuegos de canales principales y de laterales cerrados que no se utilizan en un momento dado, el agua que se fuga por el mal estado de los sellos o por las perforaciones que se han producido debido a la corrosión del fierro por falta de conservación, puede representar un porcentaje considerable del agua conducida.

Para evaluar los componentes de las pérdidas de conducción, se efectuaron muestreos con infiltrómetros y evaporímetros sobre varios tipos de canales, se utilizaron los datos de los informes de distribución de aguas, en los que se presentan las pérdidas mensuales por tramos de canales; también se muestrearon las pérdidas por fugas en estructuras y se realizaron aforos en diferentes tramos de canales para afinar la información obtenidas en la muestra con los infiltrómetros, la que se expandió con el apoyo del estudio agrológico.



1.1.2. Antecedentes Nacionales:

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

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

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



Las instituciones mencionadas, con el apoyo de la agencia holandesa SNV, lideraron la conformación de una red regional sobre gestión del riego con el objetivo de compartir experiencias, desarrollar actividades de interés común, e influir sobre las políticas regionales y nacionales que tienen relación con el manejo de recursos naturales.

Esta red se denomina GPER-Inka y tiene 18 entidades asociadas, entre entidades estatales, organismos no gubernamentales e instituciones universitarias. Se han organizado a la fecha 12 talleres de intercambio de experiencias, se ha publicado dos libros, se ha organizado numerosas conferencias y talleres sobre temas específicos, y además desde 1997 se ha iniciado una Escuela Regional de Riego con financiamiento de una agencia holandesa. (De la Torre C; Sierra R. -2000)

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

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



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

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

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



1.1.3. Antecedentes Locales:

En nuestro medio no existen muchos antecedentes en la investigación de la determinación de la eficiencia de conducción de canales de riego, para nuestro caso se está considerando la información que se requiere para la elaboración de proyectos de abastecimiento de agua para el uso de agua para riego, los proyectistas calculan la eficiencia de conducción del canal de riego existente para plantear el estado actual de la infraestructura como componente de evaluación en los proyectos de inversión pública según el SNIP, un ejemplo de ello es la información recolectada en el proyecto “Infraestructura de riego Jesús: Construcción del canal de riego Poma” de la provincia de Cajamarca, en el cual se encontraron las siguientes características en la eficiencia de conducción de diferentes canales.

Tablas 1.1. Eficiencia de conducción determinado en el proyecto: “Infraestructura de riego Jesús: Construcción del canal de riego Poma”

Tabla 1.1.a. Canales Principales y Secundarios

CODIGO CANAL	NOMBRE	FUENTE	CLASIFICACION	MARGEN	PROG. (KM)	Q (M3/S)	USUARIOS	AREA SERV. (HECT.)
167	MENDOZA	PACCHA - MIRAFLORES	1ER ORDEN	I	0 + 956	0.01	10	6.00
168	HUARIPATA	PACCHA - MIRAFLORES	1ER ORDEN	I	1 + 058	0.01	20	9.00
169	SALDAÑA	PACCHA - MIRAFLORES	1ER ORDEN	D	1 + 226	0.01	30	8.00
170	NARANJO	PACCHA - MIRAFLORES	1ER ORDEN	I	1 + 657	0.009	20	8.00
171	CANERA	PACCHA - MIRAFLORES	1ER ORDEN	I	1 + 794	0.007	20	7.00

Fuente: Proyecto de Inversión Pública: “Infraestructura de riego Jesús: Construcción del canal de riego Poma”



Tabla 1.1.b Eficiencia de Conducción	
CAUDAL DE ENTRADA	CAUDAL DE SALIDA
0.010 m ³ /s	0.007 m ³ /s
74.00 %	

Fuente: Fuente: Proyecto de Inversión Pública: “Infraestructura de riego Jesús: Construcción del canal de riego Poma”

Tabla 1.1.c. Canales Principales y Secundarios

CODIGO CANAL	NOMBRE	FUENTE	CLASIFICACION	MARGEN	PROG. (KM)	Q. (M3/S)	USUARIOS	AREA SERV. (HECT.)
174	CANAL 1	TOMACUCHO	1ER ORDEN	D	2 + 062	0.012	12	8.00
175	CANAL 2	TOMACUCHO	1ER ORDEN	D	2 + 721	0.010	10	10.00
176	CANAL 3	TOMACUCHO	1ER ORDEN	D	3 + 273	0.010	8	8.00

Fuente: Proyecto de Inversión Pública: “Infraestructura de riego Jesús: Construcción del canal de riego Poma”

Tabla 1.1.d Eficiencia de Conducción	
CAUDAL DE ENTRADA	CAUDAL DE SALIDA
0.012 m ³ /s	0.010 m ³ /s
83.33 %	

Fuente: Proyecto de Inversión Pública: “Infraestructura de riego Jesús: Construcción del canal de riego Poma”



Tabla 1.1.e. Canales Principales y Secundarios

CODIGO CANAL	NOMBRE	FUENTE	CLASIFICACION	MARGEN	PROG. (KM)	Q (M3/S)	USUARIOS	AREA SERV. (HECT.)
189	ERNESTO CORTEZ	CHAQUICOCHA	1ER ORDEN	D	0 + 027	0.01	7	5.00
190	RICARDO CORTEZ	CHAQUICOCHA	1ER ORDEN	D	0 + 673	0.008	12	7.00
191	NESTOR CORTEZ	CHAQUICOCHA	1ER ORDEN	D	1 + 354	0.007	4	6.00

Fuente: Proyecto de Inversión Pública: “Infraestructura de riego Jesús: Construcción del canal de riego Poma”

Tabla 1.1.f Eficiencia de Conducción	
CAUDAL DE ENTRADA	CAUDAL DE SALIDA
0.010 m ³ /s	0.007 m ³ /s
74.00 %	

Fuente: Proyecto de Inversión Pública: “Infraestructura de riego Jesús: Construcción del canal de riego Poma”

Sacando el promedio de estas eficiencias tenemos que la eficiencia de conducción para la Infraestructura de riego, sería aproximadamente: 78 %, esta eficiencia está referida a canales de riego revestidos de concreto.

La información que se tiene de la eficiencia de conducción obtenida para el caso de la Infraestructura de Riego Jesús, tan solo nos muestra la eficiencia de conducción obtenida mas no los cálculos con los cuales se han llegado a estos resultados.



1.2. BASES TEÓRICAS

1.2.1. DEFINICION DE TÉRMINOS

1.2.1.1. Canales con Revestimiento de Concreto Simple.

Según el Ministerio de Agricultura de Chile – INIA, boletín No 44, los canales son las estructuras básicas para conducir el agua de riego hacia los puntos de entrega en las parcelas, lotes o chacras.

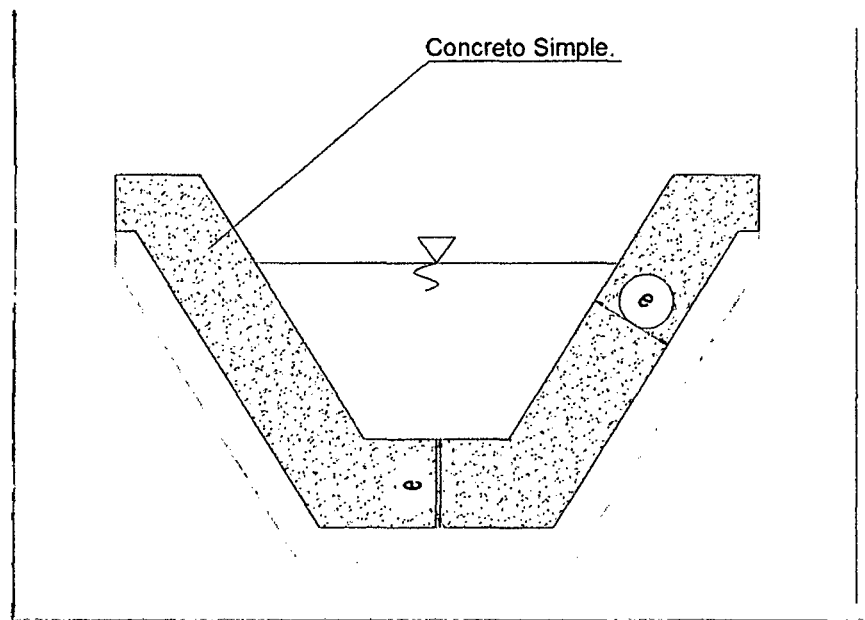
El canal de revestimiento de concreto simple es el canal en el cual se emplaza el concreto simple en la sección del canal antes perfilada, de acuerdo a la geometría. Este tipo de revestimiento puede instalarse usando encofrados normales (madera) o modernos (metálicos), además de materiales como cemento, agregados, asfalto, entre otros; con los cual se obtiene un canal estable y con mínimas pérdidas de agua durante toda su vida operativa.

En general es un revestimiento de mayor costo porque la construcción es relativamente compleja y de gran envergadura, debiendo utilizarse una alta cantidad de mano de obra. En su gran mayoría, el canal adopta una sección trapezoidal o cuadrada, por facilidad en la obra.

Los revestimientos en un canal se construyen de varios tipos de material. El llamado de superficie dura puede ser a base de concreto simple, reforzado o lanzado a alta presión, de concreto asfáltico, de mampostería (piedra, ladrillo, bloques prefabricados, etc.)



Figura 1.1. Sección Típica de Un Canal de Sección Trapezoidal Revestido.



Fuente: Elaboración Propia.

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

- **Aumento de la Capacidad del canal:** La eliminación de la erosión permite que el agua circule en los canales revestidos a mayor velocidad que en los de tierra, obteniéndose, como resultado, mayor caudal para igual sección. (Asociación de canales de Maipo-2009).
- **Imposibilidad de roturas:** Si el canal es revestido resulta muy difícil la producción de roturas, y aún en el caso en que ocurrieran agrietamientos, la resistencia a la erosión del material del revestimiento impide el ensanchamiento de la abertura con lo cual se evita la posibilidad de consecuencias graves. Además que este tipo de eventos pueden ser reparables.



- **Prevención de la erosión:** El revestimiento de los canales permite adoptar velocidades de escurrimiento más elevadas y radios de curvas horizontales menores, lo que se traduce en longitudes y secciones menores así como taludes más empinados que en los canales sin revestir.
- **Eliminación de vegetación:** En los canales sin revestimientos, tanto los taludes como el fondo tienden a cubrirse de vegetación, especialmente pastos y hierbas, aunque también suelen en algunos casos desarrollarse en las bermas arbustos y hasta árboles.

El revestimiento impide considerablemente el crecimiento de la vegetación anulando los inconvenientes enumerados.

❖ **Los canales de riego por sus diferentes funciones adoptan las siguientes denominaciones:**

- **Canal de primer orden:** Llamado también canal madre o de derivación y se le traza siempre con pendiente mínima, normalmente es usado por un solo lado ya que por el otro lado da con terrenos altos.
- **Canal de segundo orden:** Llamados también laterales, son aquellos que salen del canal madre y el caudal que ingresa a ellos, es repartido hacia los sub – laterales, el área de riego que sirve un lateral se conoce como unidad de riego.
- **Canal de tercer orden:** Llamados también sub – laterales y nacen de los canales laterales, el caudal que ingresa a ellos es repartido hacia las propiedades individuales a través de las tomas del solar, el área de riego que sirve un sub – lateral se conoce como unidad de rotación.



De lo anterior se deduce que varias unidades de rotación constituyen una unidad de riego, y varias unidades de riego constituyen un sistema de riego, este sistema adopta el nombre o codificación del canal madre o de primer orden.

1.2.1.2. Velocidad de Flujo Superficial

La velocidad de flujo superficial se considera como la velocidad en la lámina de la superficie del flujo. (*Torres Sotelo, 1995*)

1.2.1.3. Velocidad Media

El diseño de canales, recubiertos o no, que conducen agua con material fino en suspensión, debe considerar que la velocidad media del flujo, para el caudal mínimo de operación, sea mayor o igual que la necesaria para evitar la sedimentación del material transportado. Empíricamente se considera a la velocidad media el 80% de la velocidad superficial. (*"Diseño Hidráulico de un Canal de Llamada", SEGARPA 2012*)

$$V_{media} = 0.80 V_{superficial} \dots \dots \dots (01)$$

1.2.1.4. Taludes.

Se refiere a la inclinación que poseen las paredes laterales del canal y las cuales se expresan en forma de proporción. La forma más usada en canales es la trapezoidal, con taludes que dependen del terreno en el cual el canal será excavado. (*"Diseño Hidráulico de un Canal de Llamada", SEGARPA 2012*)



1.2.1.5. Borde libre (e).

Es el espacio entre la cota de la corona y la superficie del agua, no existe ninguna regla fija que se pueda aceptar universalmente para el cálculo del borde libre, debido a que las fluctuaciones de la superficie del agua en un canal, se puede originar por causas incontrolables. En la práctica, en tanto no se tengan valores específicos, es recomendable usar: $e=l/3d$ para secciones sin revestimiento y $e = 1/6d$ para secciones revestidas; donde d es el tirante del canal en metros. Pero siempre manteniendo un bordo libre mínimo de 10 cm. (*“Diseño Hidráulico de un Canal de Llamada”, SEGARPA 2012*)

1.2.1.6. 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 se sale en un punto distinto al de ingreso. (*Palacios, 2004*)

$$E_{fc} (\%) = (Q_s / Q_i) 100 \dots\dots\dots (02)$$

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.



1.2.1.7. Agrietamiento en Estructuras de Concreto:

Al igual que otros materiales de construcción, se contrae y expande con los cambios de humedad y temperatura, y se deforma dependiendo de la carga y de las condiciones de apoyo. Pueden ocurrir grietas cuando no se han tomado las medidas necesarias en el diseño y la construcción para soportar dichos movimientos. *(Grant T. Halvorson, 1993)*

1.2.1.8. Caudal:

Volumen de agua que pasa por unidad de tiempo por una sección normal determinada de una corriente líquida. *(Lux M., 2010 - Medidores de Flujos en Canales Abiertos).*

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 ($m^3/día$).

Las formas más usuales de expresar el caudal son:

- ✓ Metros cúbicos por día ($m^3/día$), 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.

1.2.1.9. Valores de Eficiencia de Conducción en Canales

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

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. (*Palacios, 2004*)

1.2.1.10. Medición del Caudal:

Es la cuantificación del caudal o cantidad de agua que pasa por la sección transversal de un río, canal o tubería medido en una unidad de tiempo.

También se le conoce como aforo. La medición del agua resulta de la necesidad de brindar mayor control sobre su uso y distribución.



Dicha medición se realiza a través de medidores de flujo, los cuales son dispositivos que utilizan diferentes principios mecánicos o físicos para permitir que un flujo de agua pueda ser cuantificado.

1.2.1.11. Métodos para la Medición de Caudales:

Entre los métodos más utilizados para medir caudales de agua de canales utilizados en la investigación, se encuentran los siguientes:

1.2.1.11.1. Método del Flotador

El método del flotador se utiliza en los canales, acequias y da sólo una medida aproximada de los caudales. Su uso es limitado debido a que los valores que se obtienen son estimativos del caudal, siendo necesario el uso de otros métodos cuando se requiere una mayor precisión.

Para ejecutarlo, se elige un tramo del canal que sea recto y de sección transversal uniforme, de alrededor de 30 metros de largo o el que se ajuste a las condiciones del canal, donde el agua escurra libremente.

