

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL SEDE JAÉN

**“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN DEL CANAL DE
RIEGO EL PROGRESO MAYANAL – JAÉN – CAJAMARCA, TRAMO:
KM, 00+000 -01+000”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

ASESOR: Mg. Ing. JOSE ANTONIO CORONEL DELGADO

BACHILLER: OSCAR CHICLOTE AQUINO

JAÉN, CAJAMARCA- PERÚ

2017

DEDICATORIA

A DIOS.

Por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy y por mostrarme día a día que con humildad, paciencia y sabiduría toda es posible.

A MIS PADRES

Emilio Chicote Portal y Esperanza Aquino Morales, por su apoyo y amor incondicional, estuvieron siempre a lo largo de mi vida estudiantil; a ellos que siempre tuvieron una palabra de aliento en los momentos difíciles y que han permitido ser una persona de bien.

A MI FAMILIA

Gracias a todos los integrantes de mi familia en especial a mis hermanos y hermanas, quienes han sido mis amigos fieles y sinceros, en los que he podido confiar y apoyarme para seguir adelante

AGRADECIMIENTO

A DIOS

Agradezco en primer lugar a Dios quien me dio la Vida y la ha llenado de bendiciones en todo este tiempo, a él que con su infinito amor me ha dado la sabiduría suficiente para culminar mi carrera universitaria.

A MI ASESOR

Agradezco también de manera especial a mi asesor de tesis Ing. José Antonio Coronel Delgado, quién con sus conocimientos y apoyo supo guiar el desarrollo de la presente tesis desde el inicio hasta su culminación de la presente tesis.

A MIS PADRES

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento, reconocimiento y cariño a, mis padres por todo el esfuerzo que hicieron para darme una profesión y hacer de mí una persona de bien, gracias por los sacrificios y la paciencia que demostraron todos estos años; gracias a ustedes he llegado a donde estoy.

ÍNDICE

| <u>Contenido</u> | <u>Página</u> |
|---|---------------|
| DEDICATORIA | ii |
| AGRADECIMIENTO | iii |
| ÍNDICE DE TABLAS | viii |
| ÍNDICE DE FIGURAS | x |
| RESUMEN | xii |
| ABSTRACT | xiii |
| CAPITULO I: INTRODUCCIÓN | 01 |
| 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 01 |
| 1.1.1 SELECCIÓN DEL PROBLEMA | 01 |
| 1.1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA | 02 |
| 1.2 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN: | 02 |
| 1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN | 02 |
| 1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN | 03 |
| 1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN | 03 |
| CAPITULO II: MARCO TEÓRICO | 04 |
| 2.1 ANTECEDENTES | 04 |
| 2.2 BASES TEÓRICAS | 07 |
| 2.2.1 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS | 07 |
| 2.2.1.1 Canales | 07 |

| | | |
|-----------|---|----|
| 2.2.1.2 | Tipos de revestimiento de canales | 07 |
| 2.2.1.3 | Elección del tipo de revestimiento y proceso constructivo | 10 |
| 2.2.1.4 | Canales de revestimiento de concreto simple | 11 |
| 2.2.1.5 | Ventajas Que Ofrece El Revestimiento De Canales | 11 |
| 2.2.1.5.1 | Condiciones Que Deben Cumplir Los Revestimientos De Canales | 15 |
| 2.2.1.6 | Velocidad Mínima | 15 |
| 2.2.1.7 | Velocidad Máxima..... | 16 |
| 2.2.1.8 | Velocidad Superficial | 16 |
| 2.2.1.9 | Velocidad Media | 16 |
| 2.2.1.10 | Taludes | 17 |
| 2.2.1.11 | Borde libre | 17 |
| 2.2.1.12 | Eficiencia de conducción | 18 |
| 2.2.1.13 | Medición de la eficiencia de conducción | 23 |
| 2.2.1.14 | Caudal | 24 |
| 2.2.1.15 | Deformaciones: grietas, roturas y fisuras | 24 |
| 2.2.1.16 | Daños en canales | 24 |
| 2.2.1.17 | Parámetros De Eficiencia De Conducción De Canales Revestidos .. | 39 |
| 2.2.2 | MARCO CONCEPTUAL | 40 |
| 2.2.2.1 | Vertedero | 40 |
| 2.2.2.2 | Métodos para la medición de caudales | 41 |
| 2.2.2.3 | Vertederos de pared delgada | 41 |
| 2.2.2.4 | Calibración de los vertederos rectangulares con dos contracciones y cálculo de las ecuaciones experimentales | 46 |
| 2.2.2.5 | Evaporación | 49 |

| | |
|---|-----------|
| 2.2.2.6 Infiltración Del Agua | 50 |
| CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS | 53 |
| 3.1 DISEÑO METODOLÓGICO | 53 |
| 3.1.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS | 53 |
| 3.1.2 EL UNIVERSO DELA INVESTIGACIÓN | 53 |
| 3.1.3 LOCALIZACIÓN Y UBICACIÓN | 53 |
| 3.1.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN | 57 |
| 3.1.5 POBLACIÓN Y MUESTRA | 59 |
| 3.1.5.1 Población | 59 |
| 3.1.5.2 Muestra | 59 |
| 3.1.5.3 Metodología | 60 |
| 3.1.5.3.1 Calculo de caudal aproximado por el método del flotador..... | 60 |
| 3.1.5.3.2 Diseño De Vertederos De Pared Delgada De Sección Rectangular.. | 62 |
| 3.1.5.3.3 Calibración De Los Vertederos | 65 |
| 3.1.5.3.4 Caudal de Evaporación (Q evp.) | 68 |
| 3.1.5.3.5 Caudal de Infiltración (Q inf.) | 68 |
| 3.1.5.4 Toma De Datos | 69 |
| 3.1.5.5 Recojo De Datos Del Nivel De Eficiencia De Conducción..... | 69 |
| 3.1.5.5.1 Variación Del Tiempo Entre Toda De Datos | 69 |
| 3.1.5.6 Acopio de datos para evaluación de estado de recubrimiento del canal y de las juntas | 70 |

| | |
|--|----|
| CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 71 |
| 4.1 RESULTADOS | 71 |
| 4.2 Caudales obtenidos por Vertedero de Pared delgada Rectangular | 71 |
| 4.3 Resumen de Caudales obtenidos por Vertedero | 77 |
| 4.4 Caudales corregidos por la constantes K_e y K_s | 77 |
| 4.5 Perdidas de Caudales | 78 |
| 4.6 Datos obtenidos del estado del recubrimiento del canal y de las juntas | 78 |
| 4.7 Análisis E Interpretación De Resultados | 80 |
| 4.7.1 Nivel de eficiencia de conducción del canal El Progreso – Mayanal | 78 |
| 4.7.2 Diagnóstico del estado de Recubrimiento del canal El Progreso – Mayanal | 84 |
| 4.7.3 Calculo del presupuesto para el mejoramiento | 85 |
| 4.8 DISCUSIÓN | 86 |
| CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 87 |
| 5.1 CONCLUSIONES | 87 |
| 5.2 RECOMENDACIONES | 90 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 91 |
| ANEXOS | 93 |

Índice de tablas

| <u>Título</u> | <u>Página</u> |
|---|---------------|
| Tabla 1. | |
| Coordenadas UTM | 53 |
| Tabla 2. | |
| Calibración de vertedero rectangular entrada | 66 |
| Tabla 3. | |
| Calibración de vertedero rectangular salida | 67 |
| Tabla 4. | |
| Obtención de caudales día 01: lunes 17 de octubre del 216..... | 71 |
| Tabla 5. | |
| Obtención de caudales día 02: miércoles 19 de octubre del 216 | 72 |
| Tabla 6. | |
| Obtención de caudales día 03: viernes 21 de octubre del 216 | 73 |
| Tabla 7. | |
| Obtención de caudales día 04: lunes 24 de octubre del 216 | 74 |
| Tabla 8. | |
| Obtención de caudales día 05: miércoles 26 de octubre del 216 | 75 |
| Tabla 9. | |
| Obtención de caudales día 06: viernes 28 de octubre del 216 | 76 |
| Tabla 10. | |
| Caudales promedio de entrada y salida | 77 |
| Tabla 11. | |
| Caudales promedio Corregidos | 77 |

| | |
|---|----|
| Tabla 12. | |
| Resumen de la Variación y pérdidas de caudales | 78 |
| Tabla 13. | |
| Obtención de datos de la condición del recubrimiento del canal | 78 |
| Tabla 14. | |
| Caudales promedios corregidos | 81 |
| Tabla 15. | |
| Eficiencia de conducción | 83 |
| Tabla 16. | |
| Resumen de deformaciones en el campo de estudio | 84 |
| Tabla 17. | |
| Resumen del estado de recubrimiento | 84 |
| Tabla 18. | |
| PRESUPUESTO DEL MEJORAMIENTO DEL RECUBRIMIENTO DEL CANAL DEL TRAMO KM 0+000 - KM 1+000..... | 85 |
| Tabla 19. | |
| PRESUPUESTO DEL MEJORAMIENTO DEL RECUBRIMIENTO DEL CANAL DEL TRAMO KM 0+000 - KM 5+000 | 88 |
| Tabla 20. | |
| PRESUPUESTO DEL MEJORAMIENTO DE JUNTAS DEL CANAL DEL TRAMO KM 0+000 - KM 5+000 | 88 |
| Tabla 21. | |
| PRESUPUESTO DE MEJORAMIENTO DEL CANAL Km 0+000 - Km 5+000 | 89 |

Índice de figuras

| Título | Página |
|--|--------|
| Figura 1. | |
| Borde libre de un canal | 18 |
| Figura 2. | |
| Obstrucciones en Canales | 25 |
| Figura 3. | |
| Agrietamiento en Canales | 27 |
| Figura 4. | |
| Rotura en Canales | 28 |
| Figura 5. | |
| Capacidad Hidráulica insuficiente en canales | 30 |
| Figura 6. | |
| Erosión de la superficie en el cuerpo de la estructura | 32 |
| Figura 7. | |
| Agrietamiento en el cuerpo de la estructura | 34 |
| Figura 8. | |
| Daño por vegetación | 35 |
| Figura 9. | |
| Erosión de juntas en el cuerpo de la estructura | 37 |
| Figura 10. | |
| Desplazamiento en el cuerpo de la estructura | 38 |
| Figura 11. | |
| Método del flotador | 45 |

| | |
|--|----|
| Figura 12. | |
| Mapa departamental | 54 |
| Figura 13. | |
| Área de ubicación del proyecto – Distrito Jaén | 54 |
| Figura 14. | |
| Cauce del Rio Amaju | 56 |
| Figura 15. | |
| Flora en el canal El Progreso | 57 |
| Figura 16. | |
| Condición de grieta en una progresiva del canal | 70 |
| Figura 17. | |
| Caudales de entrada y salida del canal el Progreso | 82 |
| Figura 18. | |
| Distribución de eficiencia de conducción..... | 83 |

RESUMEN

El canal de riego El progreso Mayanal, ubicado en la parte alta de la ciudad de Jaén, capta aguas del Rio Amojú, tiene una longitud de 5 km, cuenta con un recubrimiento de concreto, de talud 1:1.5 (H/V) y tiene una antigüedad de 25 años, dicho canal no es ajeno a los diversos problemas que se están presentando con respecto a la eficiencia de conducción de agua, por lo que se pretende con el presente estudio estimar el nivel de Eficiencia de Conducción de agua del canal de riego El Progreso Mayanal - Jaén – Cajamarca, para ello se realizó una inspección de los 5 km del canal y se tomó como muestra representativa el tramo del km 00+000 – 01+000, puesto a que en este tramo el recubrimiento y las juntas se encuentran muy mal estado, la toma de datos se realizó mediante visitas de campo, en esta investigación se usaron vertederos de pared delgada de sección rectangular con dos contracciones para estimar los caudales de entrada y salida, se realizó la calibración de cada vertedero por el método volumétrico, también se estimó el caudal perdido por evaporación e infiltración, se utilizaron fichas de diagnóstico del estado de recubrimiento del canal; como resultado que obtuvo un caudal de entrada promedio **$Q_e=0.4065 \text{ m}^3/\text{s}$** , un caudal de salida promedio **$Q_s=0.3600 \text{ m}^3/\text{s}$** y la eficiencia de conducción del canal es **$e=88.56\%$** , de lo que se concluye que el nivel de eficiencia de conducción canal El Progreso es bajo, esto se debe al mal estado del recubrimiento y deterioro de juntas, siendo necesario para su mejoramiento un costo de **S/. 134,986.10**.

Palabras clave: Eficiencia, conducción, evaporación, infiltración evaluación, recubrimiento, canal.

ABSTRACT

The Mayanal irrigation canal, located in the upper part of the city of Jaén, captures waters of the Amojú River, has a length of 5 km, has a concrete coating, slope 1: 1.5 (H / V) and It has an age of 25 years, said channel is no stranger to the various problems that are occurring with respect to the efficiency of water conduction, so it is intended with the present study to estimate the level of efficiency of water conduction of the canal irrigation system El Progreso Mayanal - Jaén - Cajamarca, for this purpose an inspection of the 5 km of the canal was carried out and the section of km 00 + 000 - 01 + 000 was taken as a representative sample, since in this section the covering and the Together they are in a very bad state, the data collection was carried out through field visits, in this investigation we used thin-walled dumps of rectangular section with two contractions to estimate the inflow and outflows, the calibration of each landfill by the volumetric method, the flow lost by evaporation and infiltration was also estimated, diagnostic sheets of the state of coating of the canal were used; As a result, it obtained an average flow rate of **$Q_e = 0.4065 \text{ m}^3 / \text{s}$** , an average output flow **$Q_s = 0.3600 \text{ m}^3/\text{s}$** and the channel conduction efficiency is **$e = 88.56\%$** , from which it is concluded that the efficiency level of The El Progreso canal is low, this is due to the poor state of the coating and deterioration of joints, being necessary for its improvement a cost of **S / 134,986.10**.

Key words: Efficiency, conduction, evaporation, infiltration evaluation, coating, channel.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.1 SELECCIÓN DEL PROBLEMA

Las constantes sequías, influenciadas principalmente por los efectos del cambio climático a nivel global, al cual se suma el uso ineficiente del agua de riego que es típico del sistema de riego tradicional (por gravedad), viene generando pérdidas de agua en los procesos de conducción y distribución por el mal estado y uso del canal, ocasionando por tanto mermas considerables en la productividad agrícola del país, lo cual también viene incidiendo negativamente en la rentabilidad y en la competitividad de la agricultura en la ciudad de Jaén - Cajamarca.

La mayoría de canales de riego que se construyen en el 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. Para superar esta situación y garantizar su eficiencia de estos canales de riego, es importante determinar y evaluar su eficiencia de conducción de los canales, y poder dar soluciones.

Se ha observado que el canal de riego El progreso, ubicado en sector Mayanal, en la parte alta de la ciudad de Jaén, no es ajeno a los diversos problemas con respecto a la eficiencia de conducción de agua, por lo que se pretende con el presente estudio evaluar la eficiencia de conducción, para que en base a los resultados obtenidos, los usuarios y directivos del canal, traten de mejorar este servicio.

1.1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es la Eficiencia de Conducción de agua del canal de riego El Progreso - Mayanal - Jaén-Cajamarca?

1.2 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN:

El nivel de eficiencia de conducción del canal de riego El Progreso - Mayanal es baja.

1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La falta de estudios respecto a la eficiencia de conducción del agua en los canales de riego en nuestro medio, ha traído consigo que no se esté optimizando el uso del agua, por lo que el presente estudio busca proponer recomendaciones que permitan mejorar la eficiencia de conducción del canal de riego El Progreso – Mayanal.

Para esta investigación se ha realizado una inspección de todo el canal que tiene un aproximado de 5 km de longitud y se ha evaluado el estado del recubrimiento y el estado de las juntas, de lo cual se ha tomado como muestra representativa el tramo del Km 0+000 al Km 1+000 ya que en este tramo se encuentra las mayores fallas del recubrimiento y las juntas se muestran deterioradas.

Esta información será de utilidad en la toma de decisiones de los dirigentes y autoridades correspondientes al canal de Riego El Progreso Mayanal – Jaén, y finalmente, la investigación podrá servir de modelo para emprender investigaciones de otro tipo de obras a fin.

1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se realizará en zona urbana, provincia de Jaén - Región Cajamarca.

El diagnóstico se realizará en el lapso de dos semanas del mes de octubre del 2016, el diagnóstico tiene el carácter de una primera aproximación y pretende dar cuenta de los aspectos generales acerca del nivel de eficiencias de conducción de los canales de riego.

La principal limitante potencial de este tipo de investigaciones es el acceso a la información del canal el Progreso Mayanal – Jaén, debido a que no cuenta con un comité bien definido o personal a cargo y los beneficiarios no están capacitados respecto al mantenimiento y buen uso del canal.

1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN:

1.5.1 Objetivo General

- ✓ Determinar la Eficiencia de la conducción de agua del canal de riego El Progreso -Mayanal - Jaén –Cajamarca.

1.5.2 Objetivos Específicos

- ✓ Describir todo el canal en estudio.
- ✓ Medir el caudal de entrada y salida del canal de riego El Progreso - Mayanal en el tramo en estudio.
- ✓ Hacer un diagnóstico y cuantificar del estado del recubrimiento del canal de riego El Progreso – Mayanal, y aproximar el costo de su mejoramiento.
- ✓ Hacer un diagnóstico y cuantificar de las juntas de dilatación del canal de riego El Progreso -Mayanal, y aproximar el costo de su mejoramiento.
- ✓ Calcular el costo necesario para el mejoramiento del canal El Progreso - Mayanal

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

2.1.1 Internacionales.

En la provincia de Mendoza de México hay pocos estudios de eficiencia de conducción, y no cubren todos los oasis. Hay estudios específicos de Eficiencia de conducción en el área de riego de los ríos Diamante y Atuel realizados por el CRAS (Coria y Pazos, 1984), (Vivas y Poblete, 1986) y (Rodríguez y Velgas, 1989).

En el área irrigada con aguas del río Mendoza, evaluaron la eficiencia zonal del río Mendoza, relacionando caudales distribuidos y superficies cultivadas. (Chambouleyron et al, 1972)

Posteriormente, para el área irrigada por el río Mendoza y Tunuyán Inferior, se hizo una evaluación de eficiencia de uso externo.

En este trabajo se hace una comparación de las láminas entregadas en la cabecera de un sistema compuesto por ocho canales, en las cabeceras de los ocho canales, en las cabeceras de sus hijuelas derivadas y en las tomas de las parcelas (propiedades) a regar. Las láminas de agua entregadas al sistema, a los canales, a las hijuelas y a las parcelas son el resultado de dividir los caudales que les son entregados por las superficies susceptibles de ser regadas en cada una de esas entidades. Al relacionar las láminas que ingresan con las que salen de cada cauce se obtienen las eficiencias de uso externo, que incluye a las pérdidas en la conducción y las de origen administrativo. Este método evalúa el manejo del agua, aspecto de suma importancia, pero justamente no permite la comparación con

trabajos donde expresamente se pretende evaluar pérdidas por infiltración (Chambouleyron et al, 1972).