Se marca en el terreno la longitud elegida y se toma el tiempo que demora un flotador (por ejemplo un trozo de madera) en recorrerla, con el fin de conocer la velocidad que lleva el agua en esa sección.



Como flotador se puede usar cualquier objeto que sea capaz de permanecer suspendido en el agua, como un trozo de madera, corcho u otro material similar, que no ofrezca gran resistencia al contacto con el aire y que se deje arrastrar fácilmente por la corriente de agua. (*Ministerio de Agricultura de Chile (INIA), en su boletín N°28*)

Para conocer la velocidad del agua, deberá dividirse el largo de la sección elegida, en metros, por el tiempo que demoró el flotador en recorrerla, expresado en segundos, como se indica en la siguiente relación:

$$V = \frac{\text{Longitud del Tramo (m.)}}{\text{Tiempo del Recorrido (s.)}} \dots\dots\dots (03)$$

El paso siguiente es determinar el área promedio del canal (A) (sección transversal del canal).

Conocida la velocidad (V) del agua y el área (A) del canal, se aplica la siguiente fórmula para calcular el caudal (Q):

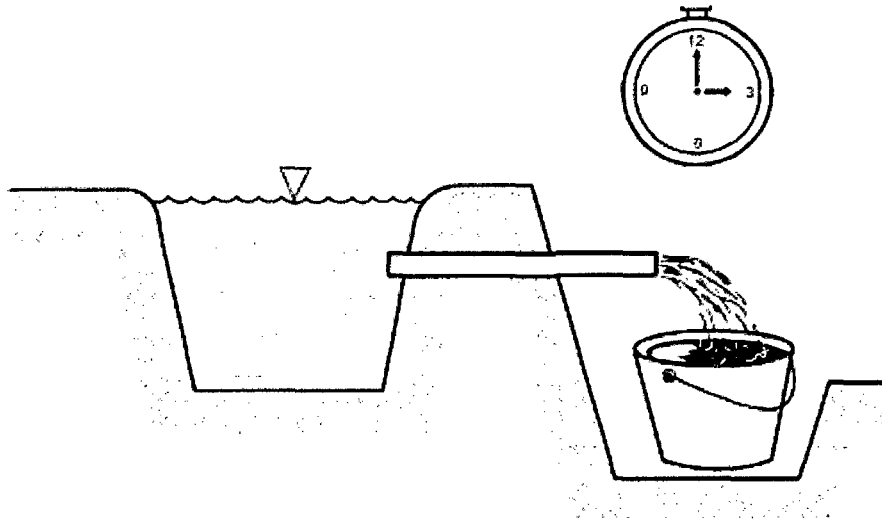
$$Q = V A \dots\dots\dots (04)$$



1.2.1.11.2. Método Volumétrico

Este método permite medir pequeños caudales de agua, como son los que escurren en surcos de riego o pequeñas acequias. Para ello es necesario contar con un depósito (balde) de volumen conocido en el cual se colecta el agua, anotando el tiempo que demoró en llenarse. Esta operación puede repetirse 2 ó 3 veces y se promedia, con el fin de asegurar una mayor exactitud (ver Figura 1.2)

Figura 1.2. Medición de Caudales Utilizando Balde y Cronometro.



(Fuente: Lux M., 2010)

1.2.1.11.3. Vertederos hidráulicos

Como se ha visto, la medición de caudales puede ser realizada por distintos métodos, pero sin duda los sistemas más eficientes y exactos son aquellos que utilizan estructuras especiales.

Casi todas las clases de obstáculos que restringen parcialmente la corriente de agua en un canal, pueden ser utilizados para medición de caudales, siempre que se les calibre apropiadamente.



Existe, sin embargo, una gran cantidad de sistemas y dispositivos utilizados en la medición de aguas. En este caso, se detallan sólo los más conocidos y sencillos, como son los vertederos. Los vertederos pueden ser definidos como simples aberturas, sobre los cuales un líquido fluye. El término se aplica también a obstáculos en el paso de la corriente y a las excedencias de los embalses.

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.

Terminología de vertederos:

Cresta (L): Se denomina al borde horizontal del vertedero.

Contracción: Lo constituyen los bordes o caras verticales.

Carga (H): Es la altura alcanzada por el agua a partir de la cresta del vertedero.

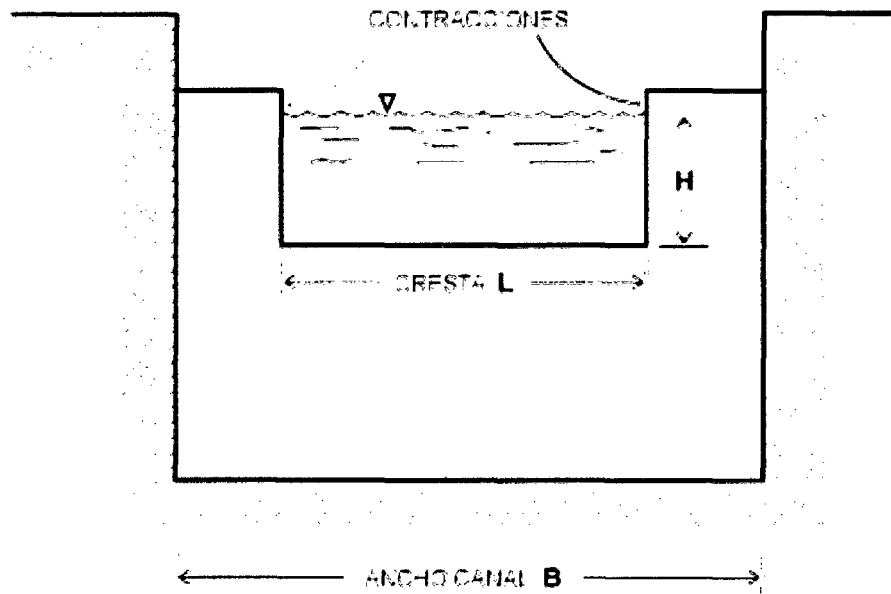
Debido a la depresión de la lámina vertiente junto al vertedero, la carga H debe ser medida aguas arriba, a una distancia aproximadamente igual o superior a $4H$

(ver Fig. 1.3)

Ancho (B): Ancho del canal de acceso al vertedero.

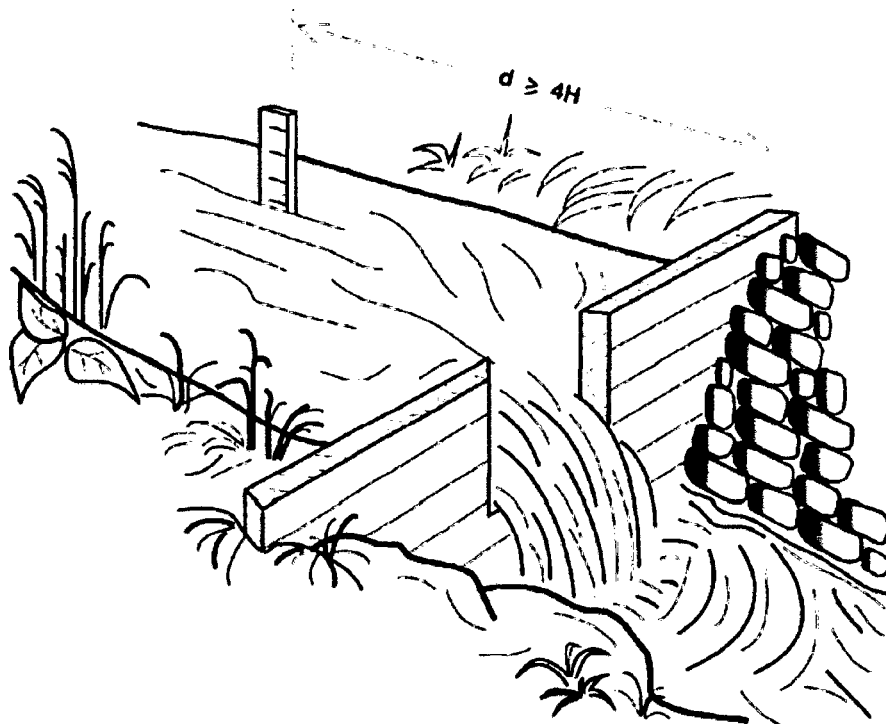


Figura 1.3. Partes de un vertedero de sección rectangular



(Fuente: Lux M., 2010)

Figura 1.4. Vertedero de sección rectangular en funcionamiento



(Fuente: Lux M., 2010)



❖ **Vertederos de Pared Delgada.**

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°. Los bordes de la placa del vertedero deberán ser pulidos y perpendiculares a la cara de aguas arriba.

El más usado para la medición de caudales y además el que se va a usar en este trabajo de investigación es el siguiente:

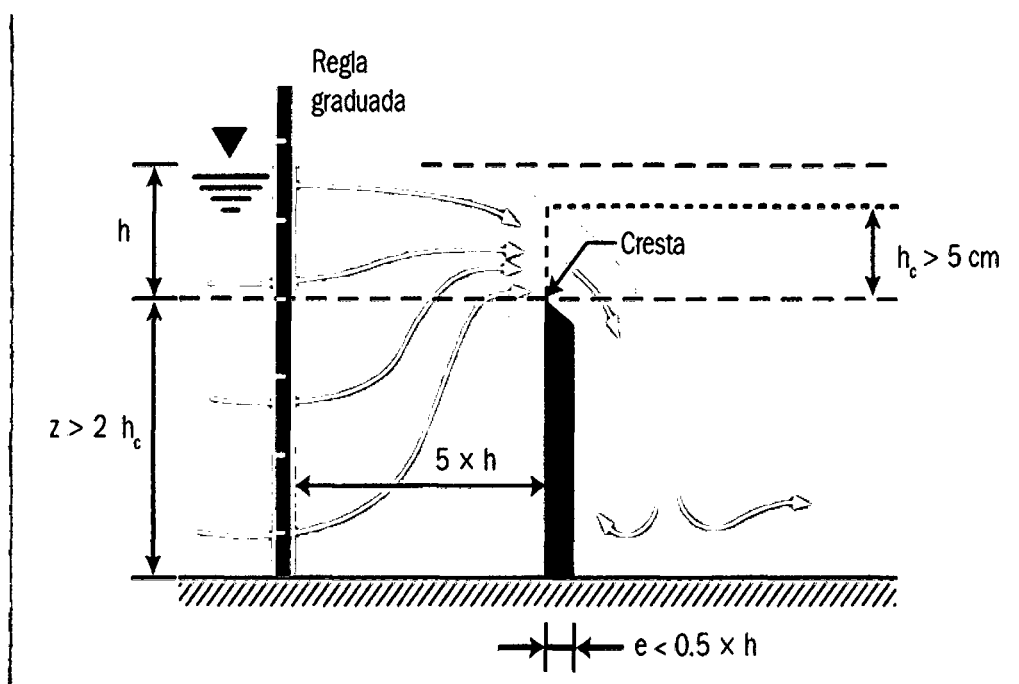


Vertederos de Pared Delgada de Sección Rectangular.

El vertedero 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 %.

Figura 1.5. Vertedero con sus elementos e instrumentos de medición



(Fuente: Casanova., 2003)



La ecuación usada para predimensionar el espesor de lámina del vertedero es la siguiente:

$$e < 0.5 h \dots\dots\dots (05)$$

Dónde:

e: Espesor del Vertedero.

h: Carga del vertedero, en m.

La ecuación más utilizada para la determinación de caudales usando vertederos, según Gilberto Sotelo, es:

$$Q = \frac{2}{3} \sqrt{2g} \mu L h_2^3 \dots\dots\dots (06)$$

Dónde:

Q: Caudal que fluye por el vertedero, en m³/s.

g: Aceleración de la Gravedad.

μ: Coeficiente de Gasto.

L: Ancho de la cresta, en m.

h: Carga del vertedero, en m.

Fórmulas experimentales para determinar el coeficiente de gasto μ aplicable para vertedores rectangulares con contracciones laterales o sin ellas. En el caso de vertedores sin contracciones laterales haga b=B, en las fórmulas.



Tabla 1.2. Fórmulas para la determinación del coeficiente de gasto

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

Fuente: Sotelo, 1997.



Para nuestro caso y de acuerdo a nuestras condiciones encontradas en campo vamos a utilizar la fórmula de Hegly.

$$\mu = \left[0.6075 - 0.045 \left(\frac{B-L}{B} \right) + \frac{0.0041}{h} \right] \left[1 + 0.55 \left(\frac{L}{B} \right)^2 \left(\frac{h}{h+w} \right)^2 \right] \dots\dots\dots (07)$$

Dónde:

μ : Coeficiente de gasto.

B: Base del canal o vertedero.

L: Longitud de cresta.

h: Carga del vertedero.

w: Altura del umbral del vertedero.

1.2.1.12. Calibración de Vertederos Hidráulicos de Sección Rectangular

Para la calibración de este tipo de vertederos hidráulicos como lo es el vertedero de pared delgada de sección rectangular, se lo puede realizar usando dos métodos, como lo son: la calibración en laboratorios especializados de hidráulica haciendo el uso de bancos hidráulicos y la calibración in situ del vertedero.

Para el caso de la calibración in situ, podemos usar cualquier método para la obtención de caudales, usando las metodologías establecidas para estos métodos.

Una vez determinado el caudal con cualquiera de los métodos, se lo compara con el caudal obtenido con la fórmula para vertederos de sección rectangular; si se da el caso que los resultados difieran, entonces se calcula un factor de corrección para la fórmula usada en el cálculo del caudal con el vertedero, este factor de corrección sería el resultado obtenido por uno de los métodos entre el resultado obtenido con el método del vertedero de sección rectangular.



Finalmente afectando con el factor de corrección a la fórmula usada para el cálculo de caudal con vertedero de sección rectangular, queda el vertedero calibrado y apto para ser usado.

1.2.1.13. Evaluación

La evaluación es la acción de estimar, apreciar, calcular o señalar el valor de algo.

La evaluación es la determinación sistemática del mérito, el valor y el significado de algo o alguien en función de unos criterios respecto a un conjunto de normas.

La evaluación a menudo se usa para caracterizar y evaluar temas de interés en una amplia gama de las empresas humanas, incluyendo las artes, la educación, la justicia, la salud, las fundaciones y organizaciones sin fines de lucro, los gobiernos y otros servicios humanos (*Pedro Ahumada Acevedo, (1983) Principios y Procedimientos de Evaluación Educacional, Cap. I - II - III. Pág. 13 -37. Impreso en Chile*)

1.2.1.14. Evaluación del Estado de Estructuras de Concreto

El propósito de esta inspección es el de evaluar de manera inicial o preliminar las condiciones en que se encuentra el estado del revestimiento del canal. Se trata de recorrer el canal y mediante una fundamentada observación formarse una idea clara y precisa del estado general, evaluar el tipo de problemas que la afectan con lo cual, se determina si es necesario pasar a una inspección más rigurosa.



Para su realización es importante poseer la anuencia de los beneficiarios y sólo es necesaria la presencia de un profesional experto en los temas de patología en estructuras de concreto quien con la simple observación determina de manera general el estado del revestimiento. (*INSTITUTO DEL CONCRETO ASOCRETO, SEMINARIO EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LAS ESTRUCTURAS EN CONCRETO, Ing. HAROLD ALBERTO MUÑOZ M. Bogotá D.C., Noviembre 22 y 23 de 2001*)



CAPITULO II. PLANTEAMIENTO METODOLOGICO

2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1.1. Planteamiento del Problema

El agua es un elemento esencial para la vida, y de la misma manera para la agricultura y la ganadería, y por ende a la economía de una población, sin embargo, con mucha frecuencia se hace uso irracional e inadecuado del recurso, contribuyendo a su escasez.