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, 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 (Palacios, 2004).

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 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 desfogues 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

2.1.2 Antecedentes Nacionales.

No existen antecedentes conocidos sobre la investigación en la eficiencia de conducción de canales en el Perú.

2.1.3 Locales.

En la ciudad de Jaén – Cajamarca, el ing. Neili Rimarachin Montenegro realizó la investigación “EVALUACIÓN DEL NIVEL DE EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN DEL CANAL DE RIEGO CHILI LIQUE DE JAÉN” el cual se llegó a la conclusión que el canal de riego Chililique es deficiente por el mal estado de las juntas y recubrimiento, pues la eficiencia de conducción del canal obtenido fue 81.80%.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

2.2.1.1 Canales

Los canales son conductos abiertos o cerrados en los cuales el agua circula debido a la acción de la gravedad y sin ninguna presión, pues la superficie libre del líquido está en contacto con la atmósfera; esto quiere decir que el agua fluye impulsada por la presión atmosférica y de su propio peso (Villón, B. 2008).

2.2.1.2 Tipos de revestimiento de canales

El revestimiento de canales se hace por varios motivos como son:

- a) Evitar pérdidas de conducción por filtraciones.
- b) Evitar erosiones en el cauce del canal, por exceso de velocidad del flujo de agua.
- c) Por estabilidad del canal, en el caso de canales en ladera, en que las filtraciones pueden causar asentamientos o deslizamientos de la plataforma del canal.
- d) Para disminuir la sección del canal, obteniendo coeficientes de fricción bajos.

El revestimiento con concreto o mampostería de piedra, puede cumplir la mayoría de los objetivos y el enrocado o revestimiento con piedras, puede cumplir relativamente el objetivo de evitar erosiones.

El uso de madera o láminas de fierro (con cilindros) se usa solo en el caso de puentes, canales o tramos de canales provisionales. Los cilindros se usan también en tramos de canales tapados o entubados. Los revestimientos más frecuentes o más usados son (García, E. 2008):

A - Concreto vaciado insitu.

Se usa cuando los taludes (H/V) son 1:1 o más inclinados. En estos casos con mezcla algo seca se vacía primero sobre la base y luego sobre los taludes y se iguala mediante un frotachado. En este tipo de revestimiento con mezcla 1:2:4, se obtiene buenos resultados con espesores de 7 a 12 cms., de acuerdo al dimensionamiento del canal.

La ventaja de este sistema es que no se necesita encofrado, pero es necesario que la sección del canal o caja de canal haya sido cuidadosamente trabajada o perfilada, para lograr uniformidad en el espesor del concreto vaciado.

Es necesario juntas de dilatación cada 3 a 6 metros relleno con juntas asfálticas (García, E. 2008).

B - Canal con lozas prefabricadas.

Para cumplir los mismos objetivos, que en el caso anterior, pero en canales con taludes más parados, se utiliza locetones prefabricados de 5 cms. de espesor para los lados o taludes del canal, el fondo del piso o base del canal se rellena con concreto vaciado insitu de 10 cms. de espesor. Igualmente se colocan bermas de concreto de 20 cms. de ancho y 10 cms. de espesor, para dar mayor estabilidad a los locetones.

El vaciado y los locetones se hacen de concreto 1:2:4 con aprox. 7.2 bolsas de cemento/m³.

Los locetones se fabrican normalmente fuera de obra y luego son trasladados en volquetas a la obra. La dimensión máxima aconsejable es de 0.6m x 0.8 m con un

peso de 60 kg., para ser manejadas por 2 hombres. De acuerdo a las medidas del canal, éste loceton se puede usar parado o inclinado.

Las juntas entre locetones se hacen con mortero con mezcla 1:4 y al igual que en el caso anterior se usa juntas de dilatación cada 3 a 6 metros (García, E. 2008).

C - Canal con mampostería de piedra.

Este método se utiliza, cuando se dispone de abundancia de piedras en la zona y no es necesario para su aplicación un refine cuidadoso de la caja del canal.

Se utiliza piedras bien lavadas, sin materia orgánica, unidas con mortero de cemento con mezcla 1:4. El espesor mínimo recomendado es de 0.2m. Una variante a este método, es la utilización de pizarras, en bloques grandes, que colocadas como locatones, se puede aceptar el espesor de la pizarra, como espesor del revestimiento que puede ser de 5 a 10 cms.

El talud mínimo recomendado es de 1/4:1, tampoco es necesario encofrado y utilizando 70% de piedras del volumen de mampostería se utiliza 2.75 bolsas/m³. 3 bolsas cuando se hace un buen emboquillado de las piedras (García, E. 2008).

D - Concreto ciclópeo con 30 a 60% de piedras.

En este método es obligatorio el encofrado primero se vacía el piso y luego los lados del canal.

En canales rectangulares se encofra ambas caras del muro del canal. En trapezoidales puede prescindirse en algunos casos del lado exterior del muro, vaciándose directamente sobre la caja del canal.

Se recomienda en canales rectangulares y trapezoidales.

La mezcla de concreto a usarse es de 1:2:4, y se utiliza 3 a 5 bolsas/m³, de acuerdo a la cantidad de piedras que se logra introducir. El espesor mínimo recomendable en este tipo de obra es de 0.15 m. En canales rectangulares el espesor dependerá de la estabilidad del muro, soportando la presión del agua dentro del canal y el empuje lateral, asumiendo que el canal esta sin agua (García, E. 2008).

2.2.1.3 Elección del tipo de revestimiento y proceso constructivo.

Cuando los suelos que atraviesa el alineamiento del canal son impermeables, no será necesario ningún tipo de revestimiento, y si por algún motivo tiene velocidades excesivas, esto se anula con la construcción de rápidas o caídas.

En caso el revestimiento se haga necesario, por filtraciones que signifique pérdida no deseada de agua o peligro de estabilidad de taludes o bermas, sobre todo en suelos limosos, donde por tubificación, puede causar la destrucción de la berma exterior, el método de revestimiento estará en función de las condiciones siguientes:

- Disponibilidad de piedras y arena u hormigón.
- Talud del canal.
- Eficiencia de la mano de obra
- Costos.

Donde abundan piedras, podrá pensarse en mampostería, caso contrario concreto. Si se tiene taludes inclinados se preferirá vaciado in situ o locetones. En canales rectangulares será concreto ciclópeo con encofrado. En relación a la mano de obra el campesino está más familiarizado con la mampostería (García, E. 2008).

2.2.1.4 Canales de revestimiento de concreto simple.

Consiste en colocar una capa de concreto de $f'c:175\text{kg/cm}^2$, al piso y paredes laterales del canal, formando un espesor uniforme y acabado y pulido.

Nivelar el acabado al espesor que determine la cercha.

En canales revestidos de concreto el talud típico es 1:5:1. Sin embargo. En canales más pequeños, hasta de $2\text{m}^3/\text{s}$ de capacidad, suele adoptarse el talud 1:1 valores menores necesitan del uso de moldes y seguramente el revestimiento debe resistir el empuje lateral de los suelos.

El talud definitivo solo se obtiene a partir de las propiedades mecánicas del material (Segura, J. 1993).

2.2.1.5 Ventajas Que Ofrece El Revestimiento De Canales

El revestimiento de canales, como está ampliamente demostrado por la experiencia, reduce o elimina las pérdidas por infiltración, dependiendo de la materialidad de éste, además de ofrecer otras importantes ventajas como se indican a continuación:

a. Prevención de la erosión

La variación de las velocidades en canales sin revestimiento produce sedimentación de materiales extraños y desprendimientos en los taludes. Estos fenómenos son más notables en zonas de suelos granulares que, por su menor cohesión, son fácilmente disgregables, lo que provocan modificaciones de la sección transversal, e incluso cambios en los perfiles longitudinales del canal.

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 (FACM, 2009).

b. Imposibilidad de roturas

Como consecuencia de socavaciones provocadas por erosión, embancamientos por perturbaciones debidas a vegetación o sedimentación de materiales de arrastre, acción de animales cavadores u otras causas diversas, en los canales no revestidos pueden producirse roturas cuyas consecuencias pueden llegar a ser catastróficas, no sólo desde el punto de vista económico, sino de la seguridad personal de los habitantes de zonas situadas en niveles más bajos.

En efecto, la rotura imprevista de una canalización puede provocar la pérdida de una cosecha por falta de agua en los sembrados durante el lapso que dure la reparación; por otra parte, una vez producida una abertura en el talud del canal la misma velocidad del agua provoca el ensanchamiento de esa abertura, con lo cual pueden formarse verdaderos aluviones que destruyen cultivos, vías de comunicación, y hasta poblaciones con el consiguiente peligro para sus habitantes. Si el canal es revestido resulta casi imposible 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 (FACM, 2009).

c. 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.

La vegetación afecta al canal, por una parte al restarle agua que las plantas utilizan para su desarrollo y por otra parte al contribuir a disminuir la velocidad del agua, con lo cual se reduce el caudal, y simultáneamente, se facilita el depósito de sedimentos, lo que, a su vez, tiende a disminuir la sección efectiva del canal.

El revestimiento impide el crecimiento de la vegetación anulando los inconvenientes enumerados (FACM, 2009).

d. 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.

Las velocidades límites para canales de tierra están comprendidas entre 0,50 y 1 m/s, dependiendo del tirante de agua y del tipo de suelo. En canales revestidos, son admisibles velocidades muy superiores (FACM, 2009).

e. Disminución de los costos de mantenimiento

La conservación de los canales de riego no revestidos incluye las tareas de extracción de vegetación, cierre de aberturas, re perfilado transversal y longitudinal, cegado de cuevas y eliminación de animales excavadores. Las tareas mencionadas son permanentes y su abandono, aún por cortos períodos, puede provocar inconvenientes importantes. Estos ítems desaparecen casi totalmente en los canales revestidos.

A los efectos de realizar estudios comparativos de costos entre canales revestidos y sin revestir, deben agregarse a los costos iniciales de ambos, los respectivos costos de mantenimiento; esta consideración adquiere gran importancia si se tiene en cuenta que en determinadas condiciones, y para algunas zonas, el costo anual de la conservación se aproxima al costo inicial de un revestimiento de hormigón (FACM, 2009).

f. Reducción de los costos de riego

La simplificación en las tareas de distribución de las aguas, provenientes de la automatización que permiten los canales revestidos brinda una disminución sustancial de la incidencia de mano de obra; el valor de esta reducción puede llegar al 75% con respecto a los canales sin revestir; simultáneamente, la mencionada simplificación ahorra tiempo lo que resulta muy importante cuando se trata de hacer llegar el agua a las plantaciones en el momento oportuno.

g. Protección de la salud pública

El medio ambiente existente en los canales sin revestir es propicio a la proliferación de insectos y en especial mosquitos.

Entre las causas que favorecen el desarrollo de mosquitos en los canales sin revestir pueden mencionarse las siguientes:

- 1- Filtraciones que originan zonas pantanosas.
- 2- Fondos de canales no perfectamente a nivel, lo que causa la formación de charcos y crecimiento de pasto durante los períodos en que el canal no se usa.
- 3- Los mosquitos dejan sus huevos preferentemente en las espadañas y otras malezas que crecen en los canales no revestidos.

En los canales revestidos no se dan las condiciones favorables para el desarrollo de los mosquitos debido a que la filtración y formación de charcos se reducen y se elimina el crecimiento de malezas (FACM, 2009).

h. Acortamiento del trazado por las mayores pendientes admisibles

Como consecuencia de la alta resistencia al desgaste que posee el hormigón, pueden adoptarse en los canales revestidos con este material, velocidades de circulación del agua muy superiores a las de los canales sin revestir. Por tal razón en zonas de topografía accidentada es posible disminuir la longitud de los canales, aumentando la pendiente longitudinal del trazado y disminuyendo los radios de las curvas horizontales (FACM, 2009).

2.2.1.5.1 Condiciones Que Deben Cumplir Los Revestimientos De Canales

Para que esas ventajas del revestimiento de los canales de riego se obtengan realmente es necesario que cumpla con determinadas condiciones, siendo las más importantes la impermeabilidad, resistencia estructural y a la erosión, durabilidad, máxima eficiencia hidráulica, resistencia a la acción destructiva de elementos externos al canal, costo moderado (FACM, 2009).

2.2.1.6 Velocidad Mínima

General, para evitar el depósito de materiales en suspensión se recomienda diseñar un canal revestido con una velocidad mínima aceptable del orden de 0.4 a 1.0 m/s (Valverde, J. 2007).

2.2.1.7 Velocidad Máxima

La velocidad máxima en un canal trapecial se obtiene cuando este se diseña con la sección óptima o de área mínima por el hecho que si el gasto Q es constante y el área es mínima = A_{min} , entonces: $Q/A_{min} = V_{max}$.

En los canales revestidos, las velocidades máximas aconsejadas están entre 1.5 y 3 m/s en tramos rectos. Sin embargo, en tramos curvos, en zonas donde se ubican compuertas, partidores, etc, la velocidad recomendada es 1 m/s (Valverde, J. 2007).

2.2.1.8 Velocidad Superficial

La velocidad de superficie de corriente, V_s , se toma igual a la velocidad del cuerpo flotante y se calcula mediante la relación el espacio recorrido L , y el tiempo de viaje t (Valverde, J. 2007).

$$V_s = L/t$$

2.2.1.9 Velocidad Media.

Se considera que la velocidad media de corriente, V_m , es del orden de 0.75 V_s a 0.90 V_s , donde el valor mayor se aplica a las corrientes de aguas más profundas y rápidas (con velocidades mayores de 2 m/s, habitualmente, se usa la siguiente ecuación para estimar la velocidad media de corriente $V_m = 0.85V_s$ si se divide el área de la sección transversal del flujo en varias secciones, de área A , para las cuales se miden velocidades superficiales, V_s , y se calculan velocidades medias, V_m el caudal total se podrá determinar como la sumatoria de la sumatorias de los caudales parciales Q de las siguiente manera (Valverde, J. 2007).

$$Q = V_{m1} \cdot A_1 + V_{m2} \cdot A_2 + \dots + V_{mn} \cdot A_n$$

2.2.1.10 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 trapecial, con taludes que dependen del terreno en el cual el canal será excavado (Villón, B. 2008)

2.2.1.11 Borde libre

Se denomina borde libre (free board) a la altura (tirante) adicional que se da a fin de absorber los niveles extraordinarios que puedan presentarse por encima del caudal de diseño de un canal.

El borde libre es, pues, una seguridad que toma el ingeniero diseñador contra fenómenos que tienen una cierta probabilidad de ocurrencia.

Entonces la magnitud del borde libre depende esencialmente del grado de seguridad que se debe dar al canal como consecuencia de su importancia y de una estimación de la posibilidad que ocurra algún fenómeno extraordinario.

En consecuencia, en la determinación de la magnitud del borde libre juega un gran papel la naturaleza del terreno en que está construido el canal. Si el canal rebalsa y está en zona arenosa las consecuencias pueden ser mucho más graves que en otro tipo de suelo.

Para dimensionar el borde libre (entendido como una altura vertical adicional al tirante) debemos tener en cuenta la forma de la sección transversal y esencialmente la curva gasto-tirante.

Ven Te Chow señala que el borde libre varía entre menos del 5 % y más del 30 % del tirante. Indudablemente se trata de valores extremos (Aguirre, P. 1974).

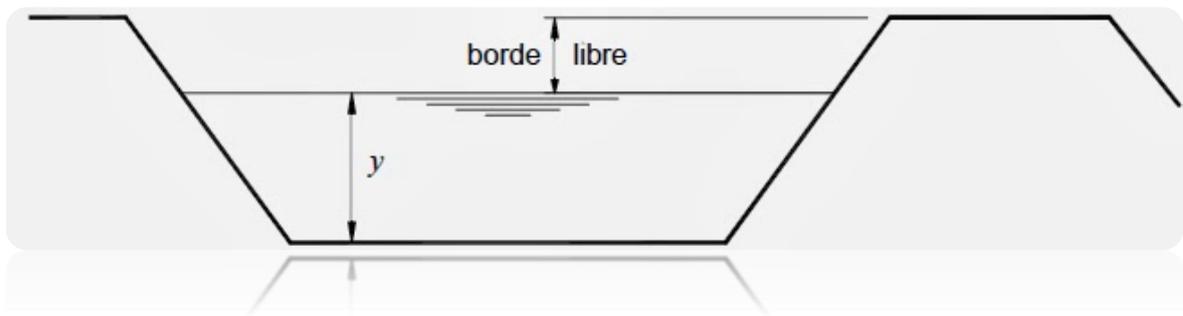


Figura 1. Borde libre de un canal

2.2.1.12 Eficiencia de conducción

Se entiende como relación entre el volumen de agua realmente utilizado, necesario para la planta y el volumen de agua que se entrega.

$$E_{fc} = V / V_e \quad V = \text{Volumen útil} \quad V_e = \text{Volumen entregado}$$

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 (Valverde, J. 2007):

- **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. 2001).

Se define como infiltración al movimiento del agua a través de la superficie del suelo, y hacia adentro del mismo, producido por la acción de fuerzas gravitacionales y capilares. Cuando un canal lleva mucho tiempo transportando agua y el suelo por el que está trazado se satura, las fuerzas capilares pierden importancia paulatinamente hasta llegar un momento en el que el movimiento del agua se produce sólo por la acción de la gravedad y la velocidad de infiltración se hace constante. (Aparicio, F. 1992).

Esta velocidad de infiltración se define como infiltración básica. La textura del suelo, las porciones de partículas finas, la compactación, y la estructura son los factores que afectan las fuerzas gravitacionales. Por su parte, 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. (Alam, M y Bhutta, M. 2004)

A.-Métodos de medición de pérdidas por infiltración:

Para medición de las pérdidas por infiltración existen métodos directos y métodos analíticos y empíricos.

➤ **Métodos directos:**

- **Método del estanque o endicamiento:** Consiste en aislar un sector del canal lleno de agua y medir las pérdidas registradas en función del tiempo. Las pérdidas se expresan en m³/m²/día.

Las mediciones por el método del estanque -ponding method en inglés, se pueden llevar a cabo durante el período de corta del canal, inmediatamente después del cese del flujo normal, mientras que el perímetro del canal está todavía saturado. Se debe aislar un sector del canal de por lo menos 300 m, por medio de diques temporales; conviene sellar los extremos con una lámina de plástico. Se observa el nivel del agua estancada en la sección a intervalos regulares, generalmente durante varios días y se observa la velocidad de caída de nivel de agua después del llenado inicial. Se debe tener en cuenta la evaporación diaria.

Para los cálculos, los autores proponen la fórmula sugerida por Kraatz (Alam, M y Bhutta, M. 2004)

$$S = W(d_1 - d_2)L / P \cdot L$$

Donde S es la filtración del promedio en m³ por m² cada 24 h, W el ancho medio de la superficie del agua estancada (m), d₁ la profundidad del agua al comienzo de la medición (m), d₂ la profundidad del agua después de 24 h (m), P el perímetro mojado promedio (m) y L es la longitud del canal (m).