El problema con la escasez de agua ya sea para consumo humano o para los sistemas de irrigación ha persistido durante todo el tiempo, convirtiéndose en uno de los principales problemas para el desarrollo de comunidades y ciudades.

La mayoría de canales de riego que se construyen en las zonas rurales del país, a pesar de haber tenido una buena asesoría técnica en la etapa de concepción, diseño y finalmente ejecución, terminan en un periodo corto, deteriorándose y resultando insuficientes o lo que es peor inoperativos.

Los canales de riego se revisten para reducir las pérdidas de agua que conducen desde la captación hasta los usuarios; si carece de revestimiento las pérdidas son superiores al 50%; si el revestimiento está deteriorado también se presentan pérdidas que dependen del grado de deterioro.



Una medida de las pérdidas de agua en un canal es la eficiencia de conducción, la cual se define como el cociente del caudal final entre el caudal inicial, medidos simultáneamente en los extremos de un tramo o en todo su recorrido, bajo ciertas condiciones.

El canal de riego Huayrapongo, ubicado en el Distrito de Baños del Inca, es un canal revestido de concreto simple, el cual debe transportar, en promedio, un caudal de 180 l/s (caudal de diseño); y tiene por finalidad irrigar a un sector del caserío de Huayrapongo. La sección inicial o denominado antecanal tiene una sección rectangular, de medidas: ancho de solera $b = 0.60$ m. y una profundidad de 0.60 m.; pasando por una transición se tiene una sección trapezoidal, de medidas: ancho de solera $b = 0.60$ m., profundidad de 0.45 m. y un talud $Z = 1$.

La captación se encuentra en el río Chonta, la cual es de concreto simple y se encuentra en buen estado; el caudal de estiaje del río Chonta es de 3 m³/s. y el caudal en máximas avenidas para un periodo de retorno de 100 años es de 200 m³/s.

Se ha observado que el canal de riego Huayrapongo, no es ajeno a los diversos problemas que se están presentando en el mundo, con respecto al uso del agua y al funcionamiento, por lo que se pretende con el presente estudio determinar la cantidad de agua que se pierde debido a la infiltración entre las grietas y orificios del revestimiento, el cual tiene una antigüedad de aproximadamente 18 años de existencia; tomando en cuenta la eficiencia de conducción, para que en base a los resultados obtenidos, los usuarios y directivos del canal gestionen el mejoramiento de la infraestructura.



2.1.2. Formulación del Problema

La Eficiencia de Conducción del Canal de Riego Huayrapongo - Distrito de Baños del Inca – Cajamarca, es baja en razón de que presenta filtraciones a lo largo del Canal.

2.1.3. Justificación de la investigación

La presente investigación se realizará con el propósito de tener conocimiento de la ***eficiencia de conducción del canal de riego*** y de ahí en adelante 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 requeridos.

Además se justifica ya que contribuirá para que los Usuarios, Municipalidad y organismos encargados de administrar estos servicios asuman nuevas políticas que direccionen hacia la sostenibilidad de este servicio, por tal motivo se considera de relevancia dicha investigación.

2.1.4. Alcances y Limitaciones de la Investigación

La investigación tiene un alcance referencial para los profesionales que se dedican a trabajos de investigación correspondientes a pérdidas de agua en pequeños canales de riego por gravedad y en especial para los usuarios y autoridades del sector de riego a quienes les facilitará tomar una decisión frente a las pérdidas de agua producidas actualmente.



El presente trabajo de investigación se limitó a determinar la eficiencia de conducción de 1.00 km. del canal de riego Huayrapongo - Distrito de Baños del Inca – Cajamarca, comprendido entre las progresivas 0+500 al 1+500, de la longitud total de 6.52 km. de canal, este tramo a estudiar corresponde al 15.34% del total del canal, además de ser una muestra representativa de todo el canal; en un tiempo de 2 meses (enero y febrero del 2013).

El presente trabajo de investigación se limitó a estudiar las variables generales correspondientes a: caudales de ingreso, caudales de salida del tramo de 1.00 km. del canal, el estado del agrietamiento del canal; siendo las variables que se analizaron para estas variables generales: sección del canal en el punto de ingreso y salida del tramo, tirantes normales y máximos y velocidad superficial y media del flujo; mas no se ha considerado para el trabajo las siguientes variables: radios mínimos, frivor, rugosidad del revestimiento del canal, aportes por lluvias, zonas probables de desbordes y la evaporación; por razones de tiempo y no haber las condiciones favorables para el desarrollo del estudio de estas variables.

2.2. OJETIVOS DE LA INVESTIGACION

2.2.1. Objetivo General

- ✓ ***Determinar la Eficiencia de Conducción de 1.00 Km. comprendidas entre las progresivas 0+500 al 1+500, del canal de riego Huayrapongo - Distrito de Baños del Inca – Cajamarca.***



2.2.2. Objetivos Específicos

- ✓ Medir los caudales de ingreso y salida, del canal de riego Huayrapongo, en un tramo de 1.0 km.
- ✓ Evaluar el estado del agrietamiento del canal de riego Huayrapongo, en un tramo de 1.0 km.
- ✓ Determinar la eficiencia de conducción del canal de riego Huayrapongo, en un tramo de 1.0 km. debido a las filtraciones ocasionadas por el estado del revestimiento.

2.3. HIPÓTESIS

Hipótesis de la Investigación:

La eficiencia de Conducción del canal de riego Huayrapongo, debido a las filtraciones ocasionadas por el estado de agrietamiento, es baja.



2.4. VARIABLES

El estudio consideró las siguientes variables:

Variable Independiente:

Conjunto de caudales de ingreso en el tramo en estudio.

Conjunto de caudales de salida en el tramo en estudio.

Estado del agrietamiento del tramo del canal en estudio.

Variable Dependiente:

Eficiencia de Conducción de 1.00 Km. del canal: Se analiza las pérdidas de agua en el tramo en estudio del canal.



TABLA 2.1. Matriz de Operacionalización de Variables.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL		
		INDICADORES	UNIDADES O CATEGORÍA	ESCALAS
<p><u>VARIABLES INDEPENDIENTES</u></p> <p>R1: CONJUNTO DE CAUDALES DE INGRESO EN EL TRAMO EN ESTUDIO.</p> <p>R2: CONJUNTO DE CAUDALES DE SALIDA EN EL TRAMO EN ESTUDIO.</p> <p>R3: ESTADO DEL AGRIETAMIENTO DEL TRAMO DEL CANAL ES ESTUDIO.</p>	<p>Volumen de agua que pasa por una sección normal determinada, en una unidad de tiempo, de una corriente líquida.</p> <p>Evaluación del estado del concreto que se usó para la construcción del canal.</p>	<p>1. Caudales de Ingreso, obtenido por el método de vertedor de pared delgada de sección rectangular.</p> <p>2. Caudales de Salida, obtenido por el método de vertedor de pared delgada de sección rectangular.</p> <p>3. Cantidad de fallas en el revestimiento del canal</p>	<p>l/s</p> <p>l/s</p> <p>• Cuadros de evaluación del estado del agrietamiento del canal.</p> <p>• Tablas de ubicación y detalles de grietas, roturas y juntas en mal estado, existentes en el tramo del canal evaluado.</p>	<p>• Nominal</p>
<p><u>VARIABLE DEPENDIENTE:</u></p> <p>R1: EFICIENCIA DE CONDUCCION DEL CANAL DE RIEGO HUAYRAPONGO.</p>	<p>Es la relación entre el volumen de agua que ingresa al punto de inicio del tramo en estudio y el volumen de agua que sale en el punto final del tramo.</p>	<p>1. Eficiencia de conducción.</p>	<p>• Porcentaje de pérdidas de agua de conducción.</p>	<p>• nominal</p>



2.5. TIPO DE LA INVESTIGACION Y ANALISIS

2.5.1. Tipo de Investigación

Según la naturaleza, la presente investigación será de tipo Descriptiva, cuantitativo y cualitativo; cuantitativo ya que se obtendrá valores numéricos para la eficiencia de conducción; y cualitativo ya que se describe el estado de agrietamiento del tramo del canal.

2.5.2. Tipo de Análisis

El análisis ha sido descriptivo, cuantitativo y cualitativo, en una unidad de análisis física, ya que se describe el estado de agrietamiento y se cuantifica la eficiencia de conducción.

2.5.3. Localización

El canal de riego pertenece políticamente al distrito Los Baños del Inca, provincia de Cajamarca, región Cajamarca.



Figura 2.1. MAPA POLITICO DEL PERU

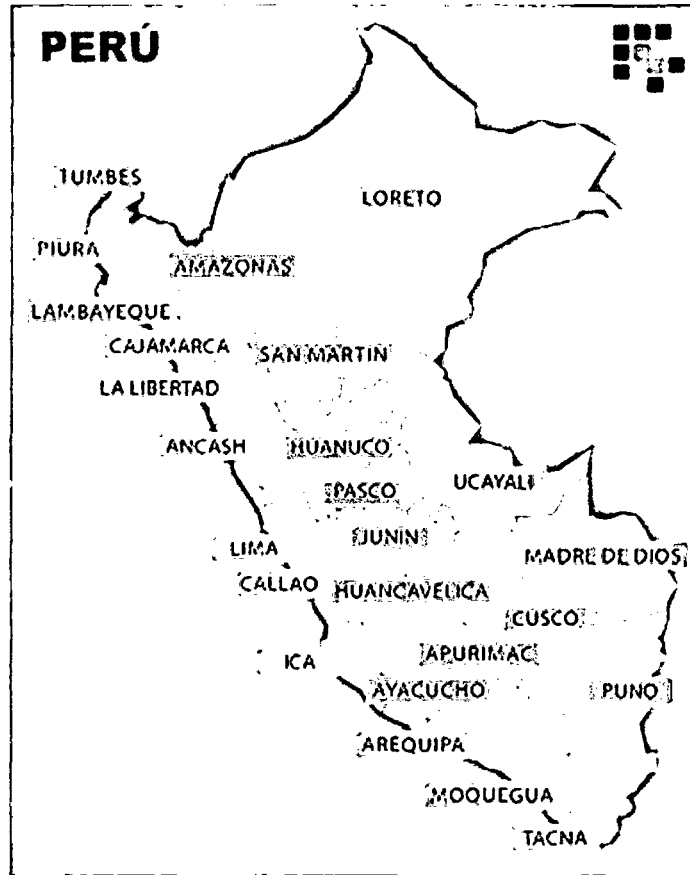


Figura 2.2. MAPA POLITICO DE LA REGION CAJAMARCA

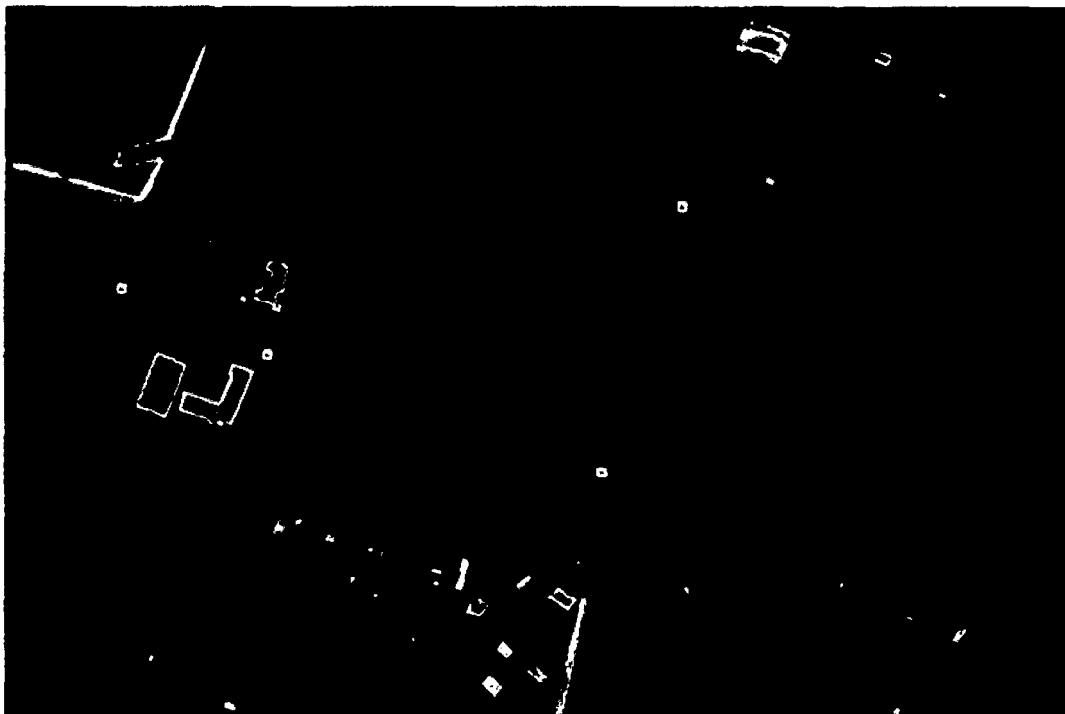




Figura 2.3. MAPA DE LA PROVINCIA CAJAMARCA



Figura 2.4. Zona de estudio, captación y parte del canal estudiado.



(Fuente. Google Earth)



Clima:

Su clima en la zona en donde se realizó el trabajo de investigación, es variado entre frío, templado, las precipitaciones pluviales se presentan con mayor frecuencia en el período de enero a mayo.

La temperatura media anual de la zona de estudio, es de 22°C, siendo la mínima de 5°C.

La altitud promedio que presenta la zona en estudio es de 2660 m.s.n.m.

Fuente: SENAMHI

Precipitación Pluvial:

La precipitación pluvial es muy variable de un año a otro y se encuentra irregularmente distribuida en el curso del año. La precipitación promedio anual es de 700 mm Las lluvias se inician en Septiembre y se prolongan hasta marzo, siendo mayores en los meses de enero a marzo y muy escasas entre mayo y setiembre.

Fuente: SENAMHI

Ambiente Físico

a) Relieves y Suelos

En el área de estudio, el relieve topográfico es predominantemente plano con áreas de ligeramente inclinadas, presentando pendientes que se encuentran comprendidas entre el 2% y el 6%.

Los suelos son por lo general de alta profundidad, de textura variable entre media y fina, de ph sobre 7 y dependiendo mucho del material litológico dominante.

Predominan los suelos arcillosos, franco-arenosos.



b) Geología

Siendo por lo general suelos orgánicos y calcáreos, pueden ser asimilados a Cambisoles éutricos (fértils), Kastanozems y algunos Phaeozems. Los Litosoles y las Rendzinas (sobre materiales calcáreos) aparecen en aquellos lugares de suelos superficiales y ondulados buenos para la agricultura.

c) Hidrografía

El área de estudio pertenece a la cuenca hidrográfica del río Chonta, el cual es un afluente del río Cajamarquino; muy favorable para las actividades agrícolas y ganaderas con un cuadro de cultivos muy amplio.

2.6. DISEÑO METODOLÓGICO

2.6.1. El Universo de la Investigación

2.6.1.1. Población y Muestra

❖ Identificación De La Población

En el presente estudio la población tiene dos categorías:

- a) El canal Huayrapongo tiene una longitud de 6.52 km.
- b) Los caudales de entrada y de salida en un tramo de 1.0 km.