Las principales limitaciones que mencionan los autores son: no puede ser utilizado mientras que los canales están funcionando y no se corresponde con las velocidades y cargas de sedimentos de las condiciones de funcionamiento. Por otra parte es aplicable en pequeños canales, que pueden no tener servicio permanente. No es aplicable a todas las condiciones, requiere de la ejecución de diques, y es un método intrusivo, otra desventaja es que el material en suspensión se puede depositar en el perímetro mojado, alterando las condiciones naturales de infiltración (Kinzli, K. 2010).

- Método de la diferencia de caudales o de entradas y salidas

Consiste en el aforo entre dos secciones de un tramo de canal. Cuando se hace en varias porciones de canal también se lo denomina de entradas y salidas. Las pruebas se realizan en las condiciones de funcionamiento y para el caudal de operación del canal.

Históricamente, la determinación de pérdidas por infiltración en canales usando el método de entradas y salidas ha sido una tarea muy compleja. La determinación de pérdidas requiere de mucho tiempo, a la vez que la minuciosidad es fundamental para obtener resultados precisos (Kinzli, K. 2010).

➤ Métodos analíticos y empíricos

-Modelos empíricos

Con valores conocidos y medidos de pérdidas por infiltración, para diferentes condiciones de medio físico, se pueden establecer ecuaciones empíricas y gráficos. Estos métodos permiten realizar estimaciones que se pueden emplear con fines de

planificación, para situaciones similares en las que se han hecho las determinaciones (Grassi, C. 2001).

Sin embargo, a los efectos de la operación resulta conveniente medir las pérdidas. Para la provincia de Isfahan, en Irán, se han desarrollado modelos empíricos para indicar la relación entre la Ec. y la textura de los suelos, la capacidad del canal, la cobertura vegetal en canales de tierra. Estos modelos pueden ser eficaces según el autor para diferentes condiciones de las variables mencionadas (Sepaskhah, A y Salemi, H. 2009).

Por el contrario, para la realidad mendocina es más razonable sostener lo expresado por que expresa que las formulas empíricas y analíticas en la realidad no son de mayor ayuda desde el punto de vista de la operación, pues en este caso se requiere de mayor precisión y es por lo tanto más lógico medir las pérdidas. En zonas de suelos homogéneos puede ser de utilidad la aplicación de modelos empíricos para la estimación de la Ec. (Grassi, C. 2001).

➤ 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 estar muy relacionada con la hidrometría del lugar.

La eficiencia de conducción se puede expresar por medio de la siguiente ecuación:

$$E_{cond.} = \frac{V_p}{V_t} \cdot 100$$

En donde:

V_p : volumen de agua entregado a nivel de parcela

V_t : volumen total derivado de la fuente de abastecimiento

Pero una forma práctica de determinar las pérdidas de conducción es aplicando la siguiente ecuación:

$$QT = Q \text{ (pérdidas)} + Q \text{ (servicios)}$$

El caudal de "servicios" se conoce porque se refiere al listado de solicitudes de riego, pero el caudal de pérdidas no se conoce; entonces se pueden establecer tres alternativas para asignar un valor al Q (pérdidas):

Que sea mayor que el real

Que sea menor que el real

O que sea igual al real

(Valverde, J. 2007)

2.2.1.13 Medición de la eficiencia de conducción

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 m³/s/km
- Volumen por unidad de superficie de área mojada del canal y por unidad de tiempo; en m³/m²/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 (Grassi, C. 2001).

2.2.1.14 Caudal

En dinámica, caudal es la cantidad de fluido que pasa en una unidad de tiempo. Normalmente se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área dada en la unidad de tiempo. Menos frecuentemente, se identifica con el flujo másico o masa que pasa por un área dada en la unidad de tiempo.

2.2.1.15 Deformaciones: grietas, roturas y fisuras

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

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

2.2.1.16 Daños en canales:

a.- Obstrucciones en canales

- Descripción del daño

Presencia de elementos o material que impide parcial o totalmente el adecuado transporte de las aguas por canales y zanjas de drenaje.



Figura 2. Obstrucciones en canales

- **Posibles causas del deterioro**

- Procesos erosivos en las áreas aledañas que generan el desprendimiento y la caída de rocas, detritos, suelo, arbustos y otros elementos sobre la sección hidráulica de los canales.
- Carga de sedimentos importante en el agua transportada que causa acumulación progresiva en el fondo de las estructuras.
- Sección insuficiente o pendiente menor a la mínima necesaria para evitar problemas de sedimentación.
- Falta de control sobre materiales arrojados por el hombre.

- **Nivel de severidad**

- Bajo: obstrucción que afecta menos del 10% de la longitud del canal sin que haya bloqueos completos de la sección.
- Medio: obstrucción que afecta menos del 30% de la longitud del canal sin que haya bloqueos completos de la sección.
- Alto: obstrucción que afecta más del 30% de la longitud del canal o sectores con bloqueo completo de la sección.

- **Medición**

Se cuantificarán los metros lineales (m) totales de longitud obstruida. Es deseable medir de forma aproximada en metros cúbicos (m³) el volumen de material que causa la obstrucción.

- **Intervención recomendada**

Limpieza de la sección.

b.- Agrietamiento en canales

Descripción del daño

Presencia de fisuras o grietas en las secciones que componen el trazado de canales.



Figura 3. Agrietamiento en canales

- **Posibles causas del deterioro**

Movimientos del terreno que inducen sobreesfuerzos sobre los materiales que conforman los canales.

Daños por actividades antrópicas.

Deficiencia constructiva.

- **Nivel de severidad**

- Bajo: grietas cerradas y algunas pocas abiertas con separación menor a 3 mm.
- Medio: varias grietas cerradas y abiertas con separación entre 3 mm y 5 mm sin deformación de la estructura de drenaje.
- Alto: grietas prominentes o series de grietas abiertas con separación mayor a 5 mm, con posible deformación de la estructura de drenaje.

- **Medición**

- El daño se cuantifica en metros lineales (m) de canal afectado

- **Intervención recomendada**

- Severidad baja y media: sellado con materiales epóxicos o material bituminoso, si se trata de canales en concreto. Sellado con arcilla o suelo cemento en canales en tierra.
- Severidad alta: en estos casos se debe verificar la causa del deterioro y tomar las medidas necesarias para su control por parte de un ingeniero geotecnista, antes de hacer la reconstrucción final del canal. La reconstrucción total temporal se lleva a cabo mientras se solucionan las causas del problema.

C.- Rotura en canales

Descripción del daño

Pérdida de la continuidad longitudinal del canal o zanja por rompimiento.



Figura 4. Rotura en canales

Posibles causas del deterioro

Movimientos del terreno que inducen deformaciones y sobreesfuerzos en los materiales que conforman los canales.

Deficiencia constructiva.

Construcción inadecuada de obras adyacentes.

Nivel de severidad

Bajo: la rotura no afecta la capacidad de conducción del canal.

Medio: existen pérdidas parciales de caudal por causa de la rotura.

Alto: no hay continuidad de la estructura del canal y la rotura conforma un punto importante de infiltración de agua.

Medición

La afectación se cuantifica en metros lineales (m).

Intervención recomendada

Severidad baja: sellado con materiales epóxicos o bituminosos, si se trata de cunetas o canales en concreto.

Severidad media y alta: reconstrucción completa del tramo de estructura dañado.

D.- Capacidad hidráulica insuficiente de canales

Descripción del daño

Insuficiencia de la sección transversal del canal para captar y evacuar el agua que le llega.



Figura 5. Capacidad hidráulica insuficiente en canales

Posibles Causas del deterioro

Estimación de caudales subestimada en la etapa de diseño de las obras.

Ocurrencia de caudales por eventos no previstos, por ejemplo, por el cambio de los usos del suelo.

Pendiente longitudinal de las obras inferior a la requerida.

Deficiencia constructiva.

Nivel de severidad

Bajo: nivel de agua al borde de la estructura durante lluvias intensas y prolongadas.

Medio: leve desbordamiento de aguas durante lluvias intensas o procesos incipientes de socavación.

Alto: desbordamiento de agua apreciable durante lluvias normales o procesos activos y progresivos de socavación.

Medición

Se medirá la longitud de la obra hidráulica que presenta insuficiencia hidráulica

Intervención recomendada

Si es posible, se ampliara la capacidad, aumentando las dimensiones de la sección o la pendiente.

Reemplazo por obras de mayor capacidad.

Construcción de nuevas obras que ayuden a disminuir el caudal captado por las ya existentes.

E.- Erosión de la superficie

Descripción del daño

Pérdida del material que conforma la superficie de una estructura de contención.



Figura 6. Erosión de la superficie en el cuerpo de la estructura

Posibles causas del deterioro

Baja calidad del material de la estructura en cuanto a características de durabilidad.

Presencia de sustancias agresivas que atacan a los materiales de la estructura.

Flujos importantes de agua que generan erosión.

Nivel de severidad

Bajo: la pérdida de material es apenas perceptible (menos de 2 cm) y no hay exposición del acero de refuerzo.

Medio: la pérdida de material es apreciable (más de 2 cm). En estructuras de concreto reforzado el refuerzo metálico queda localmente expuesto a la superficie en algunos sectores de la estructura.

Alto: la pérdida de material es de más del 10% de la sección de la estructura.
En estructuras de concreto deja al refuerzo abiertamente expuesto en varios sectores de la estructura.

Medición

Se cuantifica el daño haciendo referencia a la superficie afectada en metros cuadrados.

Intervención recomendada

Severidad baja y media: reponer el material perdido con inyecciones, parches, irrigaciones o cualquier otro tratamiento superficial que sea acorde con el material de la estructura,

Severidad alta: un ingeniero estructural o geotecnista debe evaluar la situación y dar las recomendaciones adecuadas para la recuperación, dependiendo del tipo de estructura y de los daños que se hayan presentado.

F.- Agrietamiento

Descripción del daño

Ocurrencia de fisuras y/o grietas en la estructura.



Figura 7. Agrietamiento en el cuerpo de la estructura

Posibles causas del deterioro

Agrietamiento de la estructura por empuje de tierras.

Deficiencia constructiva o de diseño.

Retracción por secado del material.

Ausencia de juntas constructivas.

Nivel de severidad

Bajo: fisuras cerradas, discontinuas de poca longitud.

Medio: grietas y fisuras ligeramente abiertas o grieta cerrada continua que no indica falla de la estructura.

Alto: grieta o conjunto de grietas cerradas o abiertas que muestran un patrón bien definido indicativo de la falla o inicio de la falla de la estructura.

Medición

El daño se medirá en metros lineales (m) de grietas.

Intervención recomendada

Severidad baja y media: llenar las grietas y fisuras existentes con materiales y métodos compatibles y adecuados de acuerdo con el material de la obra.

Severidad alta: un ingeniero estructural evaluará los daños y determinará las acciones que se van a tomar o, en caso extremo, su demolición y reemplazo.

G.- Daño por vegetación

Descripción del daño

Crecimiento de vegetación en las juntas de la estructura o en cercanías, que por el crecimiento de sus raíces causa daños en la obra.



Figura 8. Daño por vegetación

Posibles causas del deterioro

Siembra no controlada de especies no nativas o agresivas cerca de la obra de contención.

Ambientes húmedos propicios para el crecimiento de vegetación en pequeños espacios de la estructura.

Ausencia o deficiencia en la limpieza periódica de las obras.

Nivel de severidad

Bajo: la vegetación presente causa daños menores, especialmente estéticos.

Medio: los daños causados por la vegetación corresponden a fisuramientos que se pueden atender con tratamientos de superficie.

Alto: presencia de arbustos o árboles que han causado el rompimiento o agrietamiento que afecta la estabilidad de la obra.

Medición

El área de la superficie afectada se medirá en metros cuadrados (m²).

Intervención recomendada

Retiro de la vegetación causante de los daños y toma de las medidas biológicas necesarias para el control del crecimiento de estas especies.

Sellado de grietas.

En caso de severidad alta, se deberá hacer un estudio detallado de la afectación de la obra para determinar las medidas de control necesarias.

H.- Erosión de juntas

Descripción del daño

Pérdida parcial o total del material que conforma la junta entre las secciones que forman la estructura.



Figura 9. Erosión de juntas en el cuerpo de la estructura

Posibles causas del deterioro

Acción erosiva del flujo de agua u otro tipo de agentes como el viento.

Baja calidad en las especificaciones de los materiales que conforman el sello de juntas.

Nivel de severidad

Bajo: la pérdida de sello es parcial, menor al 20% y aún no permite la infiltración de agua.

Medio: la pérdida de sello se encuentra entre 20% y 40%. Existe infiltración de agua.

Alto: la pérdida del sello es mayor al 40%. Se infiltra agua.

Medición

Se determinan la longitud total (m) de las juntas que se van a reparar.

Intervención recomendada

Resellado de juntas con siliconas, asfaltos o el material más adecuado de acuerdo con el tipo de obra, tipo de junta, condiciones ambientales y material que conforma la estructura.

Evaluar las causas de la erosión y tomar las medidas necesarias para controlarlas.

I.- Desplazamiento de juntas

Descripción del daño

Movimiento con respecto a su posición original de los diferentes tipos de juntas en una obra de contención.



Figura 10. Desplazamiento de juntas en el cuerpo de la estructura

Posibles causas del deterioro

Deformaciones excesivas en la masa del terreno contenida.

Deficiencias constructivas.

Nivel de severidad

Bajo: la deformación es pequeña y no se presentan daños en el sello de la junta. La obra tiene continuidad.

Medio: las deformaciones causan agrietamientos en la estructura y daños en el sello de las juntas.

Alto: las deformaciones causan que no exista continuidad en la estructura.

Medición

Se determinan la longitud total en metros (m) de las juntas afectadas y el desplazamiento de las mismas en centímetros (cm).

Intervención recomendada

Severidad baja y media: reposición de las juntas.

Severidad alta: de acuerdo con los niveles de deformación, un ingeniero estructural deberá evaluar el grado de la afectación y definir las acciones recomendadas para la reparación o el reemplazo por una nueva estructura.

2.2.1.17 Parámetros De Eficiencia De Conducción De Canales Revestidos

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 Kms. y de 90%, hasta 50 Kms. (García, E. 2008).

2.2.2 MARCO CONCEPTUAL

2.2.2.1 Vertedero

Se define como vertedero a un dispositivo hidráulico constituido por una pared perpendicular al flujo, a través del cual se hace circular el fluido. Hidráulicamente es un orificio que no está totalmente ahogado por el nivel de aguas arriba, de manera que la parte del orificio esta libre o sea es el equivalente de un orificio sin borde superior (Villón, B 2008).

A.- Finalidades Científicas.- Pueden utilizarse como dispositivos de aforo o elementos de calibración de aforadores en laboratorios hidráulicos.

B.- Finalidades Prácticas.- Se emplea en la medición de caudales de pequeños cursos de agua (canales de pequeñas dimensiones) y conductos libres, así como en obras de control o de excedencias en presas de embalse y también aforo de grandes canales.

2.2.2.1.1 Fundamento teórico

Se llama vertedero a la estructura hidráulica sobre la cual se efectúa una descarga a superficie libre. El vertedero puede tener diversas formas según las finalidades a las que se destine.

Si la descarga se efectúa sobre una placa con perfil de cualquier forma pero de arista aguda, el vertedero se llama de pared delgada; cuando la descarga se realiza sobre una superficie, el vertedero se denomina de pared gruesa.

Ambos tipos pueden utilizarse como dispositivos de aforo en el laboratorio o en canales de pequeñas dimensiones. El vertedero de pared gruesa se emplea además como obra de control o de excedencias en una presa y como aforador en grandes canales (Villón, B. 2008).

2.2.2.2 Métodos para la medición de caudales

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

1. Método del flotador
2. Método Volumétrico
3. Método del Molinete
4. Estructuras de medida
- 4.1. Vertederos de pared delgada

4.1.1. Vertederos de pared delgada de sección rectangular

4.1.2. Vertederos de pared delgada de sección trapezoidal

4.1.3. Vertederos de pared delgada de sección triangular

En el proyecto de investigación el método a ser usado será el método de estructuras de medida por vertedero de pared delgada de sección rectangular.

2.2.2.3 Vertederos de pared delgada

Los vertederos de pared delgada se usan básicamente para determinar el caudal en cualquier momento en una corriente pequeña, 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.

2.2.2.3.1 Vertederos de pared delgada de sección rectangular

Un vertedero es una placa cortada de forma regular a través de la cual fluye el agua. 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.

El vertedero rectangular es uno de los más sencillos para construir y por este motivo es uno de los más utilizados. (Lux M., 2010)

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 %.

Para estos vertederos se utiliza la siguiente fórmula obteniendo caudales en m³/s:

$$Q = \frac{2}{3} \sqrt{2g} \mu b h^{3/2}$$

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 el sistema

inglés de unidades se acostumbra agrupar los términos $\frac{2}{3} \sqrt{2g} \mu$ en un solo coeficiente C, de tal manera que:

$$Q = C b h^{3/2}$$

Esta ecuación es más sencilla, si bien no es homogénea, es decir, que el coeficiente C, tiene las dimensiones [L^{1/2} T⁻¹] y vale:

$$C = \frac{2}{3} \sqrt{2g} \mu = 2.952 \mu$$

El valor de μ se calcula haciendo uso la fórmula de Hegly:

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

Y finalmente:

$$Q = \frac{2}{3} \sqrt{2g} \mu L h^{3/2}$$

Que es la ecuación general para calcular el gasto en un vertedor rectangular.

Dónde:

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

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

h = Carga del vertedero, en m

μ =coeficiente de gasto

g =gravedad

2.2.2.3.2 Método del flotador

Es un método muy práctico para medir la velocidad del agua en un cauce o canal y consiste en el uso de flotadores, que pueden de ser tapones de corcho o algún material liviano. Se debe tener cuidado cuando se hace mucho viento, pues la velocidad se ve afectada. El error cometido es aproximadamente del 10%. Dado que la velocidad no es la misma en toda la sección del canal, por efecto del rozamiento con las paredes y el fondo, el valor obtenido se debe afectar por un factor de corrección que varía dependiendo del material de construcción del canal, por ejemplo: para canales revestidos el factor es de 0.8 y para canales de tierra es de 0.6.

El flotador no debe rozar las paredes del canal o cauce, si ocurre se debe de repetir la operación.

Procedimiento:

- Se escoge un tramo de canal recto y uniforme de unos 10 metros como mínimo.
- Se mide el tiempo, con cronometro, que tarda el flotador en recorrer dicha

distancia.

- Se mide el área de la sección; si es trapecial, se aplica la fórmula siguiente:

$$A = BM + bm \cdot h/2$$

Si es parabólica, se aplica la fórmula:

$$A = \frac{2}{3} d \cdot h$$

Si es rectangular,

$$A = b \cdot h$$

En cada caso, h es la altura o tirante de agua en el canal y d o BM (base mayor) es el espejo de agua; b o bm (base menor) es la plantilla o base del canal (Valverde, J. 2007).

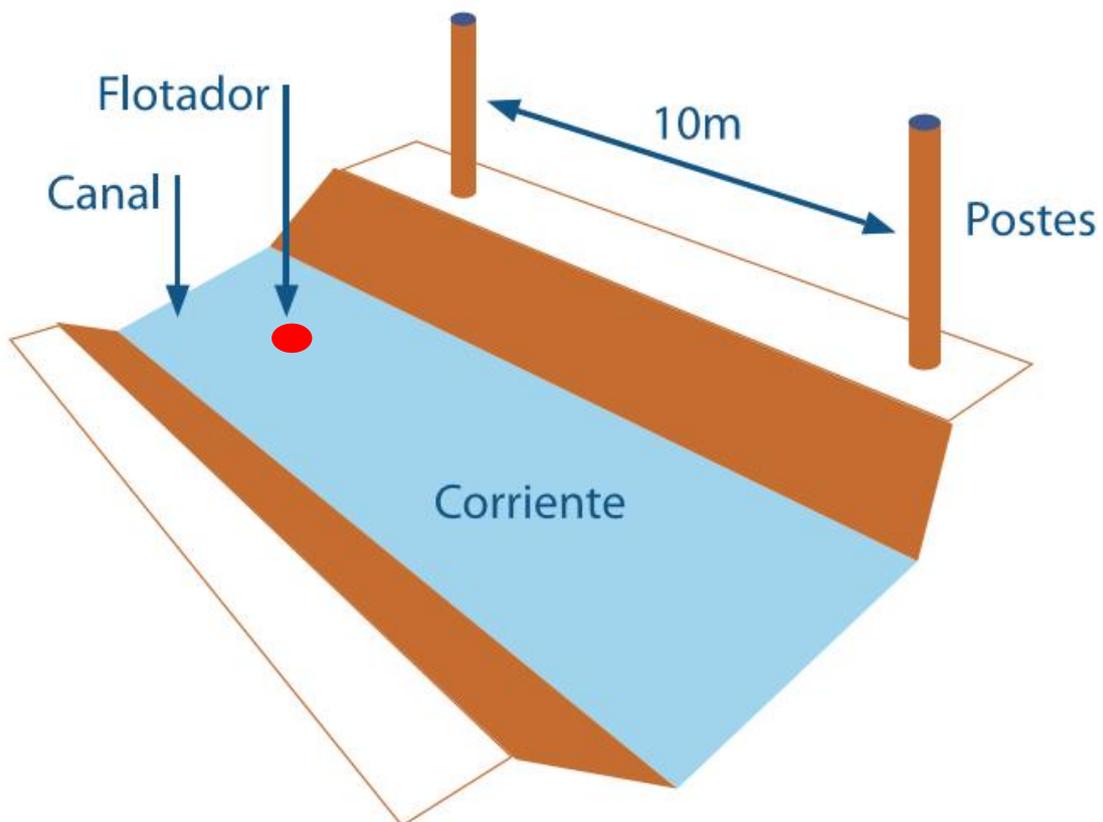


Figura 11. Método del flotador

2.2.2.4 Calibración de los vertederos rectangulares con dos contracciones y cálculo de las ecuaciones experimentales

Este ensayo se realizó utilizando el canal ancho, al cual se le pueden adaptar distintos tipos de vertederos, cuenta con un pozo tranquilizador, un tanque calibrado que es utilizado para el aforo volumétrico y se encuentra en el laboratorio de Hidráulica de la Facultad de Ingeniería, abastecido de agua por medio de un sistema de bombeo.

Datos Obtenidos por ensayo de Vertedero Rectangular con dos contracciones:

| H (cm) | t1 (s) | Vol1 (l) | t2 (s) | Vol2 (l) | t3 (s) | Vol3 (l) |
|-------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| 2,5 | 101,44 | 478,5 | 114,33 | 484,3 | 120,04 | 488,9 |
| 4,4 | 51,06 | 482,0 | 51,68 | 496,9 | 52,02 | 494,6 |
| 5,4 | 38,80 | 490,0 | 38,02 | 486,6 | 39,05 | 490,0 |
| 6,4 | 27,97 | 492,3 | 29,00 | 499,2 | 29,66 | 499,2 |
| 7,4 | 23,60 | 498,0 | 23,81 | 501,5 | 23,68 | 499,2 |
| 8,4 | 18,59 | 496,9 | 19,87 | 517,5 | 19,89 | 518,7 |
| 9,1 | 15,74 | 492,3 | 16,89 | 521,0 | 16,40 | 495,8 |

Caudales Observados:

| H (cm) | Qr1 (l/s) | Qr2 (l/s) | Qr3 (l/s) | <Qr> (l/s) |
|-------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------------|
| 2,5 | 4,717 | 4,236 | 4,073 | 4,342 |
| 4,4 | 9,440 | 9,615 | 9,508 | 9,521 |
| 5,4 | 12,629 | 12,799 | 12,548 | 12,658 |
| 6,4 | 17,601 | 17,214 | 16,831 | 17,215 |
| 7,4 | 21,102 | 21,063 | 21,081 | 21,082 |
| 8,4 | 26,729 | 26,044 | 26,078 | 26,284 |
| 9,1 | 31,277 | 30,847 | 30,232 | 30,785 |

La ecuación modelo utilizada para este tipo de medidores de caudal experimentalmente es del tipo exponencial, representada por:

$$Q = KH^n$$

En la cual se conocen los valores de **H** y se necesitan encontrar los de **K** y **n**, los cuales se calculan aplicando logaritmos a la ecuación:

$$\log Q = \log K + n \log H$$

De donde se observa que tiene la forma de la ecuación general de una recta:

$$Y = mX + b$$

Donde:

$$Y = \text{Log } Q$$

$$m = n$$

$$X = \text{Log } H$$

$$b = \text{Log } K$$

El procedimiento a seguir para la obtención de resultados es:

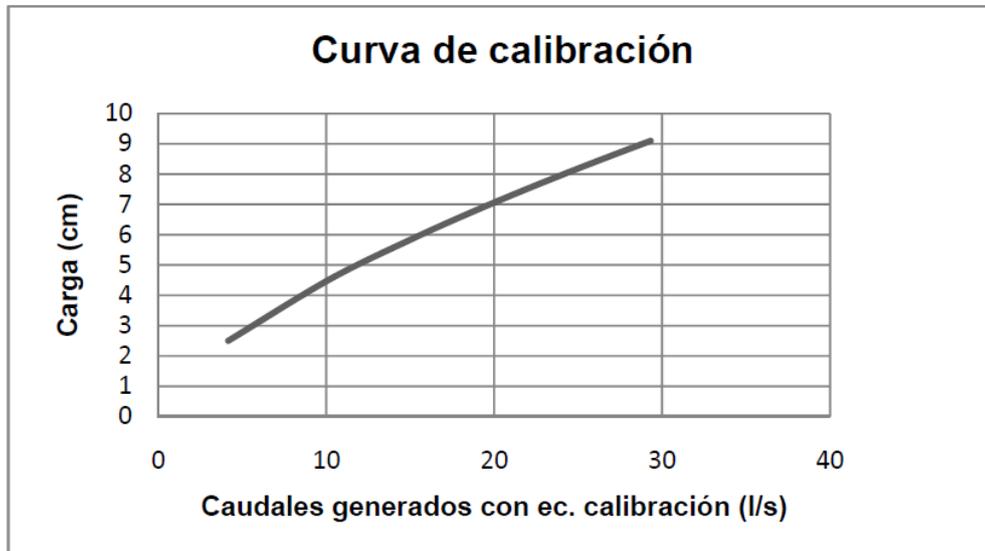
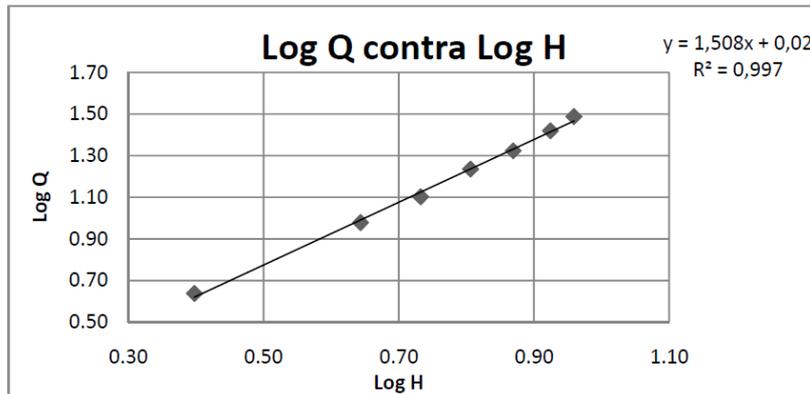
- Aplicar logaritmos a los caudales reales y a las alturas H:

Logaritmo de caudales observados y de cargas

| H (cm) | Qr = V/t (l/s) | Log H | Log Q |
|-------------------|---------------------------|--------------|--------------|
| 2,5 | 4,34 | 0,3979 | 0,6377 |
| 4,4 | 9,52 | 0,6435 | 0,9787 |
| 5,4 | 12,66 | 0,7324 | 1,1024 |
| 6,4 | 17,22 | 0,8062 | 1,2359 |
| 7,4 | 21,08 | 0,8692 | 1,3239 |
| 8,4 | 26,28 | 0,9243 | 1,4197 |
| 9,1 | 30,79 | 0,9590 | 1,4883 |

- Plotear las columnas LogH contra LogQ
- Generar una línea de tendencia que mejor se ajuste a dicha dispersión y obtener su ecuación

Gráfica de logaritmos de caudal observado y cargas H



2.2.2.5 Evaporación

Existen dos tipos de estos instrumentos para medir la evaporación en forma experimental, tanques superficiales y tanques enterrados ambos tienen ventajas y desventajas.

Los tanques superficiales tienen la ventaja de ser de fácil instalación y los resultados no resultan alterados por el rebote de las aguas de lluvia en terrenos colindante. Estos tanques son sensibles a la temperatura del aire y a la insolación.

En el caso de los tanques enterrados tienen la desventaja de que sus resultados puedan verse afectados por el rebote de las aguas de lluvia en terrenos colindantes y que se requiere de mayor trabajo para su instalación.

La evaporación diaria se calcula por la siguiente formula:

$$E=P \pm \Delta d$$

Balance Hídrico:

Este método esta basado en la ecuación de continuidad y la evaporación puede calcularse por las siguiente expresión.

$$E=I-O-\Delta s$$

Donde:

E= Evaporación

I= flujo entrante

Δs = Variación del volumen de almacenamiento.

En esta ecuación intervienen vectores de origen por encima y por debajo de la superficie terrestre, respectivamente. Lo cual nos haría la formula de la siguiente manera.

$$E=P+R1-R2-R3-T-F- \Delta s$$

Donde:

E= Evaporación

I= flujo entrante

Δs = Variación del volumen de almacenamiento.

En esta ecuación intervienen vectores de origen por encima y por debajo de la superficie terrestre, respectivamente. Lo cual nos haría la fórmula de la siguiente manera.

$$E=P+R1-R2-R3-T-F- \Delta s$$

Donde:

E= evaporación

P=precipitación

R1=escorrentía superficial entrante

R2= escorrentía superficial saliente

R3= flujo de agua subterránea entrante

T= pérdida por Transpiración

F= la infiltración

Δs =variación de volumen de almacenamiento.

2.2.2.6 Infiltración Del Agua

La infiltración es el proceso por el cual el agua en la superficie de la tierra entra en el suelo. La tasa de infiltración, en la ciencia del suelo, es una medida de la tasa a la cual el suelo es capaz de absorber la precipitación o la irrigación. Se mide en pulgadas por hora o milímetros por hora. Las disminuciones de tasa hacen que el suelo se sature. Si la tasa de precipitación excede la tasa de infiltración, se producirá escorrentía a menos que haya alguna barrera física. Está relacionada con la conductividad hidráulica saturada del suelo cercano a la superficie. La tasa de infiltración puede medirse usando un infiltrómetro.

La infiltración está gobernada por dos fuerzas: la gravedad y la acción capilar. Los poros muy pequeños empujan el agua por la acción capilar además de contra la fuerza de la gravedad. La tasa de infiltración se ve afectada por características del suelo como la facilidad de entrada, la capacidad de almacenaje y la tasa de transmisión por el suelo.

En el control de la tasa y capacidad infiltración desempeñan un papel la textura y estructura del suelo, los tipos de vegetación, el contenido de agua del suelo, la temperatura del suelo y la intensidad de precipitación. Por ejemplo, los suelos arenosos de grano grueso tienen espacios grandes entre cada grano y permiten que el agua se infiltre rápidamente. La vegetación crea más suelos porosos, protegiendo el suelo del estancamiento de la precipitación, que puede cerrar los huecos naturales entre las partículas del suelo, y soltando el suelo a través de la acción de las raíces. A esto se debe que las áreas arboladas tengan las tasas de infiltración más altas de todos los tipos de vegetación.

La capa superior de hojas, que no está descompuesta, protege el suelo de la acción de la lluvia, y sin ella el suelo puede hacerse mucho menos permeable. En las áreas con vegetación de chaparral, los aceites hidrofóbicos de las hojas suculentas pueden extenderse sobre la superficie del suelo con el fuego, creando grandes áreas de suelo hidrofóbico.

Otros eventos que pueden bajar las tasas de infiltración o bloquearla son los restos de plantas secas que son resistentes al remojo, o las heladas. Si el suelo está saturado en un período glacial intenso, puede convertirse en un cemento congelado en el cual no se produce casi ninguna infiltración. Sobre una línea divisoria de aguas

probablemente habrá huecos en el cemento helado o el suelo hidrofóbico por donde el agua puede infiltrarse.

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 DISEÑO METODOLÓGICO

3.1.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS

➤ **Tipo de Investigación**

El tipo de estudio para la presente investigación es de tipo: Descriptiva-no experimental y cuantitativo

➤ **Tipo de Análisis**

El análisis ha sido descriptivo y cuantitativo.

3.1.2 EL UNIVERSO DE LA INVESTIGACIÓN

El universo de la presente investigación comprende los diversos canales de concreto revestidos y de todas las estructuras hidráulicas de esta naturaleza de la ciudad de Jaén.

3.1.3 LOCALIZACIÓN Y UBICACIÓN

El canal El Progreso - Mayanal está ubicado en el departamento de Cajamarca, provincia de Jaén, cuenta con las siguientes coordenadas UTM (Datum WGS 84 uso 17 Zona S)

TABLA 01: COORDENADAS UTM

| COORDENADAS UTM | | |
|-----------------|---------|-----------|
| | ESTE | NORTE |
| PUNTO INICIAL | 740 027 | 9 368 204 |
| PUNTO FINAL | 741 000 | 9 368 550 |



Figura 12. Mapa departamental.



Figura 13. Área de ubicación del proyecto-distrito Jaén

➤ **Acceso a la zona del proyecto.**

La ciudad de Jaén capital de la Provincia de Jaén, se encuentra a 295 Km. de la ciudad de Chiclayo y a 1,060 Km. de la ciudad de Lima, fácilmente accesible por la vía terrestre asfaltada desde la ciudad de Chiclayo Km. 770, siguiendo al Norte por la carretera Panamericana antigua Km. 870, cruce Olmos - Paso Porculla – Pucará – Chamaya – Jaén, subiendo 1 km hacia la parte alta de la provincia se encuentra el proyecto en estudio.

Estas vías forman parte del mapa de conectividad básica en la región de Cajamarca.

➤ **Factores y acciones ambientales**

a). Clima.

Posee un clima cálido todo el año, no en vano se la considera una de las ciudades más calurosa del país. Sus valles bajos son cálidos, temperaturas entre los 30° C. en el día y 22° en la noche. Las zonas altas son templadas y frías, según la altitud. La época de lluvias es de enero a abril.

La precipitación media acumulada anual para el periodo 1964-1980 es 780.9 mm

b). Ambiente físico.

• **Relieves y Suelos**

En el área de estudio, el relieve topográfico es accidentado, presentando pendientes que se encuentran comprendidas entre el 6% y el 40%.

Los suelos son por lo general son deslizables, de textura variable entre media y fina, Predominan los suelos arcillosos.

• **Recursos Hídricos**

El área de estudio pertenece a la cuenca hidrográfica del río Amojú.



Figura 14. Cause del Rio Amojú.

c). Precipitación

Se produce por diferentes mecanismos. Para la zona la variabilidad de las precipitaciones está en función de la orografía y la altitud, La precipitación media acumulada anual para el periodo 1964-1980 es 780.9 mm

d). Temperatura

Es uno de los parámetros que explican la zonificación y diferencias entre los pisos ecológicos, pero al mismo tiempo es uno de los elementos que presenta menor variabilidad a lo largo del tiempo y el espacio.

según datos de la Estación Climatológica Jaén, registra una mínima mensual variable entre 17.2 °C a 20.2°C, la temperatura máxima varía entre 30.8 °C a 34.2°C, mientras que el promedio mensual oscila entre los 24.7°C a 26.8°C, siendo la temperatura promedio anual de 25.9°C

e). Evaporación

Total mensual registrada por la misma estación varía entre 67.61 mm y 114.81 mm, siendo el promedio anual variable entre los 63.84 mm a 112.93 mm.

f). Humedad Relativa

A nivel mensual varia entre el 69 % a 77 %, registrando los valores más altos los meses de Marzo a Julio y a nivel anual se registra un promedio del 74%.

g). Medio biológico.

Flora.-Del punto de vista forestal, la vegetación que cubre los 1 km. Del canal en estudio está compuesto por árboles de mediana altura y pastos.



Figura 15. Flora en el canal El Progreso Mayanal

3.1.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN.

La recolección de información, permitirá obtener información sobre el nivel de eficiencia de conducción de agua del canal de riego en estudio. Se realizará a través de toma directa de datos y variables, realizando lo siguiente:

- Ubicamos el tramo más apropiado de canal a ser evaluado (1 km), en la situación más crítica del total de canal de regadío de 5.00 Km.

- Adquirimos las medidas reales de la sección del canal del punto de inicial del tramo y del punto final del tramo.
- Diseñamos con las medidas de la sección del canal anteriormente determinadas, 2 vertederos de pared delgada, para calcular caudales de ingreso y caudales de salida.
- Se realizó la calibración del vertedero con el método volumétrico, utilizando una estructura de un sedimentador como recipiente.
- Se determinó el caudal de evaporación, con un valor estimado de evaporación de 1mm/h para los momentos en los que se tomaron los datos.
- Calculamos la variación de tiempo que habrá entre cada toma de datos del caudal de entrada y la toma de datos del caudal de salida.
- Hallamos caudales de ingreso y salida del tramo en estudio, tomando 03 medidas en el punto de inicial (caudal de ingreso), y el punto final (caudal de salida) en un día. Realizamos el mismo procedimiento inter-diario por el lapso de dos semanas, de los cuales se obtienen 6 datos los cuales son suficientes ya que cada datos será tomado en un periodo las misma condiciones o parecidas.
- Con los caudales calculamos las eficiencias de conducción de los días de evaluación.
- Una vez determinada las eficiencias de conducción durante el lapso de cuatro semanas se sacara un promedio para finalmente determinar la eficiencia de conducción del canal de riego El Progreso - Mayanal.
- Realizar un registro fotográfico en cada toma de medidas.