Definición Del Tamaño De La Muestra

- a) Tramo de estudio de 1.00 Km. de longitud del canal de riego Huayrapongo.
- b) Conjunto de caudales medidos a la entrada y a la salida del tramo en estudio.

2.6.1.2. Unidad de Análisis

Canal de riego Huayrapongo, revestido de concreto simple.



2.6.2. Técnicas, Instrumentos para la Obtención de Datos

Recolección de información para la determinación de la eficiencia de conducción del canal: Permitirá obtener información sobre la eficiencia de conducción del canal de riego. Se realizará a través de toma directa de datos y observación directa, realizando lo siguiente:

- Ubicamos el tramo de canal (1.00 Km.) a ser estudiado y evaluado, el cual se encuentra entre las progresivas 0+500 al 1+500; del total de 6.52 Km. de canal, el cual está revestido de concreto simple en toda su longitud, siendo de sección rectangular el antecanal y de sección trapezoidal el canal principal; este tramo deberá ser un tramo representativo del total del canal de riego. Para la ubicación del tramo estudiado se consideró la accesibilidad a la zona, que el tramo sea lo más recto posible, y que presente las condiciones referidas al planteamiento del problema.
- Obtuvimos las medidas reales de la sección del canal (en campo), del punto de inicio del tramo (caudal de ingreso) así como del punto final del tramo (caudal de salida).
- Realizamos el aforo del canal usando el método del flotador, en un tramo recto de una longitud de 10 m., para el cálculo aproximado del caudal del canal, cuyo caudal nos servirá para el diseño de los vertederos.
- Diseñamos los vertederos de pared delgada de sección rectangular, para el punto de inicio así como para el punto final del tramo, se diseñara dos vertederos para cada punto, para determinar el caudal de ingreso y salida, en condiciones de tirante de agua normal (en condición aireada).



- Se intentó realizar la calibración del vertedero a usar en los aforos, usando la comparación de resultados obtenidos con el método volumétrico y la fórmula para vertederos de sección rectangular, esta calibración no se pudo realizar debido a que las condiciones fueron desfavorables para la obtención del caudal usando el método volumétrico, siendo estas condiciones desfavorables las siguientes: gran cantidad de agua que se vertía desde el vertedero y no se lograba recoger en los depósitos, las dimensiones del canal no eran las adecuadas. Finalmente como no se pudo obtener el factor de corrección, se optó por usar la fórmula original usada para la obtención de caudales con vertederos de pared delgada de sección rectangular.
- Determinamos los caudales de ingreso y salida del tramo, tomando tres medidas en un día, usando las fichas de toma de datos para esta etapa del estudio, en el punto de inicio (caudal de ingreso) y en el punto final (caudal de salida). Estas mediciones se realizaron durante dos semanas e inter diario.
- Realizamos el registro fotográfico en cada toma de medidas.
- Mediante caudales obtenidos realizando los aforos, se determinó la eficiencia de conducción para diferentes días. Los aforos los realizamos interdiario.
- Una vez determinada las eficiencias de conducción durante el lapso de dos semanas e inter diario, se sacara un promedio de las eficiencias para finalmente determinar la eficiencia de conducción del canal de riego Huayrapongo.



- Para la obtención de los resultados finales, se deberá realizar el tratamiento estadístico correspondiente a la investigación.

La recolección de información para la **evaluación del estado de agrietamiento del canal** la realizamos a través de observación directa, de la siguiente manera:

- Ubicamos las principales grietas, roturas y estado de las juntas existentes en el tramo de canal de riego.
- Medimos y describimos el estado de las principales grietas, roturas y estado de las juntas existentes en el tramo de canal de riego; haciendo uso de las fichas de evaluación correspondiente.
- Realizamos el registro fotográfico del tramo en estudio del canal de riego.
- Realizamos el vaciado de datos a las tablas correspondientes de las grietas, roturas y estado de las juntas, encontradas en el tramo en estudio del canal, con sus respectivas descripciones y fotografías.

2.6.3. Forma de Tratamiento de los Datos.

Los diferentes valores de la eficiencia de conducción los hemos considerado como los datos que han sido promediados haciendo uso de la media aritmética.

2.6.4. Forma de Análisis de las Informaciones.

Los datos obtenidos en la determinación de la eficiencia de conducción del canal, serán procesados y analizados con el programa Microsoft Excel.

Los datos obtenidos en la evaluación del estado de agrietamiento del canal, serán procesados y analizados en el Microsoft Excel y Microsoft Word.



2.7. PROCEDIMIENTO Y CALCULOS.

2.7.1. Cálculo Aproximado de Caudales Usando el Método del Flotador.

Para el cálculo de los caudales en el punto de inicio y punto final del tramo, usamos el método denominado "método del flotador", para lo cual se selecciona un tramo de 10m del canal, en el cual hemos tomado 5 datos del tiempo que demora un objeto en recorrer los 10m marcados, el cálculo de los caudales se muestra a continuación:

CALCULO DE CAUDALES - METODO DEL FLOTADOR

** DATOS:

$D =$	10.00	m
-------	-------	---

TIEMPOS:

$T_1 =$	14.11	s
$T_2 =$	13.94	s
$T_3 =$	14.09	s
$T_4 =$	13.98	s
$T_5 =$	13.87	s

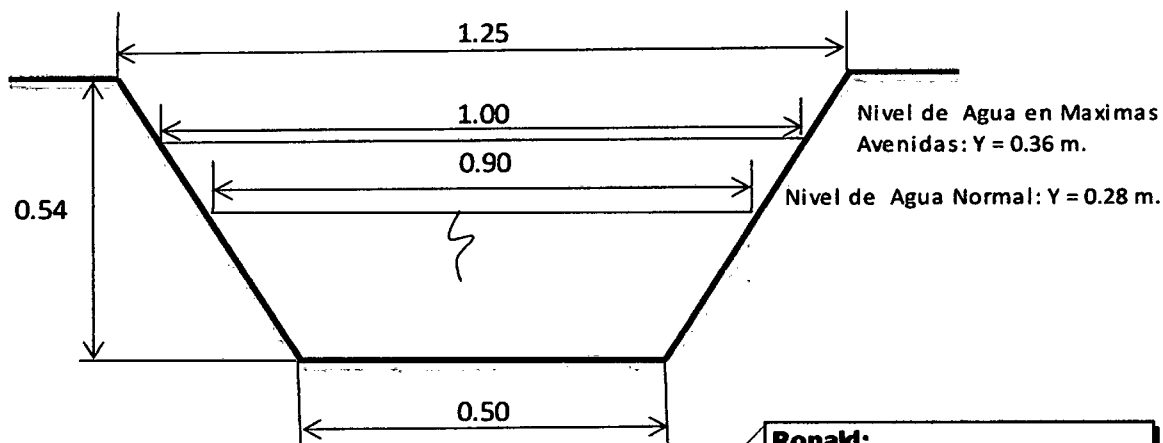
T (Prom.) =	13.998	s
---------------	--------	---

1.0 Calculamos la velocidad superficial y la velocidad media:

$V_{\text{superficial}} =$	0.714	m/s	Usamos la expresion (03)
----------------------------	-------	-----	--------------------------

$V_{\text{media}} =$	0.572	m/s	Usamos la expresion (01)
----------------------	-------	-----	--------------------------

2.0 Area de la seccion del canal:



Ronald:
 Dato obtenido del AutoCAD

$A =$	0.20	m^2
-------	------	-------



3.0 Finalmente calculamos los caudales, con la velocidad superficial para nuestro caudal de ingreso y con la velocidad media para nuestro caudal de salida:

**** Obtenemos el caudal para el punto de inicio:**

$$Q_i = 0.1429 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{Usamos la expresion (04)}$$

$$Q_i = 142.9 \text{ l/s}$$

**** Obtenemos el caudal para el punto de salida:**

$$Q_s = 0.1143 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{Usamos la expresion (04)}$$

$$Q_s = 114.3 \text{ l/s}$$

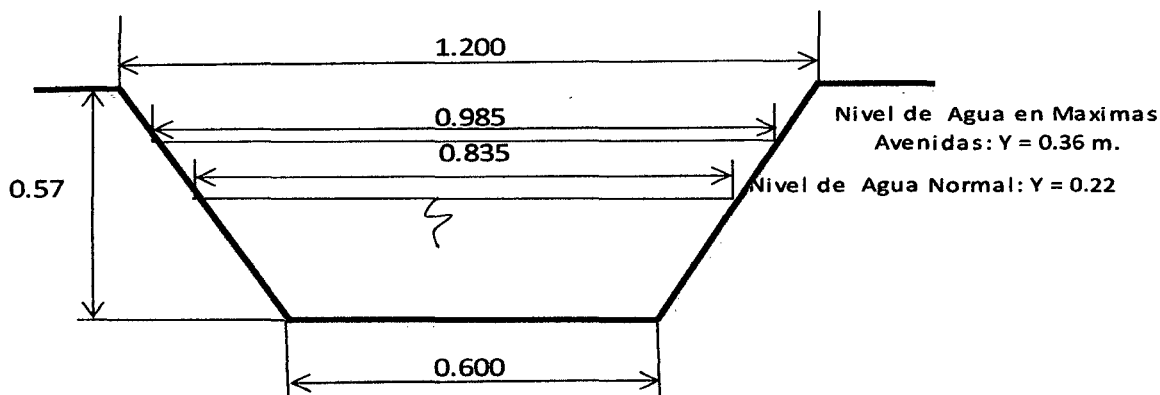


2.7.2. Diseño de Vertederos.

Para este diseño de los vertederos, se considera los caudales determinados anteriormente con el método del flotador, los cuales se consideran como datos de entrada para el diseño de los vertederos tal y como se muestra a continuación:

**DISEÑO DE VERTEDERO DE PARED DELGADA DE SECCION RECTANGULAR - PUNTO INICIAL
PROG. 0 + 000 (CAUDAL DE INGRESO)**

1.0 Dimensiones de la seccion del canal es estudio, asi como los tirantes de agua.



2.0 Predimensionamiento del espesor del vertedero:

$$e < 0.125 \text{ m} \quad \text{Usamos la expresion (05)}$$

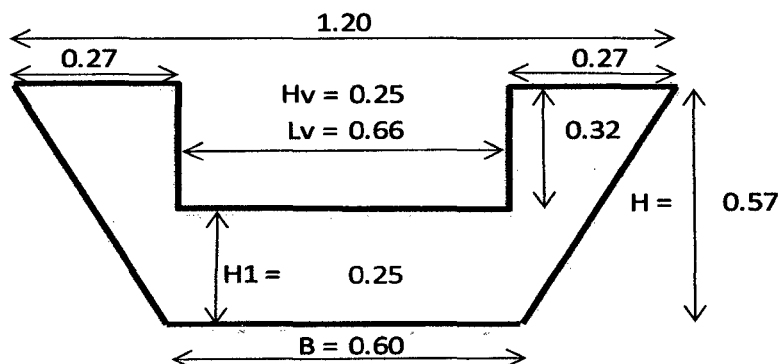
$$e < 12.50 \text{ cm}$$

Consideramos un espesor de lamina:

$$e = 2.50 \text{ mm}$$

3.0 Datos obtenidos, usando el Metodo del Flotador.

V =	0.714	m/s	(Dato Obtenido del AutoCad)
A =	0.200	m ²	
Q =	0.143	m ³ /s	





4.0 Para el diseño de vertedero, damos valores a H_v y L_v .

$H_v =$	0.25	m
$L_v =$	0.66	m

5.0 Ingresamos valores en la Fórmula, hasta obtener un caudal aproximado al caudal obtenido por el método del flotador:

Fórmula Para vertederos De Pared delgada (Sección Rectangular)

$Q = \frac{2}{3} * \sqrt{2 * g} * L * h^{\frac{3}{2}} * u$	expresion (06)
--	----------------

Donde:

- Q: Caudal que fluye por el vertedero (m^3/s)
- L: Ancho de la cresta (m)
- h: Carga del vertedero (m)
- g: Aceleración gravitacional ($9.8 m/s^2$)
- u: Coeficiente de gasto (Para nuestros calculos asumimos un valor de 0.60)
- $\mu \approx 0.60$

Reemplazando tenemos:

$Q =$	0.146	m^3/s	Usamos la expresion (06)
-------	-------	---------	--------------------------

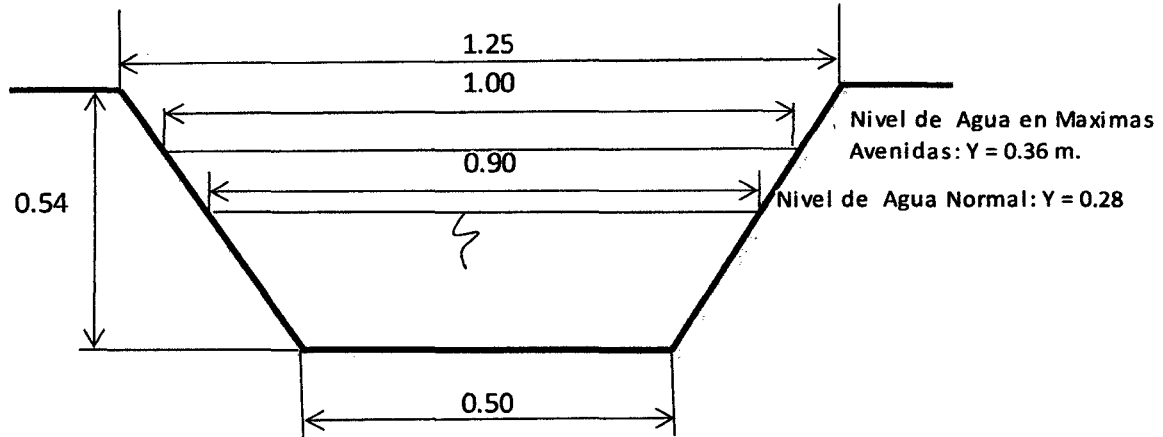
6.0 Ya que con los datos asumidos obtenemos un caudal aproximado al obtenido por el método del flotador, el vertedero con las dimensiones asumidas será el vertedero usado para nuestras mediciones de caudal.

Para la obtención de los caudales usando el vertedero de pared delgada de sección rectangular diseñado, se lo realizó usando la fórmula original para el cálculo de caudales ya que no se logró obtener el factor de corrección, tal y como se describe en el ítem 2.6.2. Técnicas, Instrumentos para la Obtención de Datos.



**DISEÑO DE VERTEDERO DE PARED DELGADA DE SECCION RECTANGULAR - PUNTO FINAL
 PROG. 1 + 000 (CAUDAL DE SALIDA)**

1.0 Dimensiones de la seccion del canal es estudio, asi como los tirantes de agua.



2.0 Predimensionamiento del espesor del vertedero:

$$e < 0.100 \text{ m} \quad \text{Usamos la expresion (05)}$$

$$e < 10.00 \text{ cm}$$

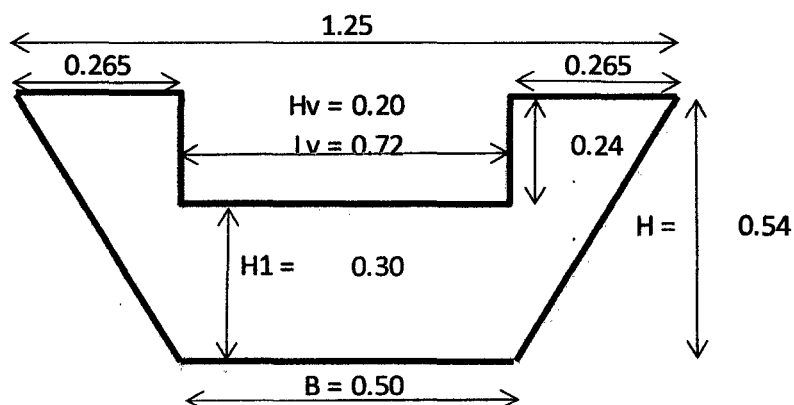
Consideramos un espesor de lamina:

e =	2.50	mm
-----	------	----

3.0 Datos de la determinacion del caudal usando el Metodo del Flotador.

NOTA: Para obtener la velocidad media, a la velocidad encontrada por el metodo del flotador (velocidad superficial) se le multiplica por el factor 0.8, teniendo en cuenta que la velocidad no es uniforme en toda la seccion transversal.