Recolección de información para la evaluación del revestimiento y llenado de juntas de dilatación del canal: Permitirá obtener información sobre el estado de revestimiento del canal (fisuras y grietas). Esto realizará a través de observación directa:

- Evaluamos las principales grietas y fisuras en el tramo del canal de estudio.
- Medimos y describimos las principales características de las grietas, fisuras y juntas en mal estado.
- Realizar un registro fotográfico en todo el tramo en estudio.

3.1.5 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.1.5.1 Población

En la presente tesis la población se considera el canal de riego El Progreso Mayanal en su totalidad, 5 kilómetros aproximadamente.

3.1.5.2 Muestra

Mediante una observación previa de todo los 5 kilómetros del canal y haciendo un análisis del acceso al lugar y las limitaciones para desarrollar el presente estudio se determina que la muestra se considere, 1.00 Km. desde la progresiva ubicada en el km 00+000 hasta la progresiva km 01+000 del canal de riego El Progreso - Mayanal, puesto que en este es el tramo más crítico de todo el canal, ya que se encuentra el recubrimiento del canal en muy mal estado puesto a que el terreno es un terreno expansivo y de mala calidad, existiendo deslizamientos y asentamientos del talud, la investigación se realizó del 17 de octubre al 28 de octubre del 2016.

FORMA DE TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE LOS DATOS

Los datos obtenidos para la determinación de la eficiencia de conducción del canal y en la evaluación del revestimiento y el llenado de juntas, serán procesados y analizados en el programa de Microsoft Word y Excel. Tomando en cuenta las fichas de diagnóstico preparadas para este proyecto de investigación, los cuales se encuentran en los anexos.

3.1.5.3 Metodología

La metodología utilizada consiste en determinar los caudales de entrada y salida en el tramo en estudio, para el cual se utilizara la media o promedios de los resultados obtenidos, y la descripción del estado de recubrimiento del canal y el llenado de las juntas. Realizando lo siguiente:

3.1.5.3.1 Calculo de caudal aproximado por el método del flotador

Calculo de la velocidad superficial

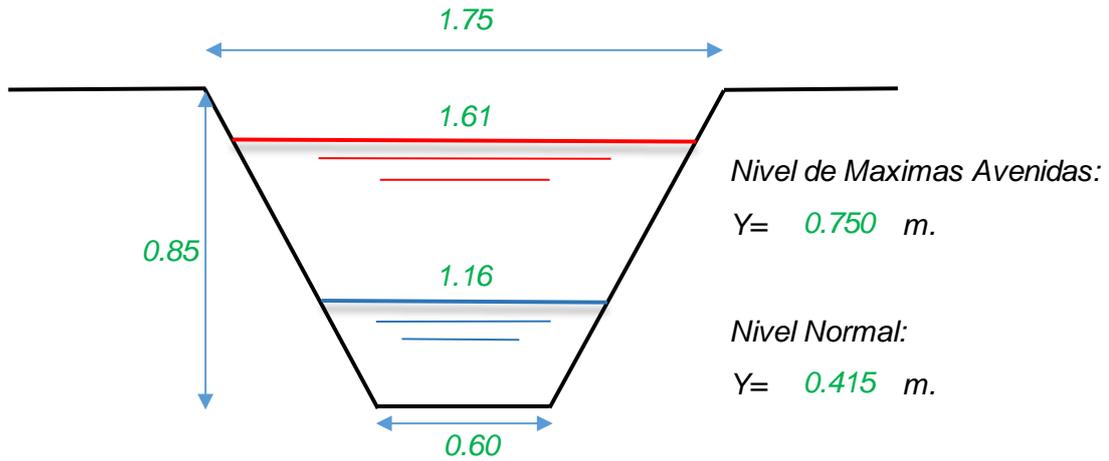
| | | |
|------------------|---|---------|
| <i>DISTANCIA</i> | = | 10.00 M |
|------------------|---|---------|

TIEMPOS:

| | | |
|------------------------|---|-------------------|
| <i>T1</i> | = | 13.89 Seg. |
| <i>T2</i> | = | 13.19 Seg. |
| <i>T3</i> | = | 14.10 Seg. |
| <i>T4</i> | = | 14.27 Seg. |
| <i>T5</i> | = | 14.20 Seg. |
| <i>T6</i> | = | 14.56 Seg. |
| <i>T7</i> | = | 14.65 Seg. |
| <i>T8</i> | = | 14.15 Seg. |
| <i>T9</i> | = | 14.20 Seg. |
| <i>T10</i> | = | 14.19 Seg. |
| <i>T(Prom.)</i> | = | 14.14 Seg. |



| | | |
|-----------------------------|---|---------------------|
| <i>V superficial</i> | = | 0.707 m/Seg. |
|-----------------------------|---|---------------------|



$$\text{Area Sec.} = 0.365 \text{ m}^2$$

Finalmente calculamos el caudal (Q):

$$Q = 0.2583 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 258.274 \text{ l/s}$$

Si sabemos que la Velocidad superficial calculada es: 0.707 m/Seg.
para convertir la Vs en Vmedia utilizaremos el factor: 0.8

$$V_{\text{media}} = 0.5658 \text{ m/Seg.}$$

Calculo del nuevo cauda (Q):

Utilisaremos la formula:

$$Q = (V_{\text{media}}) \times (\text{Area sec.})$$

$$Q = 0.207 \text{ m}^3/\text{s}$$

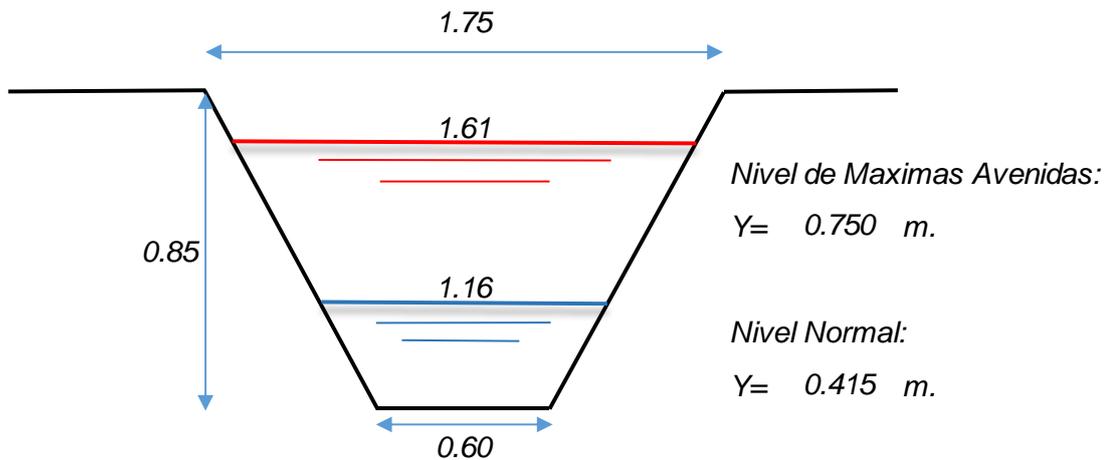
$$Q = 206.620 \text{ l/s}$$

Este caudal nos permitira diseñar el vertedero de pared delgada para el caudal de entrada

3.1.5.3.2 Diseño De Vertederos De Pared Delgada De Sección Rectangular

Diseñamos y fabricamos vertederos rectangulares de pared delgada con dos contracciones para el punto de inicio y final, utilizando una lámina de acero, con espesor igual a 1/4" utilizando las Dimensiones obtenidas de acuerdo con el ancho del canal de llegada real a utilizar y al volumen de agua del mismo.

Diseño del vertedero para el punto inicial



Datos obtenidos usando el metodo del Flotador:

$$V_m = 0.566 \text{ m/Seg.}$$

$$A = 0.37 \text{ m}^2$$

$$Q = 0.207 \text{ m}^3/\text{s}$$

Utilizaremos la formula para vertederos de Pared delgada(Seccion rectangular)

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

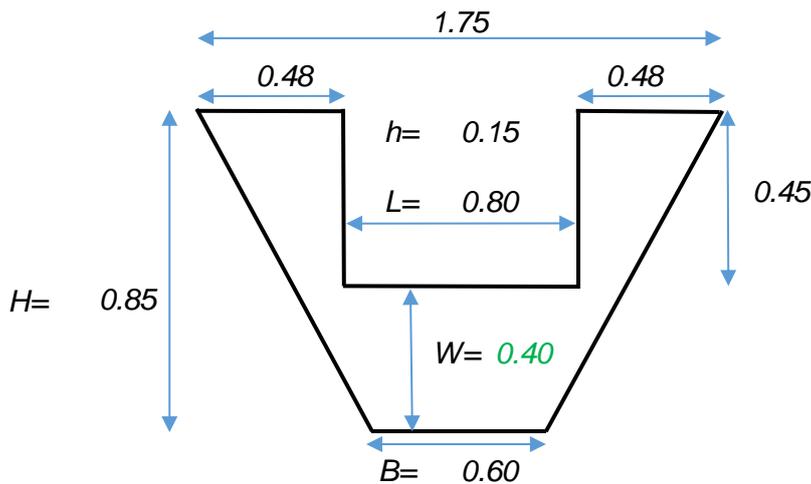
Donde:

- Q= Caudal que fluye por el vertedero (m3/s)
- L= Ancho de la cresta (m)
- h= Carga del vertedero (m)
- g= Aceleracion gravitacional: (9.81 m/s²)
- u= Coeficiente de gasto (para nuestro calculo asumimos un valor)
- u= 0.60 (Libro de Sotelo)



Damos valores a h y L:

- h= 0.15 m
- L= 0.80 m



Ingresamos valores y las constantes en la formula hasta llegar o mas del caudal por el metodo del flotador

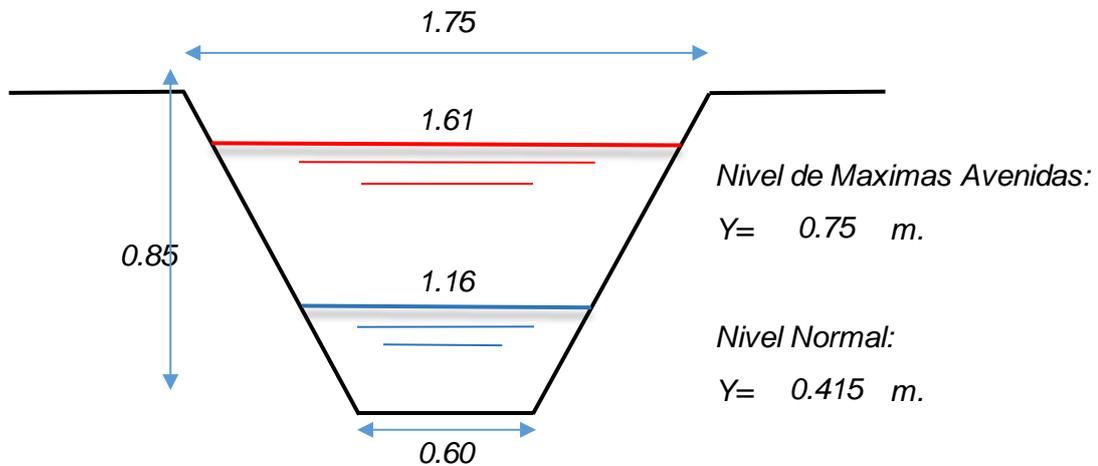
$$Q = \frac{2}{3} \sqrt{2g} * L * h^{(2/3)} * u$$

Reemplazando tenemos:

$$Q = 0.400 \text{ m}^3/\text{s} > 0.207 \text{ m}^3/\text{s} \text{ OK!}$$

Este valor es mayor que el del metodo por el flotador, por lo que esta perfectamente sustentado por la inexactitud del metodo del flotador.

Diseño del vertedero para el punto de Salida



Datos obtenidos usando el metodo del Flotador:

$$V_m = 0.566 \text{ m/Seg.}$$

$$A = 0.37 \text{ m}^2$$

$$Q = 0.2066 \text{ m}^3/\text{s}$$

Utilizaremos la formula para vertederos de Pared delgada (Seccion rectangular)

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

Donde:

Q= Caudal que fluye por el vertedero (m³/s)

L= Ancho de la cresta (m)

h= Carga del vertedero (m)

g= Aceleracion gravitacional: (9.81 m/s²)

u= Coeficiente de gasto (para nuestro calculo asumimos un valor)

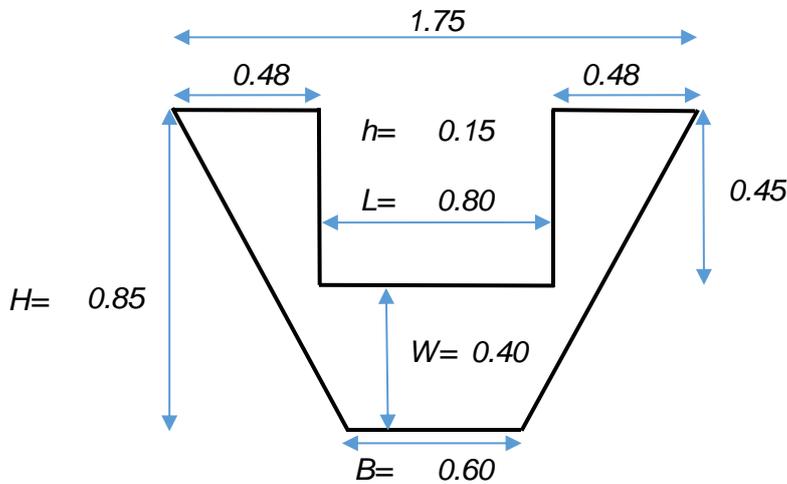
u= 0.60 (Libro de Sotelo)



Damos valores a h y L :

$$h = 0.15 \text{ m}$$

$$L = 0.80 \text{ m}$$



Ingresamos valores y las constantes en la formula hasta llegar o mas del caudal por el metodo del flotador

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

Reemplazando tenemos:

$$Q = 0.400 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$> 0.207 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ok!

Este valor es mayor que el del metodo por el flotador, por lo que esta perfectamente sustentado por la inexactitud del metodo del flotador.

3.1.5.3.3 Calibración De Los Vertederos

Se utilizó el Método Volumétrico para calibrar los vertederos, siguiendo los siguientes pasos:

- Se utilizó un Sedimentador de Vol = 12.375 m³ como recipiente, el cual se encuentra sin uso al margen derecho de la progresiva km 1+380 del Canal El Progreso Mayanal
- Se instaló cada uno de los vertederos para determinar el caudal respectivo, a continuación dicho caudal se le encauso mediante una toma al recipiente

antes mencionado.

- Se registró los tiempos de llenado del recipiente, se realizó 3 lecturas con este procedimiento con cada vertedero.
- Con este método se determinó una constante K para cada vertedero, que se utilizará para corregir los caudales arrojados por los vertederos en los puntos de entrada y salida del tramo en estudio del Canal El Progreso Mayanal.

TABLA 02: CALIBRACION DE VERTEDERO RECTANGULAR ENTRADA

| DATOS | UNID. | N° DE AFOROS | | |
|---|-------|---------------|---------------|---------------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| 1. CAUDAL SEGÚN VERTEDERO | | | | |
| Base del vertedero (B) | m | 0.6000 | 0.6000 | 0.6000 |
| Umbral del Vertedero (W) | m | 0.4000 | 0.4000 | 0.4000 |
| Longitud de Cresta (L) | m | 0.8000 | 0.8000 | 0.8000 |
| Carga Hidraulica (h) | m | 0.1280 | 0.1300 | 0.1280 |
| Coefficiente de Gasto (u) * | s/u | 0.6921 | 0.6925 | 0.6921 |
| Caudal de Ingreso (Q1) | m3/s. | 0.4153 | 0.4198 | 0.4153 |
| Caudal Promedio de Ingreso | m3/s. | 0.4168 | | |
| 2. CAUDAL SEGÚN METODO VOLUMÉTRICO | | | | |
| Largo del recipiente | m | 2.7500 | 2.7500 | 2.7500 |
| Ancho del Recipiente | m | 3.0000 | 3.0000 | 3.0000 |
| Alto del Recipiente | m | 1.5000 | 1.5000 | 1.5000 |
| Volumen | m3 | 12.3750 | 12.3750 | 12.3750 |
| Tiempo de Llenado | Seg. | 30.65 | 30.47 | 30.58 |
| Caudal de Ingreso (Q2) | m3/s. | 0.4038 | 0.4061 | 0.4047 |
| Caudal Promedio de Ingreso | m3/s. | 0.4049 | | |

Hallando el Factor de Correccion (Ke) :

$$Ke = \frac{Q2}{Q1} \quad \text{Donde: } Q1: \text{ Caudal medido por el vertedero}$$

$$Q2: \text{ Caudal Medido por el Metodo Volumétrico}$$

Remplazando:

$$Ke = \frac{0.4049}{0.4168}$$

$$Ke = 0.9713$$

TABLA 03: CALIBRACION DE VERTEDERO RECTANGULAR SALIDA

| DATOS | UNID. | N° DE AFOROS | | |
|---|--------------|---------------|---------------|---------------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| 1. CAUDAL SEGÚN VERTEDERO | | | | |
| Base del vertedero (B) | m | 0.6000 | 0.6000 | 0.6000 |
| Umbral del Vertedero (W) | m | 0.4000 | 0.4000 | 0.4000 |
| Longitud de Cresta (L) | m | 0.8000 | 0.8000 | 0.8000 |
| Carga Hidraulica (h) | m | 0.1190 | 0.1210 | 0.1200 |
| Coefficiente de Gasto (u) * | s/u | 0.6907 | 0.6910 | 0.6909 |
| Caudal de Ingreso (Q1) | m3/s. | 0.3948 | 0.3993 | 0.3971 |
| Caudal Promedio de Ingreso | m3/s. | 0.3971 | | |
| 2. CAUDAL SEGÚN METODO VOLUMÉTRICO | | | | |
| Largo del recipiente | m | 2.7500 | 2.7500 | 2.7500 |
| Ancho del Recipiente | m | 3.0000 | 3.0000 | 3.0000 |
| Alto del Recipiente | m | 1.5000 | 1.5000 | 1.5000 |
| Volumen | m3 | 12.3750 | 12.3750 | 12.3750 |
| Tiempo de llenado | Seg. | 32.15 | 31.84 | 32.50 |
| Caudal de Ingreso (Q2) | m3/s. | 0.3849 | 0.3887 | 0.3808 |
| Caudal Promedio de Ingreso | m3/s. | 0.3848 | | |

Hallando el Factor de Correccion (Ks) :

$$Ks = \frac{Q2}{Q1} \quad \text{Donde: } Q1: \text{Caudal medido por el vertedero}$$

$$Q2: \text{Caudal Medido por el Metodo Volumétrico}$$

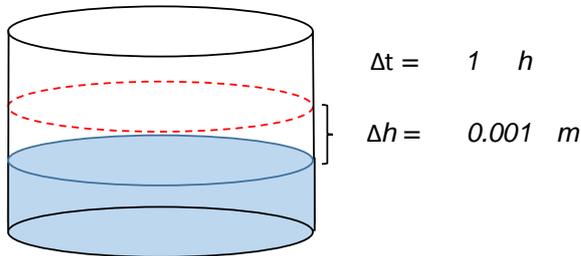
Remplazando:

$$Ks = \frac{0.3848}{0.3971}$$

$$Ks = 0.9691$$

3.1.5.3.4 Caudal de Evaporación (Q evp.)

Colocamos agua en un recipiente, a la interpedie a una temperatura ambiente de 30°C, luego del lapso de una (01) hora se mide la variacion de altura.



Determinando el Volumén de evaporación con los siguientes datos:

$$L = 1.61 \text{ m} \quad L1 = 1,000 \text{ m} \quad t = 24.00 \text{ min (aprox)} \\ t = 0.40 \text{ h}$$

$$\text{Vol evp.} = \frac{L \times L1 \times \Delta h \times t}{\Delta t}$$

Remplazando:

$$\text{Vol evp.} = 0.6440 \text{ m}^3$$

Volumen que se evapora duante el recorrido desde el punto de entra hasta el punto de salida.

Caudal de Evaporacio (Q evp.):

$$Q \text{ evp.} = \frac{\text{Vol evp.}}{t} \quad \text{m}^3/\text{s}$$

$$Q \text{ evp.} = 0.00044722 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q \text{ evp.} = 0.44722222 \text{ l/s}$$

3.1.5.3.5 Caudal de Infiltración (Q inf.)

El Caudal de Infiltracion (Q inf.) sera la diferencia entre el Caudal perdido (Q p) y el Caudal Evaporacio (Q evp.)

$$Q \text{ inf.} = (Q p) - (Q \text{ evp.})$$

3.1.5.4 Toma De Datos

Utilizamos los vertederos de pared delgada rectangulares con dos contracciones diseñados para efectuar los aforos, para el caso de la determinación de la eficiencia de conducción del canal en el tramo en estudio.

Para el caso de la evaluación del estado del revestimiento del canal se evaluó todo el recorrido para la descripción, medición y evaluación de grietas, roturas y llenado de juntas

3.1.5.5 Recojo De Datos Del Nivel De Eficiencia De Conducción

Fijamos el vertedero rectangular utilizando arcilla como sellador para evitar filtraciones en sus bordes que pudieran afectar las lecturas.

Medimos la distancia $d > 4H$, donde se deberán tomar las alturas de carga para realizar los cálculos.

Realizamos 03 lecturas de carga H , en punto de inicio y final, la variación de tiempos de toma de datos entre la lectura de H de entra y la lectura H de salida fue calculada cada día que se realizó la toma de datos por el lapso de cuatro semanas.

3.1.5.5.1 Variación Del Tiempo Entre Toda De Datos

Calculo de la velocidad superficial

$$\boxed{\text{DISTANCIA}} = 10.00 \text{ M}$$

TIEMPOS:

$$\begin{aligned} T1 &= 12.27 \text{ Seg.} \\ T2 &= 16.20 \text{ Seg.} \\ T3 &= 14.56 \text{ Seg.} \\ T4 &= 14.65 \text{ Seg.} \\ T5 &= 14.75 \text{ Seg.} \\ T(\text{Prom.}) &= 14.49 \text{ Seg.} \end{aligned}$$

Variación de Tiempo entre toma de datos

$$L = 1,000.00 \text{ m}$$

Como : $T = L / V$



$$\boxed{T = 24.14 \text{ min.}}$$

3.1.5.6 Acopio de datos para evaluación de estado de recubrimiento del canal y de las juntas.

Realizamos el reconocimiento de todo el tramo en estudio, para evaluar en qué punto se encontraban las Grietas, fisuras, roturas y el llenado de juntas.

Para luego describirlas e identificarlas a que tipo y las condiciones en las que se encuentran cada una de los desperfectos.



Figura 16. Condición de grieta en la progresiva Km 1+278 del canal.

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 RESULTADOS

4.2 Caudales obtenidos por Vertedero de Pared delgada Rectangular

Los caudales fueron estimados por el lapso de dos semanas interdiario, en el tramo de estudio Km 0+000.00 – Km 1+000.00, desde el Lunes 17 al viernes 28 de Octubre del 2016, la variación del tiempo entre toma de datos fue calculada cada día que se realizaron las lecturas.

TABLA 04: OBTENCION DE CAUDALES DIA 01: Lunes 17 de Octubre del 2016

| DATOS | UNID. | N° DE AFOROS | | |
|-------------------------------|-------------------------|---------------|---------------|---------------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| 1. CAUDAL DE INGRESO | | | | |
| Base del vertedero (B) | m | 0.6000 | 0.6000 | 0.6000 |
| Umbral del Vertedero (W) | m | 0.4000 | 0.4000 | 0.4000 |
| Longitud de Cresta (L) | m | 0.8000 | 0.8000 | 0.8000 |
| Carga Hidraulica (h) | m | 0.1300 | 0.1300 | 0.1250 |
| Coefficiente de Gasto (u) * | s/u | 0.6925 | 0.6925 | 0.6916 |
| Caudal de Ingreso ** | m ³ /s. | 0.4198 | 0.4198 | 0.4085 |
| Caudal Promedio de Ingreso | m³/s. | 0.4160 | | |
| 2. CAUDAL DE SALIDA | | | | |
| Base del vertedero (B) | m | 0.6000 | 0.6000 | 0.6000 |
| Umbral del Vertedero (W) | m | 0.4000 | 0.4000 | 0.4000 |
| Longitud de Cresta (L) | m | 0.8000 | 0.8000 | 0.8000 |
| Carga Hidraulica (h) | m | 0.1100 | 0.1100 | 0.1050 |
| Coefficiente de Gasto (u) * | s/u | 0.6898 | 0.6898 | 0.6895 |
| Caudal de Salida ** | m ³ /s. | 0.3741 | 0.3741 | 0.3625 |
| Caudal Promedio de Salida | m³/s. | 0.3702 | | |

Calculo de la velocidad superficial

| | | | |
|-----------|---|-------|---|
| DISTANCIA | = | 10.00 | M |
|-----------|---|-------|---|

TIEMPOS:

$T_1 = 14.00 \text{ Seg.}$
 $T_2 = 16.20 \text{ Seg.}$
 $T_3 = 14.56 \text{ Seg.}$
 $T_4 = 14.75 \text{ Seg.}$
 $T_5 = 15.64 \text{ Seg.}$
 $T(\text{Prom.}) = 15.03 \text{ Seg.}$

$V_{\text{superficial}} = 0.665 \text{ m/Seg.}$

Variación de Tiempo entre toma de datos de entrada y salida

$L = 1,000.00 \text{ m}$
 Como : $T = L / V$

$T = 25.05 \text{ min.}$

TABLA 05: OBTENCION DE CAUDALES DIA 02: Miercoles 19 de Octubre del 2016

| DATOS | UNID. | N° DE AFOROS | | |
|-------------------------------|-------|---------------|---------------|---------------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| 1. CAUDAL DE INGRESO | | | | |
| Base del vertedero (B) | m | 0.6000 | 0.6000 | 0.6000 |
| Umbral del Vertedero (W) | m | 0.4000 | 0.4000 | 0.4000 |
| Longitud de Cresta (L) | m | 0.8000 | 0.8000 | 0.8000 |
| Carga Hidraulica (h) | m | 0.1250 | 0.1300 | 0.1300 |
| Coefficiente de Gasto (u) * | s/u | 0.6916 | 0.6925 | 0.6925 |
| Caudal de Ingreso ** | m3/s. | 0.4085 | 0.4198 | 0.4198 |
| Caudal Promedio de Ingreso | m3/s. | 0.4160 | | |
| 2. CAUDAL DE SALIDA | | | | |
| Base del vertedero (B) | m | 0.6000 | 0.6000 | 0.6000 |
| Umbral del Vertedero (W) | m | 0.4000 | 0.4000 | 0.4000 |
| Longitud de Cresta (L) | m | 0.8000 | 0.8000 | 0.8000 |
| Carga Hidraulica (h) | m | 0.1050 | 0.1100 | 0.1100 |
| Coefficiente de Gasto (u) * | s/u | 0.6895 | 0.6898 | 0.6898 |
| Caudal de Salida ** | m3/s. | 0.3625 | 0.3741 | 0.3741 |
| Caudal Promedio de Salida | m3/s. | 0.3702 | | |

Calculo de la velocidad superficial

| | | | |
|-----------|---|-------|---|
| DISTANCIA | = | 10.00 | M |
|-----------|---|-------|---|

TIEMPOS:

T1 = 14.65 Seg.

T2 = 16.20 Seg.

T3 = 14.56 Seg.

T4 = 12.50 Seg.

T5 = 13.87 Seg.

T(Prom.) = 14.36 Seg.

→ $V_{\text{superficial}} = 0.697 \text{ m/Seg.}$

Variación de Tiempo entre toma de datos de entrada y salida

L = 1,000.00 m

Como : $T = L / V$

→

| |
|----------------|
| T = 23.93 min. |
|----------------|

TABLA 06: OBTENCION DE CAUDALES DIA 03: Viernes 21 de Octubre del 2016

| DATOS | UNID. | N° DE AFOROS | | |
|-------------------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| 1. CAUDAL DE INGRESO | | | | |
| Base del vertedero (B) | m | 0.6000 | 0.6000 | 0.6000 |
| Umbral del Vertedero (W) | m | 0.4000 | 0.4000 | 0.4000 |
| Longitud de Cresta (L) | m | 0.8000 | 0.8000 | 0.8000 |
| Carga Hidraulica (h) | m | 0.1250 | 0.1250 | 0.1250 |
| Coefficiente de Gasto (u) * | s/u | 0.6916 | 0.6916 | 0.6916 |
| Caudal de Ingreso ** | m3/s. | 0.4085 | 0.4085 | 0.4085 |
| Caudal Promedio de Ingreso | m3/s. | 0.4085 | | |
| 2. CAUDAL DE SALIDA | | | | |
| Base del vertedero (B) | m | 0.6000 | 0.6000 | 0.6000 |
| Umbral del Vertedero (W) | m | 0.4000 | 0.4000 | 0.4000 |
| Longitud de Cresta (L) | m | 0.8000 | 0.8000 | 0.8000 |
| Carga Hidraulica (h) | m | 0.1050 | 0.1050 | 0.1000 |
| Coefficiente de Gasto (u) * | s/u | 0.6895 | 0.6895 | 0.6895 |
| Caudal de Salida ** | m3/s. | 0.3625 | 0.3625 | 0.3509 |
| Caudal Promedio de Salida | m3/s. | 0.3587 | | |

Calculo de la velocidad superficial

| | | | |
|-----------|---|-------|---|
| DISTANCIA | = | 10.00 | M |
|-----------|---|-------|---|

TIEMPOS:

T1 = 12.27 Seg.

T2 = 14.93 Seg.

T3 = 14.56 Seg.

T4 = 13.58 Seg.

T5 = 12.99 Seg.

T(Prom.) = 13.67 Seg.

→ $V_{\text{superficial}} = 0.732 \text{ m/Seg.}$

Variación de Tiempo entre toma de datos de entrada y salida

$L = 1,000.00 \text{ m}$

Como : $T = L / V$

→ $T = 22.78 \text{ min.}$

TABLA 07: OBTENCION DE CAUDALES DIA 04: Lunes 24 de Octubre del 2016

| DATOS | UNID. | N° DE AFOROS | | |
|-------------------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| 1. CAUDAL DE INGRESO | | | | |
| Base del vertedero (B) | m | 0.6000 | 0.6000 | 0.6000 |
| Umbral del Vertedero (W) | m | 0.4000 | 0.4000 | 0.4000 |
| Longitud de Cresta (L) | m | 0.8000 | 0.8000 | 0.8000 |
| Carga Hidraulica (h) | m | 0.1300 | 0.1300 | 0.1300 |
| Coefficiente de Gasto (u) * | s/u | 0.6925 | 0.6925 | 0.6925 |
| Caudal de Ingreso ** | m3/s. | 0.4198 | 0.4198 | 0.4198 |
| Caudal Promedio de Ingreso | m3/s. | 0.4198 | | |
| 2. CAUDAL DE SALIDA | | | | |
| Base del vertedero (B) | m | 0.6000 | 0.6000 | 0.6000 |
| Umbral del Vertedero (W) | m | 0.4000 | 0.4000 | 0.4000 |
| Longitud de Cresta (L) | m | 0.8000 | 0.8000 | 0.8000 |
| Carga Hidraulica (h) | m | 0.1100 | 0.1100 | 0.1100 |
| Coefficiente de Gasto (u) * | s/u | 0.6898 | 0.6898 | 0.6898 |
| Caudal de Salida ** | m3/s. | 0.3741 | 0.3741 | 0.3741 |
| Caudal Promedio de Salida | m3/s. | 0.3741 | | |

Calculo de la velocidad superficial

| | | | |
|-----------|---|-------|---|
| DISTANCIA | = | 10.00 | M |
|-----------|---|-------|---|

TIEMPOS:

T1 = 13.27 Seg.

T2 = 16.40 Seg.

T3 = 14.56 Seg.

T4 = 13.87 Seg.

T5 = 14.75 Seg.

T(Prom.) = 14.57 Seg.

→ $V_{\text{superficial}} = 0.686 \text{ m/Seg.}$

Variación de Tiempo entre toma de datos de entrada y salida

L = 1,000.00 m

Como : $T = L / V$

→

| |
|----------------|
| T = 24.28 min. |
|----------------|

TABLA 08: OBTENCION DE CAUDALES DIA 05: Miercoles 26 de Octubre del 2016

| DATOS | UNID. | N° DE AFOROS | | |
|-------------------------------|-------|---------------|---------------|---------------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| 1. CAUDAL DE INGRESO | | | | |
| Base del vertedero (B) | m | 0.6000 | 0.6000 | 0.6000 |
| Umbral del Vertedero (W) | m | 0.4000 | 0.4000 | 0.4000 |
| Longitud de Cresta (L) | m | 0.8000 | 0.8000 | 0.8000 |
| Carga Hidraulica (h) | m | 0.1300 | 0.1300 | 0.1350 |
| Coefficiente de Gasto (u) * | s/u | 0.6925 | 0.6925 | 0.6935 |
| Caudal de Ingreso ** | m3/s. | 0.4198 | 0.4198 | 0.4311 |
| Caudal Promedio de Ingreso | m3/s. | 0.4236 | | |
| 2. CAUDAL DE SALIDA | | | | |
| Base del vertedero (B) | m | 0.6000 | 0.6000 | 0.6000 |
| Umbral del Vertedero (W) | m | 0.4000 | 0.4000 | 0.4000 |
| Longitud de Cresta (L) | m | 0.8000 | 0.8000 | 0.8000 |
| Carga Hidraulica (h) | m | 0.1100 | 0.1100 | 0.1150 |
| Coefficiente de Gasto (u) * | s/u | 0.6898 | 0.6898 | 0.6902 |
| Caudal de Salida ** | m3/s. | 0.3741 | 0.3741 | 0.3856 |
| Caudal Promedio de Salida | m3/s. | 0.3779 | | |

Calculo de la velocidad superficial

| | | | |
|-----------|---|-------|---|
| DISTANCIA | = | 10.00 | M |
|-----------|---|-------|---|

TIEMPOS:

T1 = 14.75 Seg.

T2 = 16.40 Seg.

T3 = 14.56 Seg.

T4 = 12.75 Seg.

T5 = 14.75 Seg.

T(Prom.) = 14.64 Seg.

→ $V_{\text{superficial}} = 0.683 \text{ m/Seg.}$

Variación de Tiempo entre toma de datos de entrada y salida

L = 1,000.00 m

Como : $T = L / V$

→ $T = 24.40 \text{ min.}$

TABLA 09: OBTENCION DE CAUDALES DIA 06: Viernes 28 de Octubre del 2016

| DATOS | UNID. | N° DE AFOROS | | |
|-------------------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| 1. CAUDAL DE INGRESO | | | | |
| Base del vertedero (B) | m | 0.6000 | 0.6000 | 0.6000 |
| Umbral del Vertedero (W) | m | 0.4000 | 0.4000 | 0.4000 |
| Longitud de Cresta (L) | m | 0.8000 | 0.8000 | 0.8000 |
| Carga Hidraulica (h) | m | 0.1300 | 0.1350 | 0.1350 |
| Coefficiente de Gasto (u) * | s/u | 0.6925 | 0.6935 | 0.6935 |
| Caudal de Ingreso ** | m3/s. | 0.4198 | 0.4311 | 0.4311 |
| Caudal Promedio de Ingreso | m3/s. | 0.4274 | | |
| 2. CAUDAL DE SALIDA | | | | |
| Base del vertedero (B) | m | 0.6000 | 0.6000 | 0.6000 |
| Umbral del Vertedero (W) | m | 0.4000 | 0.4000 | 0.4000 |
| Longitud de Cresta (L) | m | 0.8000 | 0.8000 | 0.8000 |
| Carga Hidraulica (h) | m | 0.1100 | 0.1100 | 0.1150 |
| Coefficiente de Gasto (u) * | s/u | 0.6898 | 0.6898 | 0.6902 |
| Caudal de Salida ** | m3/s. | 0.3741 | 0.3741 | 0.3856 |
| Caudal Promedio de Salida | m3/s. | 0.3779 | | |

Calculo de la velocidad superficial

| | | | |
|-----------|---|-------|---|
| DISTANCIA | = | 10.00 | M |
|-----------|---|-------|---|

TIEMPOS:

$T_1 = 14.65 \text{ Seg.}$
 $T_2 = 13.98 \text{ Seg.}$
 $T_3 = 15.10 \text{ Seg.}$
 $T_4 = 14.33 \text{ Seg.}$
 $T_5 = 14.80 \text{ Seg.}$
 $T(\text{Prom.}) = 14.57 \text{ Seg.}$

→ $V_{\text{superficial}} = 0.686 \text{ m/Seg.}$

Variación de Tiempo entre toma de datos de entrada y salida

$L = 1,000.00 \text{ m}$
 Como : $T = L / V$

→ $T = 24.29 \text{ min.}$

* Para el cálculo del coeficiente de gasto (μ) se utiliza la formula descrita por Hegly.

** Para el cálculo del caudal se utiliza la formula descrita en el Cap.II- vertederos de sección rectangular.

4.3 Resumen de Caudales obtenidos por Vertedero

Se realizaron tres lecturas por cada día en el que tomaron los datos.