V =	0.572	m/s	(Velocidad Media)
A =	0.200	m ²	
Q =	0.114	m ³ /s	





4.0 Para el diseño del vertedero; damos valores a H_v y L_v .

$H_v =$	0.20	m
$L_v =$	0.72	m

5.0 Ingresamos valores en la Formula, hasta obtener un caudal aproximado al caudal obtenido por el metodo del flotador:

Fórmula Para vertederos De Pared delgada (Sección Rectangular)

$$Q = \frac{2}{3} * \sqrt{2 * g * L * h^3} * u$$

expresion (06)

Donde:

Q: Caudal que fluye por el vertedero (m^3/s)

L: Ancho de la cresta (m)

h: Carga del vertedero (m)

g: Aceleración gravitacional ($9.8 m/s^2$)

u: Coeficiente de gasto

$\mu \approx 0.60$

Reemplazando tenemos:

$Q =$	0.114	$m^3/seg.$
-------	-------	------------

Usamos la expresion (06)

6.0 Ya que con los datos asumidos obtenemos un caudal aproximado al obtenido por el metodo del flotador, el vertedero con las dimensiones asumidas sera el vertedero usado para nuestras mediciones de caudal.

Para la obtención de los caudales usando el vertedero de pared delgada de sección rectangular diseñado, se lo realizo usando la fórmula original para el cálculo de caudales ya que no se logró obtener el factor de corrección, tal y como se describe en al Ítem 2.6.2. Técnicas, Instrumentos para la Obtención de Datos.



CAPITULO III. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

3.1. RESULTADO DE LA INVESTIGACION

3.1.1. Caudales de ingreso al canal:

TABLA 3.1. OBTENCION DE CAUDALES DE INGRESO

DIA Y FECHA	Base del Vertedero (B)	Umbral del Vertedero (W)	Longitud de Cresta (L):	Carga Hidraulica (h):	Coefficiente de Gasto (μ) *	Caudal de Ingreso **	Caudal Promedio de Ingreso
UNIDADES	m	m	m	m	s/u	m ³ /s	m ³ /s
MARTES: 15/01/2013	0.60	0.25	0.66	0.116	0.6497	0.050	0.051
				0.118	0.6491	0.051	
				0.120	0.6486	0.053	
JUEVES: 07/01/2013	0.60	0.25	0.66	0.118	0.6491	0.051	0.052
				0.119	0.6488	0.052	
				0.120	0.6486	0.053	
SABADO: 19/01/2013	0.60	0.25	0.66	0.120	0.6486	0.053	0.053
				0.121	0.6483	0.053	
				0.121	0.6483	0.053	
LUNES: 21/01/2013	0.60	0.25	0.66	0.136	0.6446	0.063	0.063
				0.134	0.6451	0.062	
				0.138	0.6442	0.064	
MIERCOLES: 23/01/2013	0.60	0.25	0.66	0.140	0.6438	0.066	0.064
				0.138	0.6442	0.064	
				0.136	0.6446	0.063	
VIERNES: 25/01/2013	0.60	0.25	0.66	0.140	0.6438	0.066	0.065
				0.138	0.6442	0.064	
				0.138	0.6442	0.064	

* Para el calculo del coeficiente de gasto (μ) se utiliza la formula descrita en la ecuacion (07)

** Para el calculo del caudal se utiliza la formula descrita en la ecuacion (06)



Los caudales de ingreso al tramo de estudio del canal se lo han determinado usando un vertedero de sección rectangular, realizando tres aforos durante seis días, teniendo como resultado seis caudales correspondientes a cada uno de los días tal y como se muestra en la tabla anterior, los cuales varían de 50 a 65 l/s.



3.1.2. Caudales de salida del canal:

TABLA 3.2. OBTENCION DE CAUDALES DE SALIDA

DIA Y FECHA	Base del Vertedero (B)	Umbral del Vertedero (W)	Longitud de Cresta (L):	Carga Hidraulica (h):	Coefficiente de Gasto (μ) *	Caudal de Salida **	Caudal Promedio de Salida
UNIDADES	m	m	m	m	s/u	m ³ /s	m ³ /s
MARTES: 15/01/2013	0.50	0.30	0.72	0.102	0.6704	0.046	0.047
				0.102	0.6704	0.046	
				0.103	0.6701	0.047	
JUEVES: 07/01/2013	0.50	0.30	0.72	0.100	0.6712	0.045	0.046
				0.101	0.6708	0.046	
				0.101	0.6708	0.046	
SABADO: 19/01/2013	0.50	0.30	0.72	0.105	0.6693	0.048	0.050
				0.108	0.6683	0.050	
				0.107	0.6686	0.050	
LUNES: 21/01/2013	0.50	0.30	0.72	0.115	0.6661	0.055	0.058
				0.119	0.6649	0.058	
				0.122	0.6641	0.060	
MIERCOLES: 23/01/2013	0.50	0.30	0.72	0.119	0.6649	0.058	0.057
				0.119	0.6649	0.058	
				0.116	0.6658	0.056	
VIERNES: 25/01/2013	0.50	0.30	0.72	0.121	0.6644	0.059	0.060
				0.121	0.6644	0.059	
				0.122	0.6641	0.060	

* Para el calculo del coeficiente de gasto (μ) se utiliza la formula descrita en la ecuacion (07)

** Para el calculo del caudal se utiliza la formula descrita en la ecuacion (06)

Los caudales de salida del tramo en estudio del canal se lo han determinado usando un vertedero de sección rectangular, realizando tres aforos durante seis días, teniendo como resultado seis caudales correspondientes a cada uno de los días tal y como se muestra en la tabla anterior, los cuales varían de 46 a 60 l/s.



3.1.3. Eficiencia de Conducción del Canal:

TABLA 3.3. EFICIENCIA DE CONDUCCION

FECHA	CAUDAL DE INGRESO (m ³ /s)	CAUDAL DE SALIDA (m ³ /s)	EFICIENCIA DE CONDUCCION (%)***
MARTES: 15 - 01 - 2013	0.051	0.047	92.16
JUEVES: 17 - 01 - 2013	0.052	0.046	88.46
SABADO: 19 - 01 - 2013	0.053	0.050	94.34
LUNES: 21 - 01 - 2013	0.063	0.058	92.06
MIERCOLES: 23- 01 - 2013	0.064	0.057	89.06
VIERNES: 25 - 01 - 2013	0.065	0.060	92.31

*** Para el calculo de la eficiencia de conduccion se utiliza la formula descrita en la ecuacion (02)

PROMEDIO DE LA EFICIENCIA DE CONDUCCION: $\frac{92.16 + 88.46 + 94.34 + 92.06 + 89.06 + 92.31}{6} = 91.40\%$

La tabla anterior nos muestra las eficiencias de conducción de cada uno de los días en los cuales se realizó los aforos correspondientes, como se puede apreciar no existe variación significativa, por lo que hemos optado calcular directamente la media aritmética, con lo cual finalmente obtenemos la eficiencia de conducción del canal de riego Huayrapongo, tal y como se muestra en la tabla anterior.

Las pérdidas que se producen en este tramo del canal se consideran solamente por infiltraciones, mas no por evaporación, ya que ésta no se está considerando como variable en el trabajo de investigación.



3.1.4. Evaluación del Estado de Agrietamiento del Canal.

TABLA 3.4. RESULTADOS DE LA EVALUACION DEL ESTADO DE AGRIETAMIENTO DEL CANAL

NUMERO	PROGRESIVA Km.	TIPO			CODIGO	PROFUNDIDAD (cm)	ESPESOR (cm)	LONGITUD (cm)	OBSERVACIONES Y/O GRAFICA
		GRIETA	ROTURA	JUNTAS					
1	0+001.10		X		R 01	10.00	10.00	22.00	Forma irregular, se encuentra a lado de una junta.
2	0+004.00		X		R 02	2.00	5.00	25.00	Forma irregular, se encuentra a lado de una junta.
3	0+005.30	X			G 01	10.00	0.30	52.00	Forma irregular.
4	0+005.72	X			G 02	15.00	0.20	53.00	Forma irregular.
5	0+010.00			X	J 01	....	....	....	No existe material asfáltico el paño esta salido.
6	0+015.90			X	J 02	....	....	....	No existe material asfáltico el paño esta salido.
7	0+024.10	X			G 03	10.00	0.50	54.00	Provocada por la presencia de arbol a lado del canal.
8	0+054.75	X			G 04	5.00	0.20	40.00	Forma irregular.
9	0+084.72		X		R 03	15.00	15.00	20.00	Forma irregular, se encuentra a lado de una junta.
10	0+112.30		X		R 04	15.00	25.00	40.00	Forma irregular, se encuentra a lado de una junta.
11	0+129.00		X		R 05	5.00	11.00	17.00	Forma irregular.
12	0+241.00			X	J 03	....	....	....	No existe material asfáltico, roturas en los costados,
13	0+283.50			X	J 04	....	....	....	No existe material asfáltico.
14	0+356.00			X	J 05	....	....	....	No existe material asfáltico.
15	0+372.30			X	J 06	....	....	....	No existe material asfáltico el paño esta salido.
16	0+374.00			X	J 07	....	....	....	No existe material asfáltico, roturas en los costados,
17	0+432.70			X	J 08	....	....	....	No existe material asfáltico, roturas en los costados,



TESIS: DETERMINACION DE LA EFICIENCIA DE CONDUCCION DEL CANAL DE RIEGO HUAYRAPONGO,
DISTRITO DE BAÑOS DEL INCA – CAJAMARCA.

NUMERO	PROGRESIVA Km.	TIPO			CODIGO	PROFUNDIDAD (cm)	ESPESOR (cm)	LONGITUD (cm)	OBSERVACIONES Y/O GRAFICA
		GRIETA	ROTURA	JUNTAS					
18	0+432.70			X	J 09	....	....	....	No existe material asfáltico, roturas en los costados,
19	0+492.46			X	J 10	....	....	....	No existe material asfáltico, roturas en los costados,
20	0+529.50 0+927.00	Tramo del canal que se encuentra tapado, ya que esta parte del canal se encuentra en la zona urbana del distrito de Baños del Inca, en esta parte no se ha realizado el registro de grietas, roturas y estado de las juntas.							
21	0+934.00	Tramo del canal reparado.			....	....	....	....	El tramo reparado tiene una longitud de 2.00 m.
22	0+970.00			X	J 11	....	....	....	No existe material asfáltico, roturas en los costados,
23	0+981.70		X		G 06	10.00	40.00	65.00	Forma irregular, se encuentra a lado de una junta.

El registro de datos se lo ha realizado en el tramo del canal que se encuentra abierto en una longitud de 602.50 m., no pudiendo realizar en el tramo que está tapado.

Como se puede apreciar en el cuadro anterior, el canal en estudio cuenta con fallas como son: grietas, roturas y juntas en mal estado, observándose roturas importantes de hasta 65 cm. de lado, grietas de hasta 54 cm. de longitud y juntas que prácticamente no tienen material asfáltico.



3.2. ANALISIS DE LA INFORMACION

3.2.1. Análisis para la Eficiencia de Conducción.

Para esta parte del estudio se presenta un cuadro resumen de las eficiencias de conducción determinadas en cada uno de los aforos y cada uno de los días que se realizó estos aforos.

TABLA 3.5. EFICIENCIA DE CONDUCCION

FECHA	UNIDAD	EFICIENCIA DE CONDUCCION (%)
MARTES: 15 - 01 - 2013	%	92.16
JUEVES: 17 - 01 - 2013	%	88.46
SABADO: 19 - 01 - 2013	%	94.34
LUNES: 21 - 01 - 2013	%	92.06
MIERCOLES: 23- 01 - 2013	%	89.06
VIERNES: 25 - 01 - 2013	%	92.31

PROMEDIO DE LA EFICIENCIA DE CONDUCCION: 91.40%

La eficiencia de conducción obtenida, corresponde al promedio de seis valores, este valor obtenido corresponde a una eficiencia de conducción alta para este tipo de canales revestidos de concreto simple.

3.2.2. Análisis para el Estado de Agrietamiento del Canal.

Para esta parte del estudio se presenta un cuadro resumen de las fallas, grietas y estado de juntas, que se pudo encontrar en el kilómetro de canal estudiado.

Es necesario mencionar que una parte del canal está tapado con losas de concreto, en la cual no se pudo hacer el registro de fallas, por lo que lo que se presenta es la parte del canal descubierto.



TABLA 3.6. ESTADO DE AGRIETAMIENTO DEL CANAL

DESCRIPCION	CANTIDAD
GRIETAS	4
ROTURAS	6
JUNTAS EN MAL ESTADO	11

La tabla anterior corresponde al registro de fallas encontradas en el tramo de canal abierto (602.50 m.), por la cantidad de fallas encontradas en el tramo se puede considerar que estamos hablando de un canal en regular estado.

3.3. CONTRASTACION DE LA HIPOTESIS

Con los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, y con todas las tablas mostradas anteriormente; podemos decir que nuestra hipótesis planteada al inicio de este trabajo: La eficiencia de Conducción del canal de riego Huayrapongo, debido a las filtraciones ocasionadas por el estado de agrietamiento es baja. NO ES VALIDA; ya que el valor obtenido de 91.40% de eficiencia de conducción del canal de riego corresponde a una eficiencia de conducción alta para este tipo de canales revestidos de concreto simple.



CAPITULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES:

- La hipótesis planteada en nuestro trabajo de investigación no es válida ya que el valor de 91.40% de eficiencia de conducción pertenece a una eficiencia de conducción alta.

- La eficiencia de conducción del canal de riego Huayrapongo, es de 91.40%, en un tramo de 1.00 Km. de canal, correspondiente a las progresivas 0+500 al 1+500, siendo esta una eficiencia de conducción alta.

- Se determinó los caudales de ingreso y salida, del canal de riego Huayrapongo, los cuales se presentan en la tablas: TABLA No 03.01: OBTENCION DE CAUDALES DE INGRESO y TABLA No 03.02: OBTENCION DE CAUDALES DE SALIDA, teniendo los siguientes valores:
 - Caudal máximo de ingreso : 65 l/s
 - Caudal máximo de salida : 60 l/s
 - Caudal mínimo de ingreso : 50 l/s
 - Caudal mínimo de salida : 46 l/s



- Se evaluó el estado de agrietamiento del canal de riego Huayrapongo, en un tramo de 1.0 km. ubicado entre las progresivas 0+500 al 1+500, teniendo los siguientes resultados:

DESCRIPCION	CANTIDAD
GRIETAS	4
ROTURAS	6
JUNTAS EN MAL ESTADO	11



4.2. RECOMENDACIONES:

- Se recomienda a los investigadores de estos tipos de trabajos, que para los trabajos de investigación relacionados a determinar la eficiencia de un canal de riego, se considere un tramo de mayor longitud al adoptado en este trabajo de investigación.