Tabla 10. Caudales promedio de entrada y salida canal El progreso

| FECHA | | AFORO | | | Q Promedio (m3/Seg.) |
|------------------------|---------|--------|--------|--------|-------------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | |
| Lunes: 17.10.16 | Entrada | 0.4198 | 0.4198 | 0.4085 | 0.4160 |
| | Salida | 0.3741 | 0.3741 | 0.3625 | 0.3702 |
| Miercoles: 19.10.16 | Entrada | 0.4085 | 0.4198 | 0.4198 | 0.4160 |
| | Salida | 0.3625 | 0.3741 | 0.3741 | 0.3702 |
| Viernes: 21.10.16 | Entrada | 0.4085 | 0.4085 | 0.4085 | 0.4085 |
| | Salida | 0.3625 | 0.3625 | 0.3509 | 0.3587 |
| Lunes: 24.10.16 | Entrada | 0.4198 | 0.4198 | 0.4198 | 0.4198 |
| | Salida | 0.3741 | 0.3741 | 0.3741 | 0.3741 |
| Miercoles: 26.10.16 | Entrada | 0.4198 | 0.4198 | 0.4311 | 0.4236 |
| | Salida | 0.3741 | 0.3741 | 0.3856 | 0.3779 |
| Viernes: 28.10.16 | Entrada | 0.4198 | 0.4311 | 0.4311 | 0.4274 |
| | Salida | 0.3741 | 0.3741 | 0.3856 | 0.3779 |

4.4 Caudales corregidos por la constantes Ke y Ks

Se utiliza la constante Ke para corregir los caudales de entrada y la constante Ks para corregir los caudales salida.

$$K_e = 0.9713$$

$$K_s = 0.9691$$

Tabla 11. Caudales promedio Corregidos canal El progreso

| FECHA | | AFORO | | | Q Promedio (m3/Seg.) |
|------------------------|---------|--------|--------|--------|-------------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | |
| Lunes: 17.10.16 | Entrada | 0.4078 | 0.4078 | 0.3967 | 0.4041 |
| | Salida | 0.3625 | 0.3625 | 0.3513 | 0.3588 |
| Miercoles: 19.10.16 | Entrada | 0.3967 | 0.4078 | 0.4078 | 0.4041 |
| | Salida | 0.3513 | 0.3625 | 0.3625 | 0.3588 |
| Viernes: 21.10.16 | Entrada | 0.3967 | 0.3967 | 0.3967 | 0.3967 |
| | Salida | 0.3513 | 0.3513 | 0.3401 | 0.3476 |
| Lunes: 24.10.16 | Entrada | 0.4078 | 0.4078 | 0.4078 | 0.4078 |
| | Salida | 0.3625 | 0.3625 | 0.3625 | 0.3625 |
| Miercoles: 26.10.16 | Entrada | 0.4078 | 0.4078 | 0.4188 | 0.4114 |
| | Salida | 0.3625 | 0.3625 | 0.3737 | 0.3663 |
| Viernes: 28.10.16 | Entrada | 0.4078 | 0.4188 | 0.4188 | 0.4151 |
| | Salida | 0.3625 | 0.3625 | 0.3737 | 0.3663 |

4.5 Perdidas de Caudales

Se determinó una pérdida de cauda por Infiltracion Q_{inf} , siendo esta la diferencia entre la Variación de Caudales ΔQ y el caudal de Evaporacion Q_{evp} .

Tabla 12. Resumen de la Variacion y Perdidas de Caudales

| FECHA | Qe (m3/s) | Qs (m3/s) | ΔQ (l/s) | PERDIDAS (l/s) | |
|---------------------|-----------|-----------|------------------|----------------|--------|
| | | | | Qevp | Q inf. |
| Lunes: 17.10.16 | 0.4041 | 0.3588 | 4.5296 | 0.4444 | 4.0852 |
| Miercoles: 19.10.16 | 0.4041 | 0.3588 | 4.5296 | 0.4444 | 4.0852 |
| Viernes: 21.10.16 | 0.3967 | 0.3476 | 4.9171 | 0.4444 | 4.4727 |
| Lunes: 24.10.16 | 0.4078 | 0.3625 | 4.5238 | 0.4444 | 4.0794 |
| Miercoles: 26.10.16 | 0.4114 | 0.3663 | 4.5186 | 0.4444 | 4.0742 |
| Viernes: 28.10.16 | 0.4151 | 0.3663 | 4.8851 | 0.4444 | 4.4407 |

4.6 Datos obtenidos del estado del recubrimiento y juntas del canal

Esta información se presenta en la ficha de evaluación para este proceso, la cual se presenta en la tabla 14. Observando las condiciones del recubrimiento y las juntas del canal.

TABLA 13: Obtencion de datos de la condicion del revestimiento del Canal El Progreso - Mayanal

| N° | PROGRESIVA | TIPO | | | PROFUNDIDAD | ESPESOR | LONGITUD | OBSERVACIONES Y/O GRAFICA |
|----|------------|--------|--------|-------|-------------|---------|----------|---------------------------|
| | Km. | GRIETA | ROTURA | JUNTA | (cm) | (cm) | (cm) | |
| 1 | 00+075.00 | | | X | 10 | 3.5 | 70 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 2 | 00+107.50 | | | X | 8.8 | 3 | 38 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 3 | 00+142.50 | | | X | 9 | 3 | 20 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 4 | 00+175.5 | X | | | 12 | 2 | 80 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 5 | 00+195.80 | | | X | 10 | 3 | 45 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 6 | 00+203.00 | | | X | 9 | 3 | 50 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 7 | 00+273.70 | | | X | 8 | 3 | 35 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 8 | 00+292.40 | X | | | 10 | 4 | 65 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 9 | 00+339.60 | | | X | 11 | 3.5 | 55 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 10 | 00+363.50 | | | X | 10 | 3.5 | 50 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 11 | 00+376.50 | | | X | 9 | 3.5 | 53 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 12 | 00+385.00 | | | X | 11 | 3.5 | 70 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 13 | 00+410.00 | | | X | 9 | 3 | 50 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 14 | 00+495.00 | | X | | 20 | 35 | 70 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 15 | 00+520.00 | | | X | 8 | 3.5 | 43 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 16 | 00+542.70 | | | X | 9 | 3.5 | 60 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 17 | 00+555.80 | | | X | 11 | 4 | 43 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 18 | 00+573.00 | | | X | 10 | 4 | 64 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 19 | 00+580.00 | X | | | 20 | 2 | 65 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 20 | 00+669.50 | | | X | 12 | 3 | 40 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 21 | 00+735.80 | | | X | 10 | 3 | 40 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 22 | 00+763.30 | | | X | 11 | 3 | 25 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 23 | 00+774.40 | | | X | 12 | 3 | 30 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |

TABLA 13: Obtencion de datos de la condicion del revestimiento del Canal El Progreso - Mayanal

| N° | PROGRESIVA | TIPO | | | PROFUNDIDAD | ESPESOR | LONGITUD | OBSERVACIONES Y/O GRAFICA |
|----|------------|--------|--------|-------|-------------|---------|----------|---------------------------|
| | Km. | GRIETA | ROTURA | JUNTA | (cm) | (cm) | (cm) | |
| 24 | 00+795.80 | | | X | 8 | 3.5 | 55 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 25 | 00+808.20 | | | X | 9 | 3.5 | 60 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 26 | 00+823.50 | | | X | 10 | 3 | 75 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 27 | 00+856.50 | X | | | 15 | 4 | 76 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 28 | 00+869.80 | | | X | 11 | 3.5 | 46 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 29 | 00+898.00 | | | X | 9 | 4 | 88 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 30 | 00+955.40 | | | X | 12 | 3.5 | 75 | INSTALACION CLANDESTINA |
| 31 | 01+139.00 | | | X | 10 | 3.5 | 70 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 32 | 01+215.00 | | | X | 9 | 3 | 20 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 33 | 01+278.00 | X | | | 12 | 2 | 80 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 34 | 01+250.90 | | | X | 10 | 3 | 45 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 35 | 01+.357.00 | | | X | 8 | 3 | 35 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 36 | 01+380.00 | | | X | 11 | 3.5 | 55 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 37 | 01+470.00 | | | X | 10 | 3.5 | 50 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 38 | 01+490.00 | | | X | 11 | 3.5 | 70 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 39 | 01+500.00 | | | X | 9 | 3 | 50 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 40 | 01+600.00 | | | X | 8 | 3.5 | 43 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 41 | 01+620.00 | | | X | 9 | 3.5 | 60 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 42 | 01+690.00 | | | X | 10 | 4 | 64 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 43 | 01+650.00 | X | | | 20 | 2 | 65 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 44 | 01+742.00 | | | X | 12 | 3 | 40 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 45 | 01+752.00 | | | X | 10 | 3 | 40 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 46 | 01+852.00 | | | X | 12 | 3 | 30 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 47 | 01+875.00 | | | X | 8 | 3.5 | 55 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 48 | 01+904.00 | | | X | 10 | 3 | 75 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 49 | 01+948.00 | X | | | 15 | 4 | 76 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 50 | 01+980.00 | | | X | 11 | 3.5 | 46 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 51 | 02+125.00 | | | X | 10 | 3.5 | 70 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 52 | 02+193.50 | | | X | 9 | 3 | 20 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 53 | 02+128.50 | X | | | 12 | 2 | 80 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 54 | 02+147.80 | | | X | 10 | 3 | 45 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 55 | 02+329.70 | | | X | 8 | 3 | 35 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 56 | 02+342.40 | X | | | 10 | 4 | 65 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 57 | 02+389.60 | | | X | 11 | 3.5 | 55 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 58 | 02+413.50 | | | X | 10 | 3.5 | 50 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 59 | 02+335.00 | | | X | 11 | 3.5 | 70 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 60 | 02+460.00 | | | X | 9 | 3 | 50 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 61 | 02+548.00 | | X | | 20 | 35 | 70 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 62 | 02+570.00 | | | X | 8 | 3.5 | 43 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 63 | 02+605.80 | | | X | 11 | 4 | 43 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 64 | 02+623.00 | | | X | 10 | 4 | 64 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 65 | 02+630.00 | X | | | 20 | 2 | 65 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 66 | 02+716.50 | | | X | 12 | 3 | 40 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 67 | 02+786.80 | | | X | 10 | 3 | 40 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 68 | 02+829.40 | | | X | 12 | 3 | 30 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 69 | 02+854.20 | | | X | 9 | 3.5 | 60 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 70 | 02+877.50 | | | X | 10 | 3 | 75 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |

TABLA 13: Obtencion de datos de la condicion del revestimiento del Canal El Progreso - Mayanal

| N° | PROGRESIVA | TIPO | | | PROFUNDIDAD | ESPESOR | LONGITUD | OBSERVACIONES Y/O GRAFICA |
|-----|------------|--------|--------|-------|-------------|---------|----------|---------------------------|
| | Km. | GRIETA | ROTURA | JUNTA | (cm) | (cm) | (cm) | |
| 71 | 02+948.00 | | | X | 9 | 4 | 88 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 72 | 03+137.50 | | | X | 8.8 | 3 | 38 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 73 | 03+172.50 | | | X | 9 | 3 | 20 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 74 | 03+205.50 | X | | | 12 | 2 | 80 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 75 | 03+233.00 | | | X | 9 | 3 | 50 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 76 | 03+303.70 | | | X | 8 | 3 | 35 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 77 | 03+322.40 | X | | | 10 | 4 | 65 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 78 | 03+393.50 | | | X | 10 | 3.5 | 50 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 79 | 03+406.50 | | | X | 9 | 3.5 | 53 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 80 | 03+440.00 | | | X | 9 | 3 | 50 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 81 | 03+525.00 | | X | | 20 | 35 | 70 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 82 | 03+550.00 | | | X | 8 | 3.5 | 43 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 83 | 03+572.70 | | | X | 9 | 3.5 | 60 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 84 | 03+585.80 | | | X | 11 | 4 | 43 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 85 | 03+610.00 | X | | | 20 | 2 | 65 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 86 | 03+775.80 | | | X | 10 | 3 | 40 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 87 | 03+793.30 | | | X | 11 | 3 | 25 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 88 | 03+804.40 | | | X | 12 | 3 | 30 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 89 | 03+825.80 | | | X | 8 | 3.5 | 55 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 90 | 03+853.50 | | | X | 10 | 3 | 75 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 91 | 03+886.50 | X | | | 15 | 4 | 76 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 92 | 03+899.80 | | | X | 11 | 3.5 | 46 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 93 | 04+275.50 | X | | | 12 | 2 | 80 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 94 | 04+295.80 | | | X | 10 | 3 | 45 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 95 | 04+303.00 | | | X | 9 | 3 | 50 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 96 | 04+373.70 | | | X | 8 | 3 | 35 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 97 | 04+392.40 | X | | | 10 | 4 | 65 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 98 | 04+439.60 | | | X | 11 | 3.5 | 55 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 99 | 04+463.50 | | | X | 10 | 3.5 | 50 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 100 | 04+485.00 | | | X | 11 | 3.5 | 70 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 101 | 04+510.00 | | | X | 9 | 3 | 50 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 102 | 04+620.00 | | | X | 8 | 3.5 | 43 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 103 | 04+642.70 | | | X | 9 | 3.5 | 60 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 104 | 04+655.80 | | | X | 11 | 4 | 43 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 105 | 04+680.00 | X | | | 20 | 2 | 65 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 106 | 04+769.50 | | | X | 12 | 3 | 40 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 107 | 04+863.30 | | | X | 11 | 3 | 25 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 108 | 04+895.80 | | | X | 8 | 3.5 | 55 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 109 | 04+908.20 | | | X | 9 | 3.5 | 60 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 110 | 04+956.50 | X | | | 15 | 4 | 76 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 111 | 04+969.80 | | | X | 11 | 3.5 | 46 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 112 | 04+998.00 | | | X | 9 | 4 | 88 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |

4.7 Análisis E Interpretación De Resultados

4.7.1 Nivel de eficiencia de conducción del canal El Progreso - Mayanal

Luego de organizar los datos, se procede a calcular los caudales de entrada y salida por el método de estructuras de medida, por el vertedero de pared delgada de sección rectangular con dos contracciones, para cada punto, y luego se calcula el promedio, el cual que será el caudal de entrada y salida para cada día (2 semanas).

Los caudales de inicio y salida obtenidos en las dos semanas de la investigación sirvieron para calcular las eficiencias promedio por día y la eficiencia del canal en estudio, en su tramo en estudio.

Tabla 14. Caudales promedio Corregidos canal El progreso

| FECHA | | AFORO | | | Q Promedio (m ³ /Seg.) |
|------------------------|---------|--------|--------|--------|--------------------------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | |
| Lunes: 17.10.16 | Entrada | 0.4078 | 0.4078 | 0.3967 | 0.4041 |
| | Salida | 0.3625 | 0.3625 | 0.3513 | 0.3588 |
| Miercoles: 19.10.16 | Entrada | 0.3967 | 0.4078 | 0.4078 | 0.4041 |
| | Salida | 0.3513 | 0.3625 | 0.3625 | 0.3588 |
| Viernes: 21.10.16 | Entrada | 0.3967 | 0.3967 | 0.3967 | 0.3967 |
| | Salida | 0.3513 | 0.3513 | 0.3401 | 0.3476 |
| Lunes: 24.10.16 | Entrada | 0.4078 | 0.4078 | 0.4078 | 0.4078 |
| | Salida | 0.3625 | 0.3625 | 0.3625 | 0.3625 |
| Miercoles: 26.10.16 | Entrada | 0.4078 | 0.4078 | 0.4188 | 0.4114 |
| | Salida | 0.3625 | 0.3625 | 0.3737 | 0.3663 |
| Viernes: 28.10.16 | Entrada | 0.4078 | 0.4188 | 0.4188 | 0.4151 |
| | Salida | 0.3625 | 0.3625 | 0.3737 | 0.3663 |

En la tabla 14. Los caudales obtenidos se aprecia que en el último día ha sido mayores a los días anteriores, teniendo como caudal de ingreso y salida máximos 0.4151 m³/seg. y 0.3663 m³/seg. respectivamente, dándose por la condición climática inestable en la ciudad de Jaén, y como podemos ver existe un cambio de caudales progresivo lo cual permite observar la adecuación de la metodología utilizada.

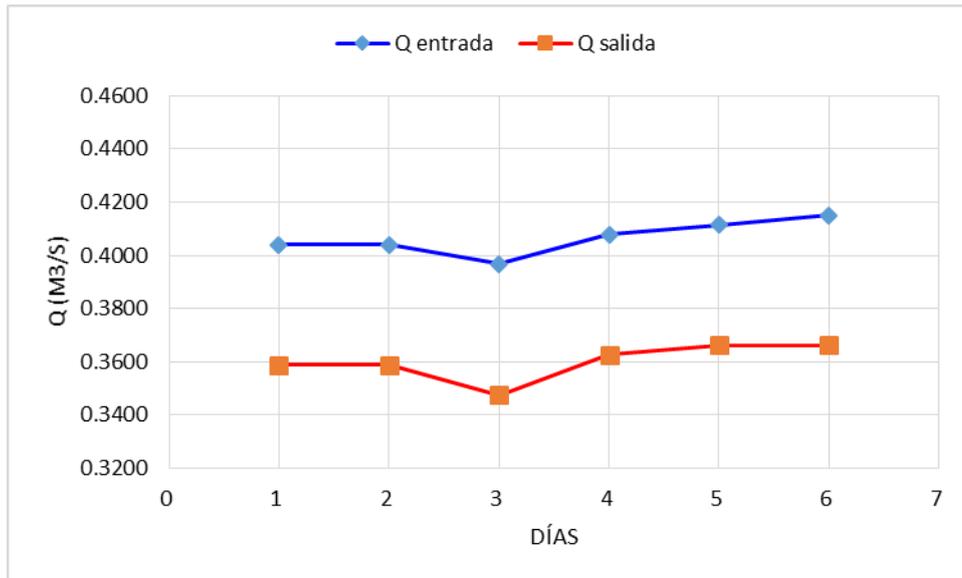


Figura 17. Caudales de entrada y salida del Canal El Progreso – Mayanal

Como podemos ver en la Figura 17, los caudales de ingreso son mayores que los caudales de salida, por lo que podemos deducir que existen perdidas en el recorrido del tramo en estudio, también muestra que los últimos días los caudales son mayores que los primeros, y existe nivel de máximo caudal en el sexto día, lo que muestra que ese día el caudal fue mayor, también podemos ver que los caudales de entrada y salida muestran una distribución uniforme sin cambios sinuosos de un día para otro.

Luego de realizar la obtención de los caudales de entrada y salida del canal El Progreso, en el periodo de dos semanas interdiario, calculamos la eficiencia de conducción del canal El Progreso, en cada uno de los días y finalmente nos llevó a calcular el promedio la cual es la eficiencia de conducción del canal en el tramo en estudio. Este cálculo se presenta en la tabla 15.