- Se recomienda a los investigadores, que los trabajos relacionados con éste, tengan más tiempo ya que dos meses no es suficiente para un trabajo de esta naturaleza.

- Se recomienda a la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil – Facultad de Ingeniería – UNC, continuar con esta investigación, tomando en cuenta más variables, tales como: la velocidad del flujo, temperatura ambiental, tipo de suelo de fundación del canal, entre otros.



CAPITULO V. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Bello M; Pino M. 2000. Chile: Medición de presión y caudal. Instituto de Investigaciones Agropecuarias Comisión Nacional de Riego. 20p.
- De La Torre C; Sierra R. 2000. Proyecto de Riego en Comunidades Campesinas Andinas: Una Propuesta Metodológica de Seguimiento y Evaluación. GPER INKA. 240p.
- Grant T Halvorson, Troubleshooting Concrete Cracking During Construction, Concrete Construction, 1993.
- GRASSI, C. Riego por surcos en suelos pesados. Mérida, Ven., CIDIAT.1973. 165 p. (Materiales de enseñanza. Doc.73)
- Lux, M. 2010.Medidores de Flujo en Canales Abiertos. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala.138p.
- Martínez, M; Fernández, D. 2012. Diseño hidráulico de un canal de llamada. secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación (SEGARPA).Montecillo, México. 26p.
- Palacios, E. 2004. La Eficiencia en el Uso del Agua en los Distritos de Riego. México. Colegio de posgraduados Montecillo.250p.
- Pirque, Marzo del 2009. Ventajas que ofrece el revestimiento de los canales. Asociación Canales de Maipo.6p.
- Sotelo, G. 1997. Hidráulica general volumen 1-Fundamentos.Mexico. Profesor titular de la universidad autónoma de México. 561p.



- Torres Sotelo, A. 1996. Metodología Para la Medición de la Velocidad de Flujo en un Canal. Profesor titular de la universidad autónoma de México. 165p.



ANEXOS



ANEXO A

FICHA DE RECOLECCION DE DATOS PARA LA DETERMINACION DE CAUDALES DE INGRESO
 METODO DEL VERTEDERO DE PARED DELGADA - SECCION RECTANGULAR

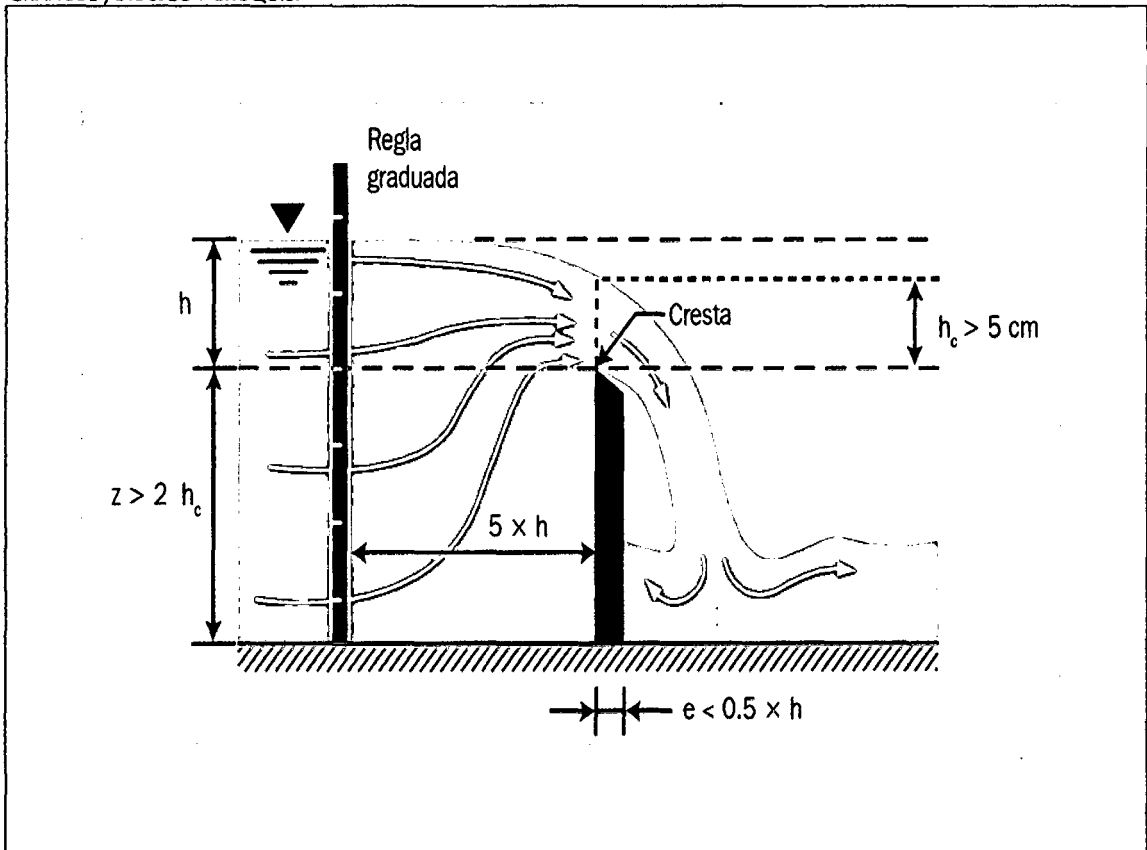
NOMBRE DE CANAL:	
NUMERO DE FICHA:	
LUGAR:	
FECHA:	
DIA:	
HORA DE TOMA DE DATOS (QI):	

INVESTIGADOR:	
---------------	--

CONDICION DE TIRANTE:	VERTEDOR AIREADO ()	VERTEDOR AHOGADO ()
-----------------------	----------------------	----------------------

VARIABLES	UNID.	N° DE AFOROS			CONDICION CLIMATICA	OBSERVACIONES
		1	2	3		
CARGAS HIDRAULICAS Y LONGITUD DE CRESTA (QI):						
CARGA HIDRAULICA (H) - QI:	m.					
LONGITUD DE CRESTA (L) - QI:	m.					

GRAFICOS , DIBUJOS Y CROQUIS:





ANEXO B

**FICHA DE RECOLECCION DE DATOS PARA LA DETERMINACION DE CAUDALES DE SALIDA
 METODO DEL VERTEDERO DE PARED DELGADA - SECCION RECTANGULAR**

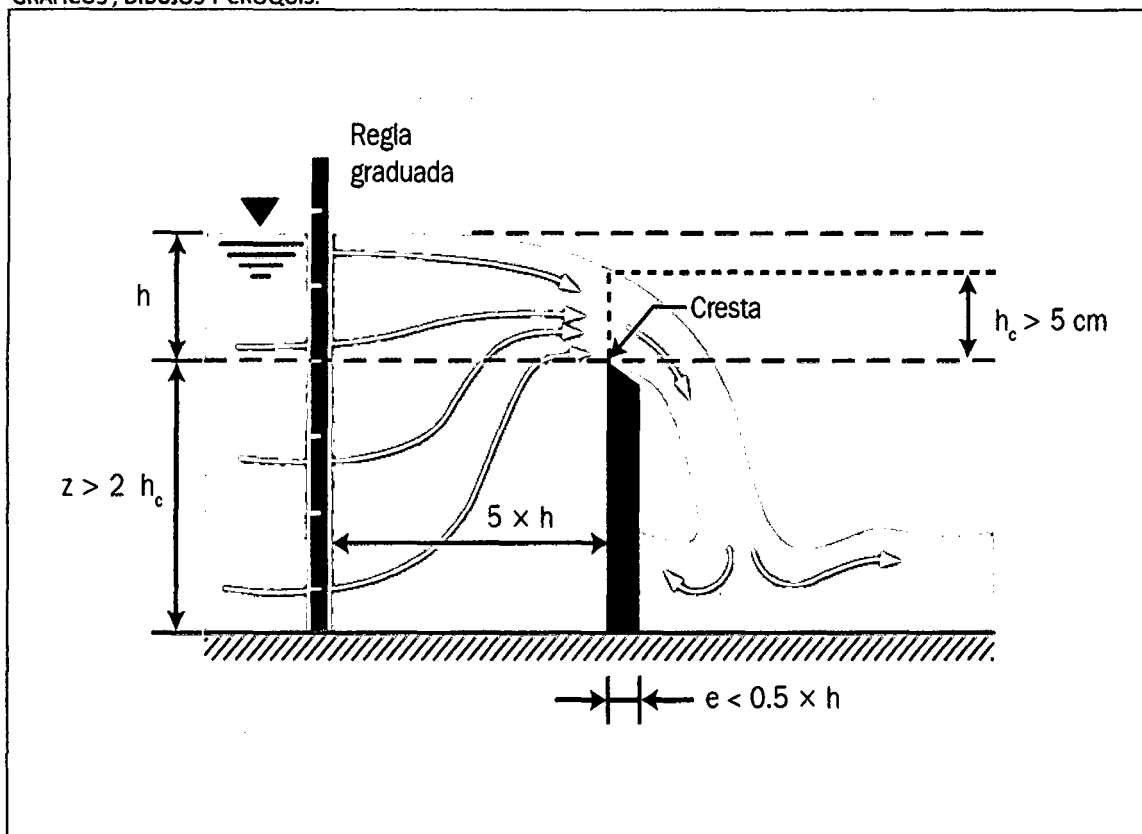
NOMBRE DE CANAL:	
NUMERO DE FICHA:	
LUGAR:	
FECHA:	
DIA:	
HORA DE TOMA DE DATOS (QS):	

INVESTIGADOR:	
---------------	--

CONDICION DE TIRANTE:	VERTEDOR AIREADO ()	VERTEDOR AHOGADO ()
-----------------------	----------------------	----------------------

VARIABLES	UNID.	N° DE AFOROS			CONDICION CLIMATICA	OBSERVACIONES
		1	2	3		
CARGAS HIDRAULICAS Y LONGITUD DE CRESTA (QS):						
CARGA HIDRAULICA (H) - QS:	m.					
LONGITUD DE CRESTA (L) - QS:	m.					

GRAFICOS, DIBUJOS Y CROQUIS:





ANEXO D: PANEL FOTOGRAFICO



FOTOGRAFIA Nº 01: CAPTACION DEL CANAL DE RIEGO HUAYRAPONGO.



FOTOGRAFIA Nº 02: TRAMO INICIAL O ANTECANAL DEL CANAL DE RIEGO HUAYRAPONGO.



FOTOGRAFIA Nº 03: TRANSICION AL CANAL PRINCIPAL DEL CANAL DE RIEGO HUAYRAPONGO.



FOTOGRAFIA Nº 04: CANAL PRINCIPAL DEL CANAL DE RIEGO HUAYRAPONGO.



FOTOGRAFIA Nº 05: VERTEDERO DE PARED DELGADA DE SECCION RECTANGULAR PARA EL PUNTO DE INICIO DEL TRAMO DE CANAL.



FOTOGRAFIA Nº 06: VERTEDERO DE PARED DELGADA DE SECCION RECTANGULAR PARA EL PUNTO FINAL DEL TRAMO DE CANAL.



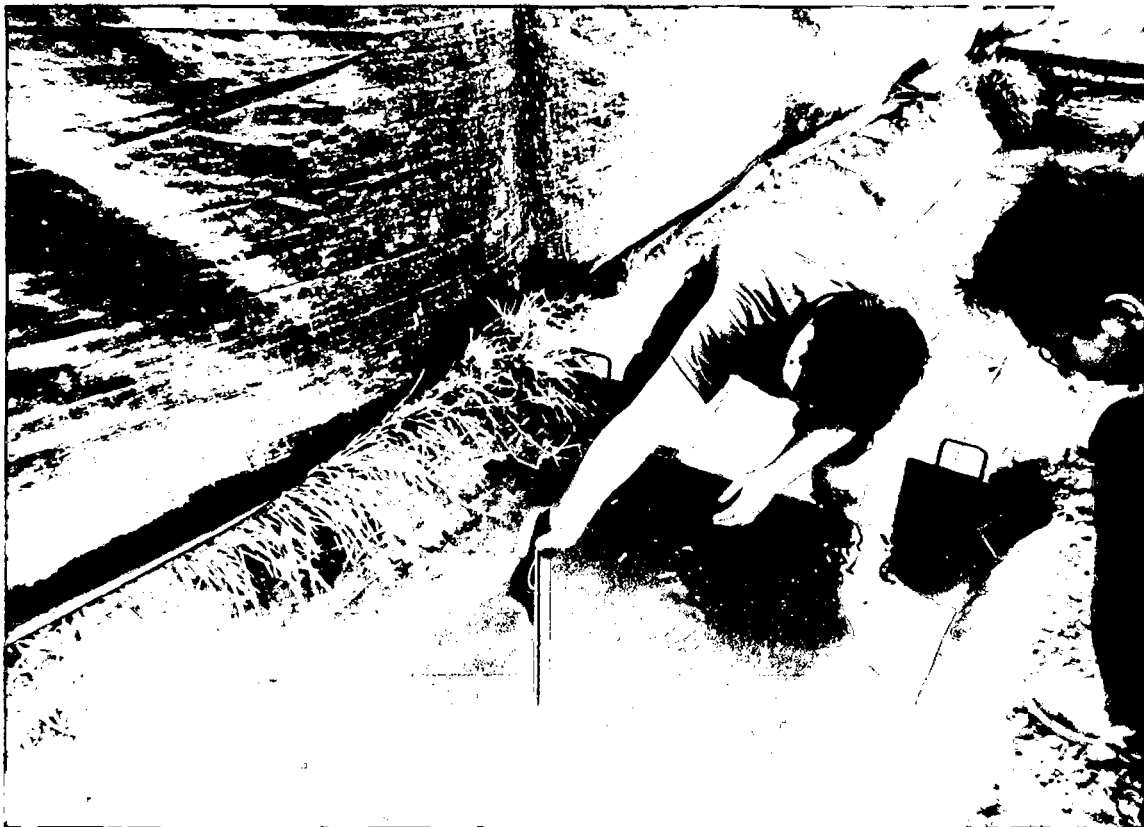
FOTOGRAFIA Nº 07: AFORAMIENTO EN EL PUNTO INICIAL DEL TRAMO DEL CANAL.



FOTOGRAFIA Nº 08: AFORAMIENTO EN EL PUNTO FINAL DEL TRAMO DEL CANAL.



FOTOGRAFIA Nº 09: TOMA DE DATOS DE LA CARGA HIDRAULICA EN EL PUNTO INICIAL DEL TRAMO DEL CANAL.



FOTOGRAFIA Nº 10: TOMA DE DATOS DE LA CARGA HIDRAULICA EN EL PUNTO INICIAL DEL TRAMO DEL CANAL.



**FOTOGRAFIA Nº 11: PODEMOS APRECIAR EN LA IMAGEN, QUE AL MOMENTO DE REALIZAR
LOS AFOROS TANTO EN EL PUNTO DE INGRESO Y DE SALIDA DEL TRAMOS DEL CANAL,
PRESENTA LA ZONA AIREADA LO CUAL ES PRIMORDIAL PARA APLICAR NUESTRA FORMULAS
CORRESPONDIENTES PARA EL CÁLCULO DE LOS CAUDALES.**



FOTOGRAFIA Nº 12: ROTURA 01, CON EL CODIGO R 01, UBICADA EN LA PROG. 0+001.10



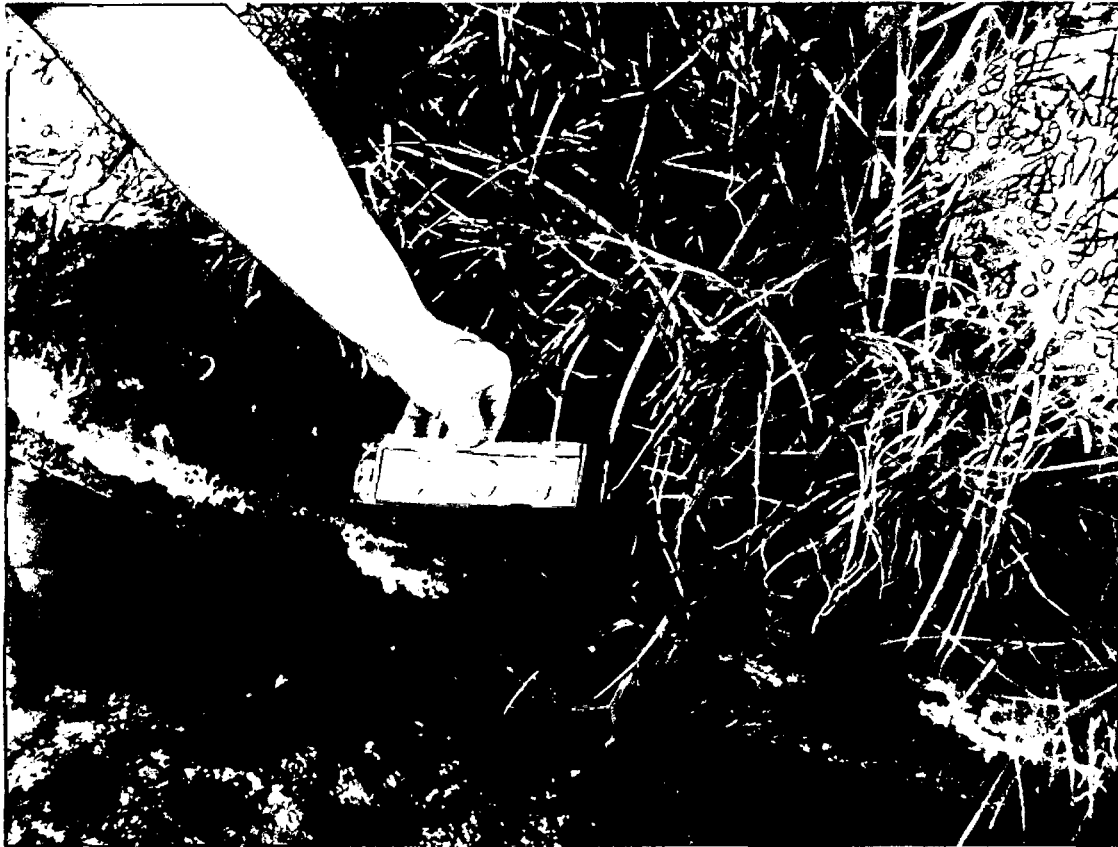
FOTOGRAFIA Nº 13: ROTURA 02, CON EL CODIGO R 02, UBICADA EN LA PROG. 0+004.00



FOTOGRAFIA N° 14: GRIETA 01, CON EL CODIGO G 01, UBICADA EN LA PROG. 0+005.30



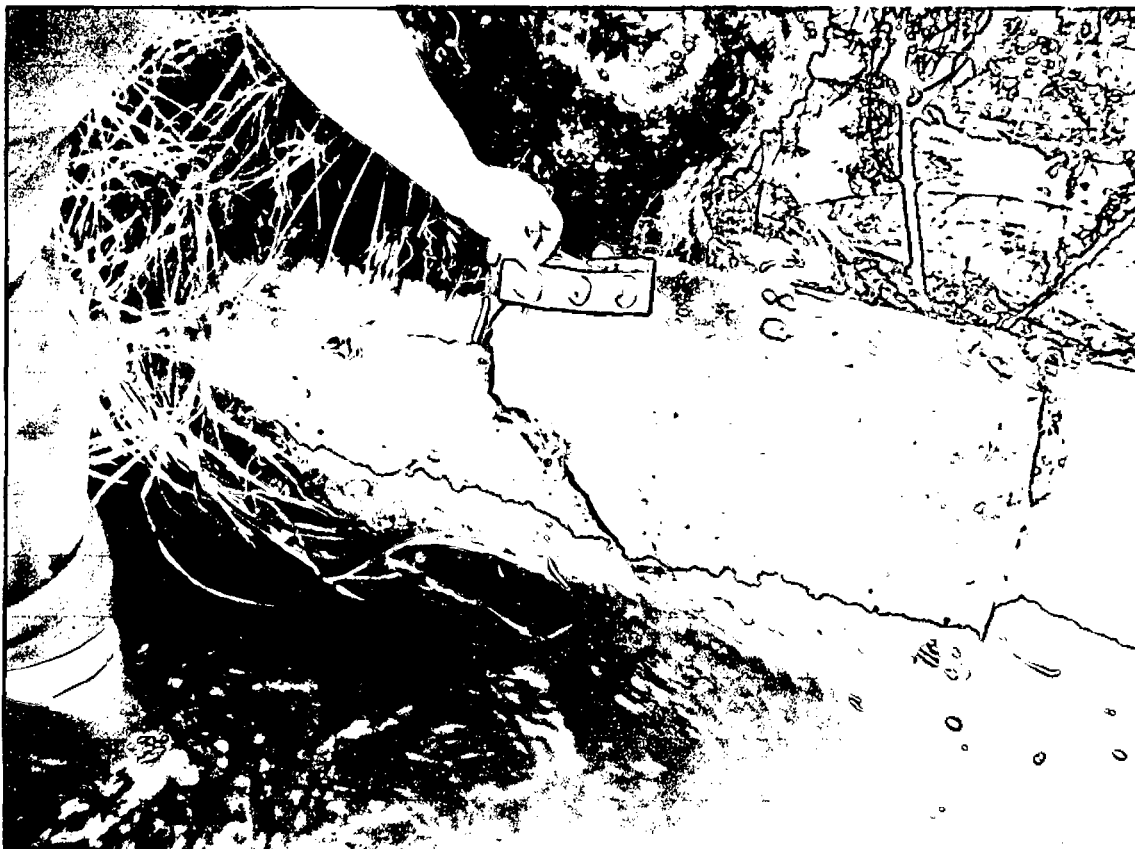
FOTOGRAFIA N° 15: GRIETA 02, CON EL CODIGO G 02, UBICADA EN LA PROG. 0+005.72



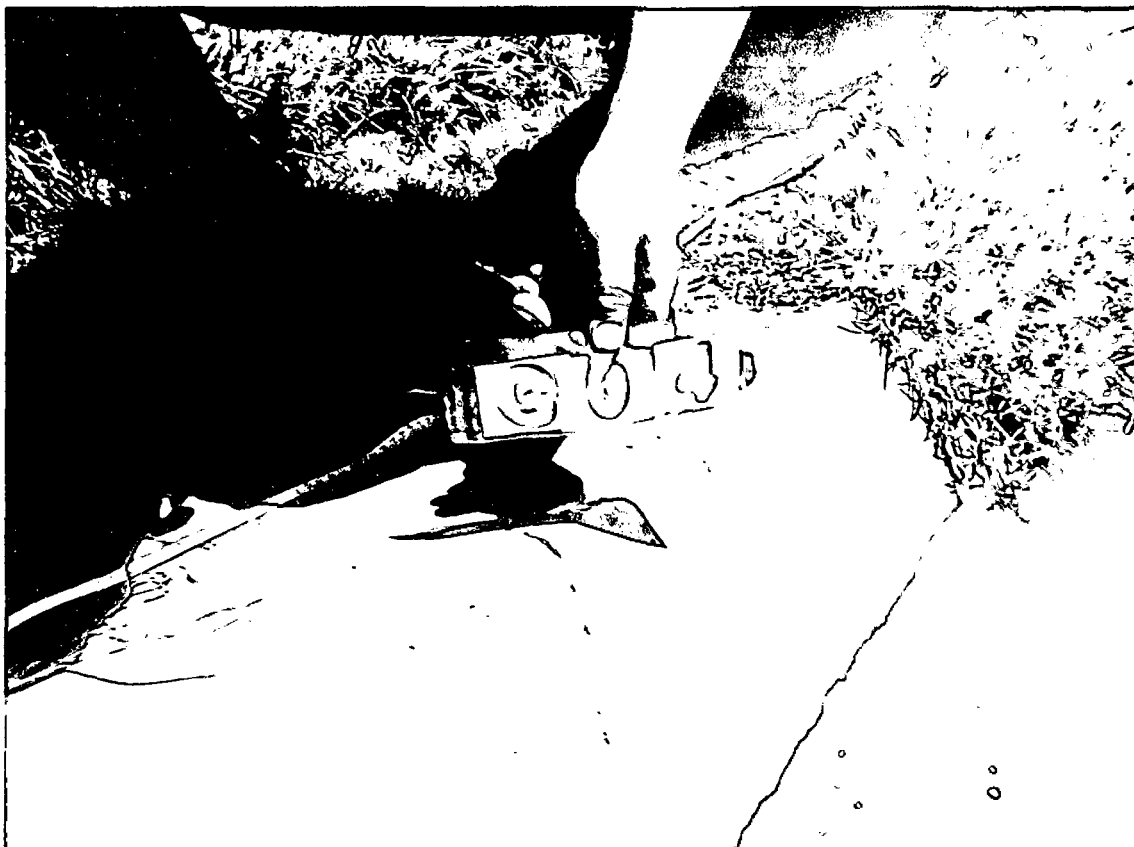
FOTOGRAFIA N° 16: JUNTA 01, CON EL CODIGO J 01, UBICADA EN LA PROG. 0+010.00



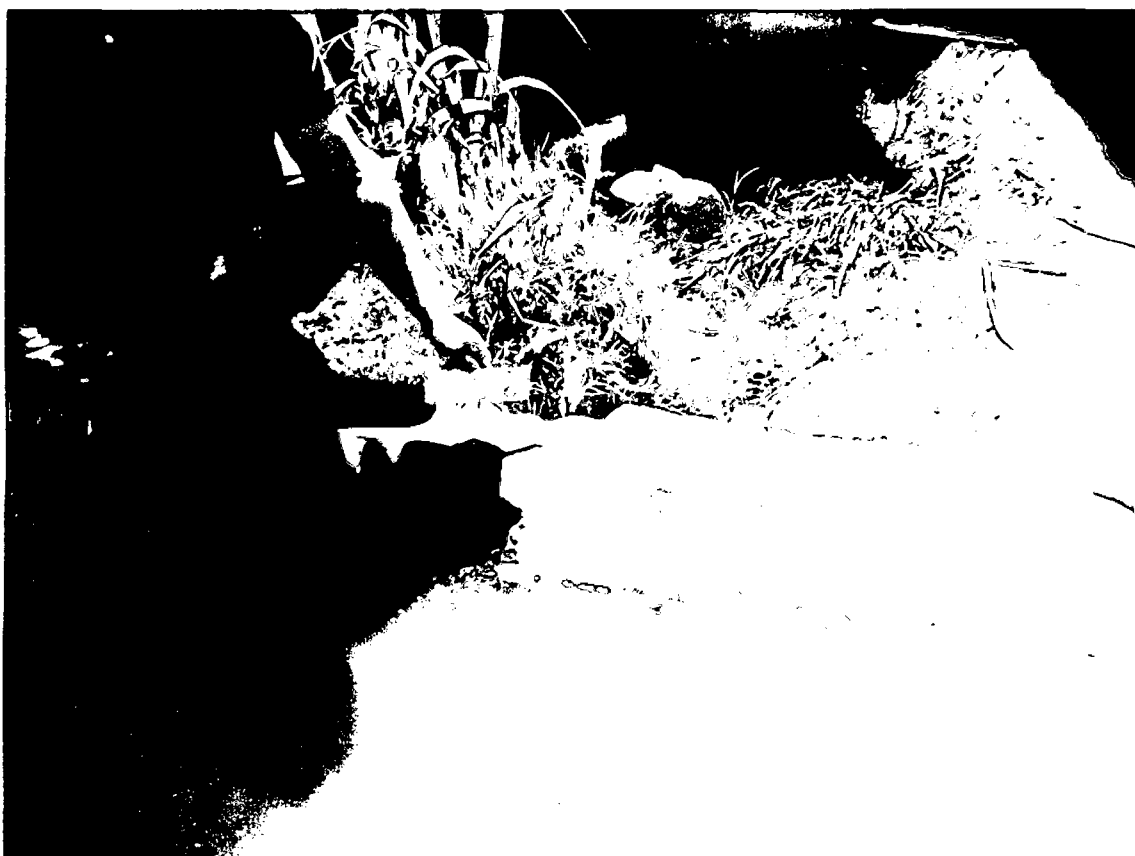
FOTOGRAFIA N° 17: JUNTA 02, CON EL CODIGO J 02, UBICADA EN LA PROG. 0+015.90



FOTOGRAFIA Nº 18: GRIETA 03, CON EL CODIGO G 03, UBICADA EN LA PROG. 0+024.10



FOTOGRAFIA Nº 19: GRIETA 04, CON EL CODIGO G 04, UBICADA EN LA PROG. 0+054.75



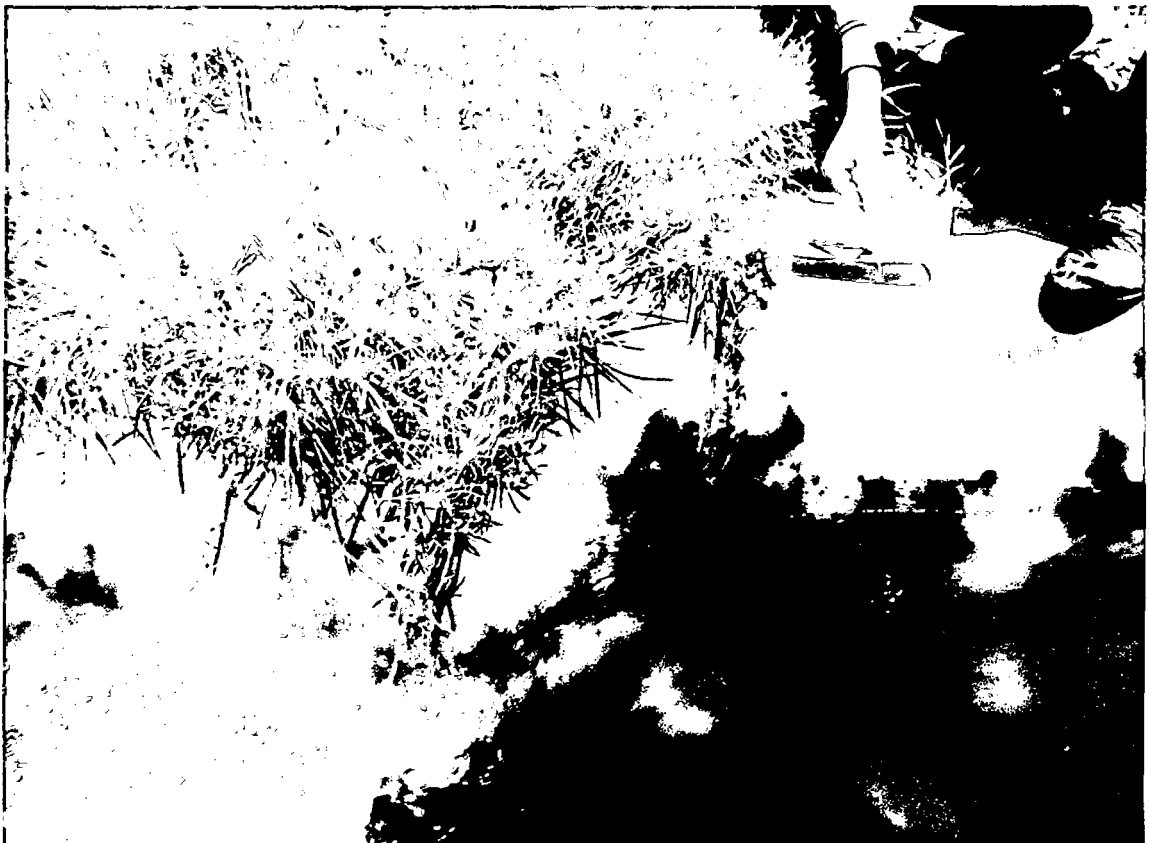
FOTOGRAFIA N° 20: ROTURA 03, CON EL CODIGO R 03, UBICADA EN LA PROG. 0+084.72



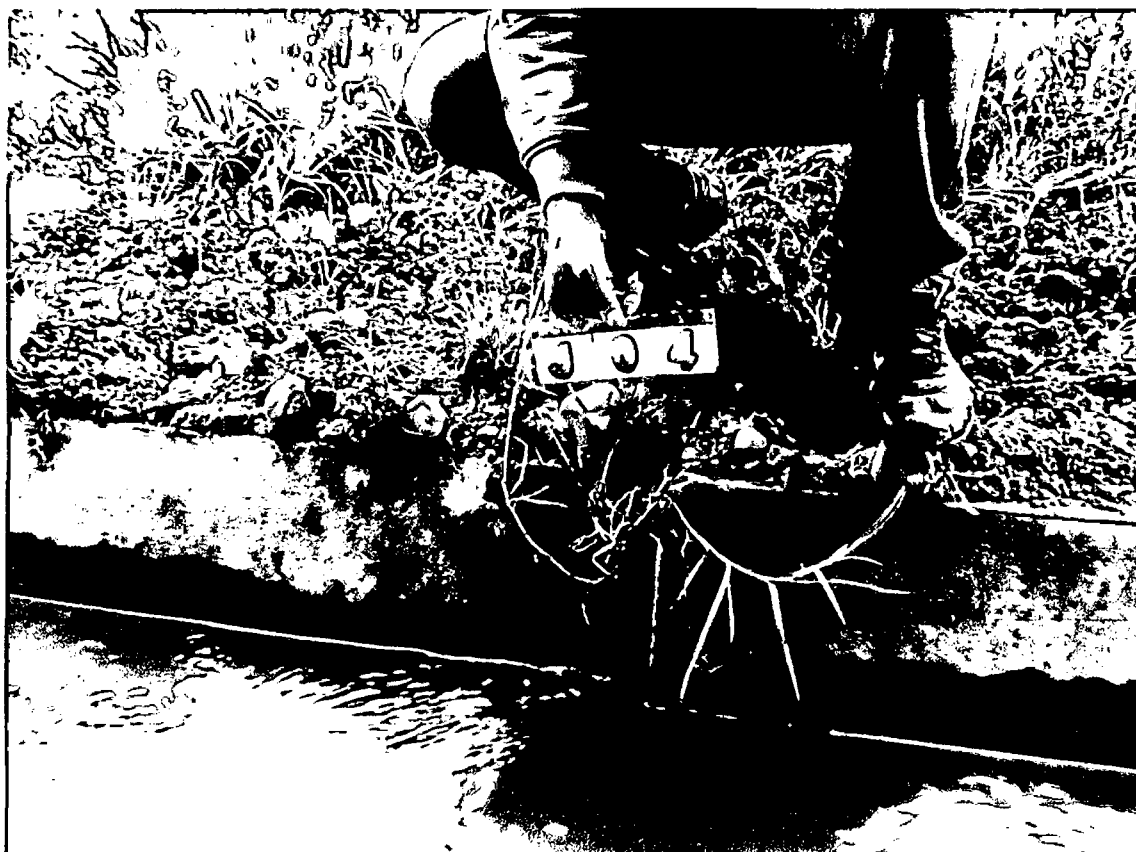
FOTOGRAFIA N° 21: ROTURA 04, CON EL CODIGO R 04, UBICADA EN LA PROG. 0+112.30



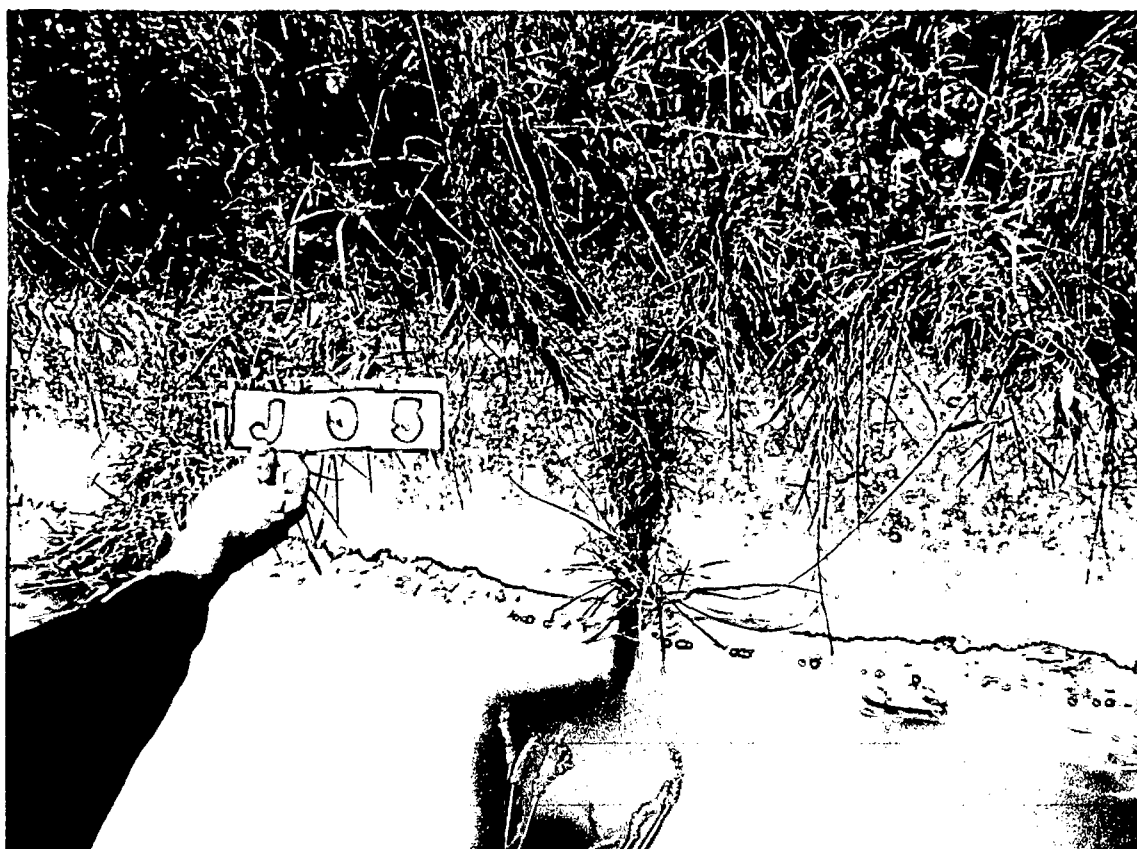
FOTOGRAFIA Nº 22: ROTURA 05, CON EL CODIGO R 05, UBICADA EN LA PROG. 0+129.00



FOTOGRAFIA Nº 23: JUNTA 03, CON EL CODIGO J 03, UBICADA EN LA PROG. 0+241.00



FOTOGRAFIA Nº 24: JUNTA 04, CON EL CODIGO J 04, UBICADA EN LA PROG. 0+283.50



FOTOGRAFIA Nº 25: JUNTA 05, CON EL CODIGO J 05, UBICADA EN LA PROG. 0+356.00



FOTOGRAFIA N° 26: JUNTA 06, CON EL CODIGO J 06, UBICADA EN LA PROG. 0+372.30



FOTOGRAFIA N° 27: JUNTA 07, CON EL CODIGO J 07, UBICADA EN LA PROG. 0+374.00



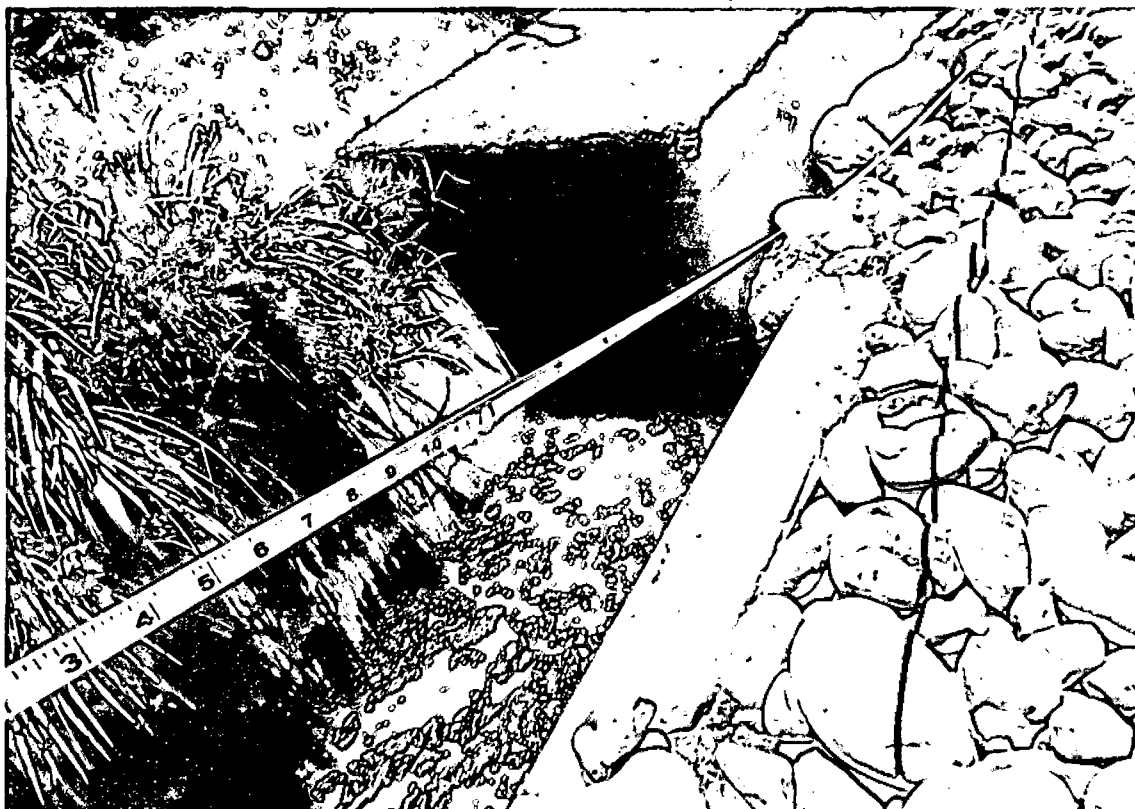
FOTOGRAFIA Nº 28: JUNTA 08, CON EL CODIGO J 08, UBICADA EN LA PROG. 0+432.70



FOTOGRAFIA Nº 29: JUNTA 09, CON EL CODIGO J 09, UBICADA EN LA PROG. 0+432.70



FOTOGRAFIA Nº 30: JUNTA 10, CON EL CODIGO J 10, UBICADA EN LA PROG. 0+492.46



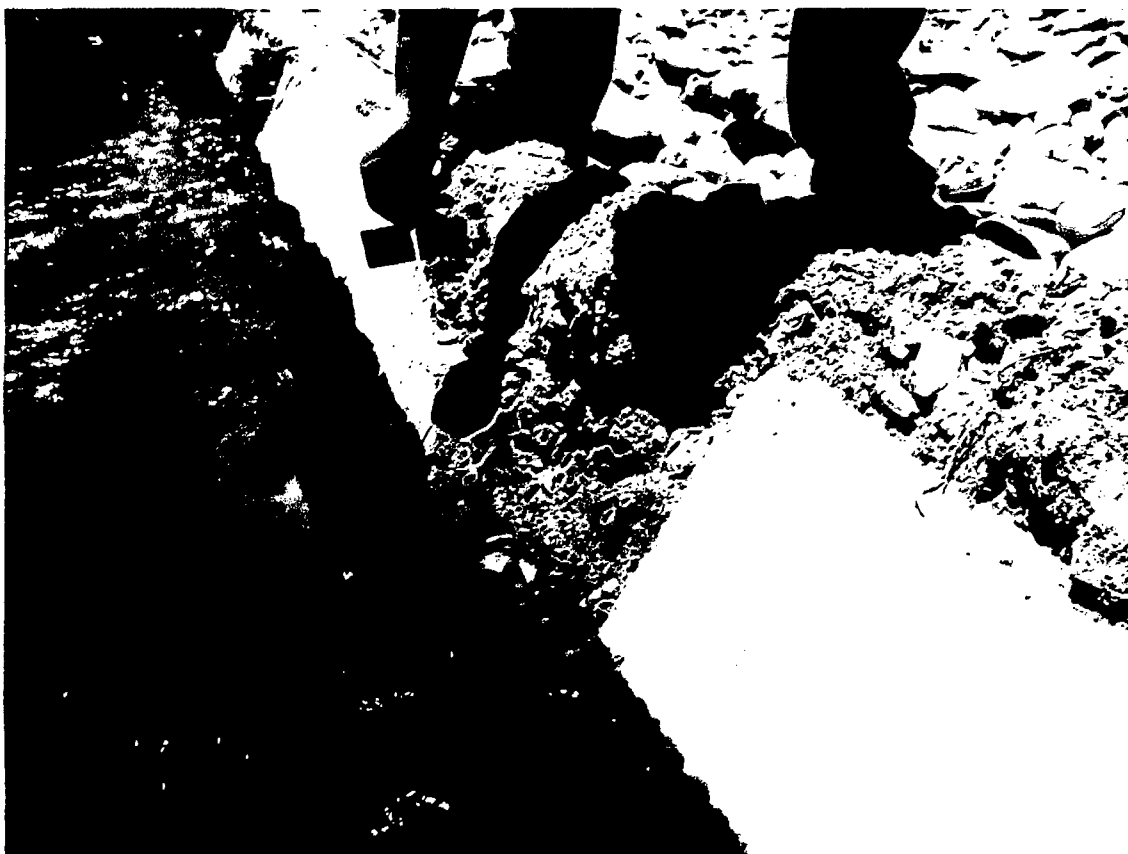
FOTOGRAFIA Nº 31: INICIO DEL TRAMO DEL CANAL QUE SE ENCUENTRA TAPADO, PROG.
0+529.50 A LA PROG. 0+927.00



FOTOGRAFIA Nº 32: TRAMO DEL CANAL QUE SE ENCUENTRA REPARADO PROG. 0+934.00



FOTOGRAFIA Nº 33: JUNTA 11, CON EL CODIGO J 11, UBICADA EN LA PROG. 0+970.00



FOTOGRAFIA N° 34: ROTURA 06, CON EL CODIGO R 06, UBICADA EN LA PROG. 0+981.70