TABLA 15: EFICIENCIA DE CONDUCCION

| Día | Qe | Qs | Eficiencia |
|------------------|---------------|---------------|---------------|
| | (m3/Seg.) | (m3/Seg.) | (%) |
| 17/10/2016 | 0.4041 | 0.3588 | 88.79% |
| 19/10/2016 | 0.4041 | 0.3588 | 88.79% |
| 21/10/2016 | 0.3967 | 0.3476 | 87.61% |
| 24/10/2017 | 0.4078 | 0.3625 | 88.91% |
| 26/10/2016 | 0.4114 | 0.3663 | 89.02% |
| 28/10/2016 | 0.4151 | 0.3663 | 88.23% |
| PROMEDIO: | 0.4065 | 0.3600 | 88.56% |

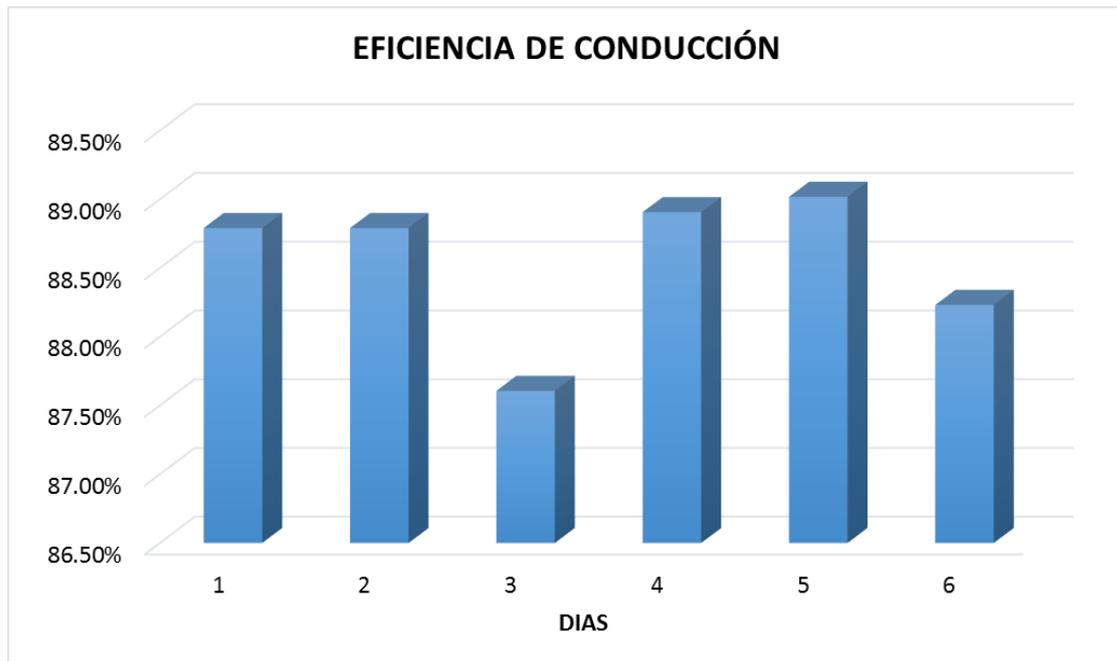


Figura 18. Distribución de eficiencia del Canal El Progreso – Mayanal

Al observar la figura 18, podemos ver que la eficiencia de conducción más alta se registró en el día Miércoles 28 de Octubre del 2016 (quinto día) con 87.94% y la más baja el día Viernes 21 de Octubre del 2016, con 89.02%, ello ocurrió por las condiciones climáticas principalmente y porque algunos días no se pudo tomar los datos simultáneamente.

La toma de datos interdiario y por el lapso de dos semanas permitió conocer más la variación de los caudales, para calcular con mayor precisión la eficiencia de

conducción del canal la cual es 88.56%, se debe a la condición del recubrimiento del canal lo cual nos da perdidas en el tramo en estudio donde existe mayor cantidad de desperfectos, ello permite ver el valor de realizar un mantenimiento constante en los canales.

4.7.2 Diagnóstico del estado de Recubrimiento del canal El Progreso - Mayanal

Al realizar la evaluación del tramo en estudio Km 0+000.00 – Km 1+000.00, de todas las fisuras, grietas, roturas y juntas, se pudieron identificar las más importantes de ellas, las cuales se encontraron a lo largo del tramo, cada una con diferentes condiciones, como se muestra en la tabla 16 y 17

TABLA 16: Resumen de deformaciones en el tramo de estudio

| TIPO DE DEFORMACION | CATIDAD |
|---------------------|-----------|
| GRIETAS | 4 |
| ROTURAS | 1 |
| DETERIORO DE JUNTAS | 25 |
| TOTAL | 30 |

TABLA17: Resumen del estado del revestimiento mas importantes del Canal El Progreso - Mayanal

| N° | PROGRESIVA | TIPO | | | PROFUNDIDAD | ESPESOR | LONGITUD | CODIGO | OBSERVACIONES Y/O GRAFICA |
|----|------------|--------|--------|-------|-------------|---------|----------|--------|---------------------------|
| | Km. | GRIETA | ROTURA | JUNTA | (cm) | (cm) | (cm) | | |
| 1 | 00+175.5 | X | | | 12 | 2 | 80 | G01 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 2 | 00+292.40 | X | | | 10 | 4 | 65 | G02 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 3 | 00+580.00 | X | | | 20 | 2 | 65 | G03 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 4 | 00+856.50 | X | | | 15 | 4 | 76 | G04 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 5 | 00+495.00 | | X | | 20 | 35 | 70 | R01 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 6 | 00+898.00 | | | X | 9 | 4 | 88 | J25 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 7 | 00+823.50 | | | X | 10 | 3 | 75 | J22 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 8 | 00+955.40 | | | X | 12 | 3.5 | 75 | J26 | INSTALACION CLANDESTINA |
| 9 | 00+0075.00 | | | X | 10 | 3.5 | 70 | J01 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 10 | 00+385.00 | | | X | 11 | 3.5 | 70 | J10 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 11 | 00+573.00 | | | X | 10 | 4 | 64 | J15 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 12 | 00+542.70 | | | X | 9 | 3.5 | 60 | J13 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 13 | 00+808.20 | | | X | 9 | 3.5 | 60 | J21 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 14 | 00+339.60 | | | X | 11 | 3.5 | 55 | J07 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |
| 15 | 00+795.80 | | | X | 8 | 3.5 | 55 | J20 | PRESENCIA DE ARBUSTOS |

Como podemos observar se identificó una rotura más importante, que se encuentra en los 0+495 metros, lo cual indica que ese tramos del canal donde

se encuentran la mayor situación de deterioro, otro factor importante es la presencia de cuatro grietas significativas y la ausencia o deterioro de las juntas , donde la mayoría tiene presencia de plantas y pastos la que rompe y debilita el concreto, dichos factores hace que las pérdidas en el tramo en estudio sean muchas y den como resultado la eficiencia de conducción hallado en esta investigación.

4.7.3 Calculo del presupuesto para el mejoramiento.

- Para el realizar el mejoramiento de los paños en mal estado, es necesario su demolición, en el cual existe 4.638 m³ por demoler.
- Es necesario ser remplazar 5 paños en todo el tramo Km 0+000 al Km 1+000, cada paño mide 3.5 m de largo y 2.65 m de largo, siendo un total de 46.38 m² de recubrimiento.
- Es necesario remplazar todas las juntas del tramo Km 0+000 al Km 1+000, siendo un total de 286 juntas cada un mide 2.65 m lineales, siendo un total de 757.9 m lineales de juntas.
- También se considerara un 10% de todos los costos, para otros gastos no considerados.

TABLA 18: PRESUPUESTO DEL MEJORAMIENTO DEL RECUBRIMIENTO DEL CANAL DEL TRAMO Km 0+000 - Km 1+000

| DESCRIPCION | UND. | METRADO | P. U | PARCIAL |
|---|------|---------|-------|----------------------|
| Demolición de estructuras existentes de concreto c/equipo | M3 | 4.638 | 46.12 | 213.90 |
| Concreto f'c= 175 kg/cm ² , para revestimiento e = 7.5cm., incluye cerchas | M2 | 46.38 | 45.48 | 2,109.36 |
| Eliminacion de Juntas existentes | ML | 759.9 | 4.50 | 3,419.55 |
| Junta de dilatacion sellado c/ elastomerico | ML | 759.9 | 27.97 | 21,254.40 |
| TOTAL | | | | S/. 26,997.22 |

4.8 DISCUSIÓN

El nivel de eficiencia de Conducción de agua del canal de riego El Progreso – Mayanal es deficiente, la cual es válida por arrojarlos en la evaluación una eficiencia de conducción de 88.56%, la cual está por debajo de la eficiencia de conducción de canales de revestimiento de concreto simple en condiciones nuevas hasta los 20km que tiene una eficiencia aproximada de 95% que se planteó en el marco teórico sobre los Parámetros de eficiencia de conducción de canales revestidos. Esto se debe al mal estado del recubrimiento del canal y el mal estado de las juntas (García, E. 2008)

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Las conclusiones a que se arribó al finalizar este estudio son las siguientes:

5.1.1 Conclusión General

- ✓ La Eficiencia de la conducción de agua del Canal de riego El Progreso – Mayanal – Jaén – Cajamarca es 88.56%, siendo este un valor deficiente.

5.1.2 Conclusiones Especificas

- ✓ En el canal El Progreso – Mayanal – Jaén – Cajamarca, esta ubicado en la parte alta de la ciudad de Jaén, capta aguas del Rio Amojú, tiene una longitud de 5 km, cuenta con un recubrimiento de concreto, de talud 1:1.5 (H/V) y tiene una antigüedad de 25 años; en el recubrimiento del canal se encuentra en malas condiciones en el existen 18 grietas y 3 rupturas de importancia, y las juntas se encuentran en su totalidad deterioradas de las cuales existen 89 juntas con ausencia del sello asfáltico, también se aprecia que un 25% aproximadamente del canal está cubierta por vegetación.
- ✓ Los caudales de entrada y salida registrados en el lapso de dos semanas del canal de riego El Progreso - Mayanal, no presentaron cambios considerables de una toma de datos a otra, obteniendo con caudal de entrada promedio **$Q_e=0.4065 \text{ m}^3/\text{s}$** y un caudal de salida promedio **$Q_s=0.3600 \text{ m}^3/\text{s}$** .

- ✓ En el canal El Progreso – Mayanal – Jaén – Cajamarca existen 18 grietas de 80 cm de largo, 4 cm de espesor y 20 cm de profundidad aproximadamente, también existen 3 rupturas de los paños del recubrimiento de 20 cm de profundidad, 35 cm de ancho y 70 cm de largo apropiadamente. Siendo necesario para su mejoramiento: la demolición de 23.19 m³ de concreto y la reposición de 231.9 m² de concreto, por lo que se necesitara un presupuesto de S/. 11,616.33 para el mejoramiento del recubrimiento de los 5 Km del canal, según tabla 19:

TABLA 19: PRESUPUESTO DE MEJORAMIENTO DEL RECUBRIMIENTO DEL CANAL Km 0+000 - Km 5+000

| DESCRIPCION | UND. | METRADO | P. U | PARCIAL |
|---|------|---------|-------|----------------------|
| Demolición de estructuras existentes de concreto c/equipo | M3 | 23.19 | 46.12 | 1069.5228 |
| Concreto f'c= 175 kg/cm ² , para revestimiento e = 7.5cm., incluye cerchas | M2 | 231.9 | 45.48 | 10546.812 |
| TOTAL | | | | S/. 11,616.33 |

- ✓ En el canal El Progreso – Mayanal – Jaén – Cajamarca existen 89 juntas deterioradas de 70 cm de largo, el resto de juntas se encuentran en malas condiciones siendo necesarias remplazarlas todas. Siendo necesario para su mejoramiento la eliminación de 3799.5 ml de junta y la colocación de 3,799.5 ml de junta, por lo que se necesitara un presupuesto de S/. 11,616.33 para el mejoramiento de juntas de los 5 Km del canal, según tabla 20:

TABLA 20: PRESUPUESTO DE MEJORAMIENTO DE JUNTAS DEL CANAL Km 0+000 - Km 5+000

| DESCRIPCION | UND. | METRADO | P. U | PARCIAL |
|---|------|---------|-------|-----------------------|
| Eliminacion de Juntas existentes | ML | 3799.5 | 4.50 | 17,097.75 |
| Junta de dilatacion sellado c/ elastomerico | ML | 3799.5 | 27.97 | 106,272.02 |
| TOTAL | | | | S/. 123,369.77 |

- ✓ Se necesitara un presupuesto de S/. 134,986.10 para el mejoramiento del canal El Progreso – Mayanal – Jaén – Cajamarca, según tabla 21:

TABLA 21: PRESUPUESTO DE MEJORAMIENTO DEL CANAL Km 0+000 - Km 5+000

| DESCRIPCION | UND. | METRADO | P. U | PARCIAL |
|---|------|---------|-------|-----------------------|
| Demolición de estructuras existentes de concreto c/equipo | M3 | 23.19 | 46.12 | 1069.5228 |
| Concreto f'c= 175 kg/cm ² , para revestimiento e = 7.5cm., incluye cerchas | M2 | 231.9 | 45.48 | 10546.812 |
| Eliminacion de Juntas existentes | ML | 3799.5 | 4.50 | 17,097.75 |
| Junta de dilatacion sellado c/ elastomerico | ML | 3799.5 | 27.97 | 106,272.02 |
| | | | TOTAL | S/. 134,986.10 |

5.2 RECOMENDACIONES

Antes de finalizar, deseamos sugerir algunas recomendaciones en base a los resultados y conclusiones a que se llegó luego del presente estudio:

- ✓ Se recomienda a las autoridades y beneficiarios realizar, tareas periódicamente de limpieza y mantenimiento canal El progreso – Mayanal – Jaén.
- ✓ Es necesario desarrollar programas de capacitación y concientización a los beneficiarios, sobre el mantenimiento y buen uso del Canal El Progreso – Mayanal, de esta forma se evitara perdidas de caudal.
- ✓ Se recomienda a las autoridades locales realizar un presupuesto más completo y gestionarlo para lograr su mejoramiento del canal El progreso – Mayanal – Jaén.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIRRE PE, 1974. Julián **Hidráulica de canales** CIDIAT, Mérida, Venezuela.
- ALAM, M.M. y BHUTTA, M.N. 2004. Comparative evaluation of canal seepage investigation techniques. *Agricultural Water Management* 66 (2004) 65-76
- APARICIO MIJARES, F.J. 1992. *Fundamentos de Hidrología de superficie*. Ed Limusa. México. 302 p.
- CORIA, E. Y PAZOS, J. 1984. *Estudios de Problemas de Revenición en la Cuenca de los Río Diamante – Atuel*. Centro Regional de Aguas Subterráneas - San Juan
- CHAMBOULEYRON, J.; MIHAJLOVICH, D. MARVHEVSKY, P. 1972. *Evaluación de la eficiencia del uso del agua de riego en el área dominada por el río Mendoza*. UNCuyo. Facultad de Ciencias Agrarias. Mendoza.
- Garcia Trisolini, E. 2008 *MANUAL DE PEQUEÑAS IRRIGACIONES*, Lima
- DEPARTAMENTO GENERAL DE IRRIGACIÓN. *Plan Director de Ordenamiento de los Recursos Hídricos – Informe Principal. Volumen II: Cuenca del Río Mendoza. Anexo N° 1: Aguas Subterráneas*. SAGYP y Gobierno de Mendoza. Proyecto PNUD/FAO /ARG/00/008. Mendoza, 2005.
- GRASSI, C. 2001. *Operación y Mantenimiento de Sistemas de Riego*. Serie Riego y Drenaje. RD-44. CIDIAT. Mérida. Venezuela
- KINZLI, K., MARTINEZ, OAD, R. , DAVID, A.P. 2010. *Using an ADCP to*

determine canal seepage loss in an irrigation district. *Agricultural Water Management*, Volume 97, (Issue 6), June 2010, Pages 801-810

- Lux, M. 2010. Medidores de flujo en canales abiertos. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. 138p.
- Palacios, E. 2004. La eficiencia en el uso del agua en los distritos de riego. México. Colegio de posgraduados Montecillo. 250p.
- FACM (Fuente Asociación Canales de Maipo, Pirqué), 2009.
- RODRIGUEZ, T. Y VELGAS, M. 1989. Estudio de Revenimiento en la Zona de San Rafael. Centro Regional de Aguas Subterráneas - San Juan
- Segura J. 1993 trazo y revestimiento de canales, 1ª edición Lima
- SEPASKHAH, A. R. y SALEMI, H. R., 2009. An empirical model for prediction of conveyance Efficiency for small earth canals. Technical note Oct 11, 2009 Dept. of Irrigation, Shiraz University, Shiraz, I. R. of Iran.
- De Valverde, J.C. 2007. Riego y Drenaje 1ª edición, Costa Rica
- De Villón B.M. 2008, Hidráulica de canales, 2ª edición, Lima.
- VIVAS, J. Y POBLETE, M. 1986. Problemas de Revenición en el Departamento de San Rafael. Centro Regional de Aguas Subterráneas - San Juan

ANEXOS

A.- HOJAS DE CAMPO

**FICHA DE RECOLECCION DE DATOS PARA LA DETERMINACION DE CAUDALES DE INGRESO
METODO DEL VERTEDERO DE PARED DELGADA**

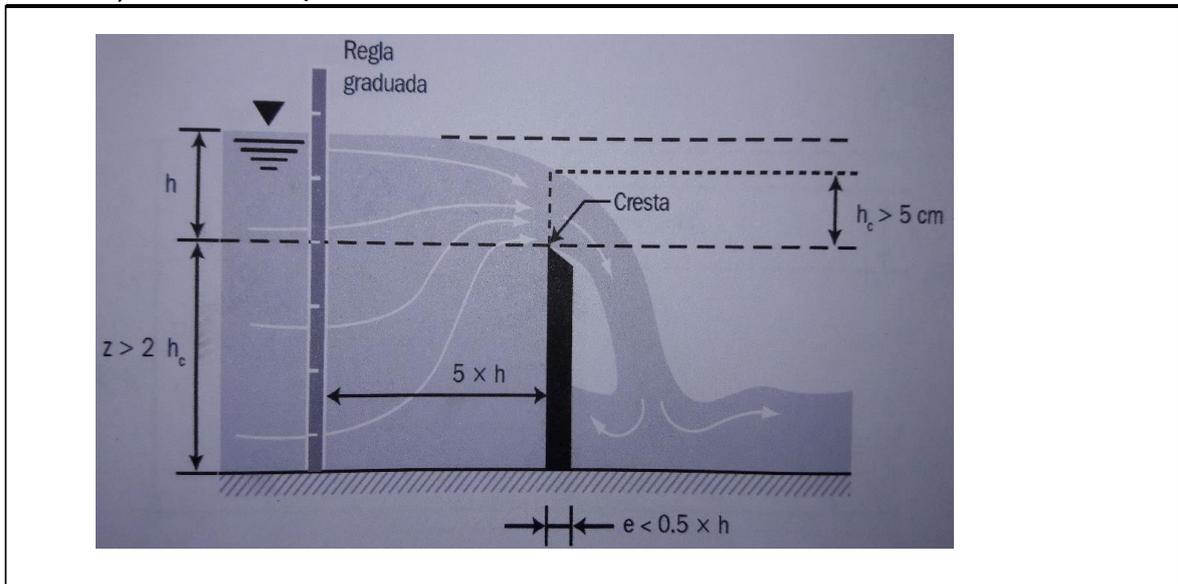
| | |
|------------------------------------|-----------------------|
| NOMBRE DEL CANAL: | EL PROGRESO - MAYANAL |
| NUMERO DE FICHA: | 1 |
| LUGAR: | MAYANAL |
| FECHA: | |
| DIA: | |
| HORA DE TOMA DE DATOS (Qi): | |

| | |
|----------------------|-----------------------|
| INVESTIGADOR: | OSCAR CHICLOTE AQUINO |
|----------------------|-----------------------|

| | |
|-------------------------------|--|
| CONDICION DEL TIRANTE: | VERTEDERO AIREDO () VERTEDERO AHOGADO () |
|-------------------------------|--|

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

GRAFICOS, DIBUJOS Y CROQUIS:



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

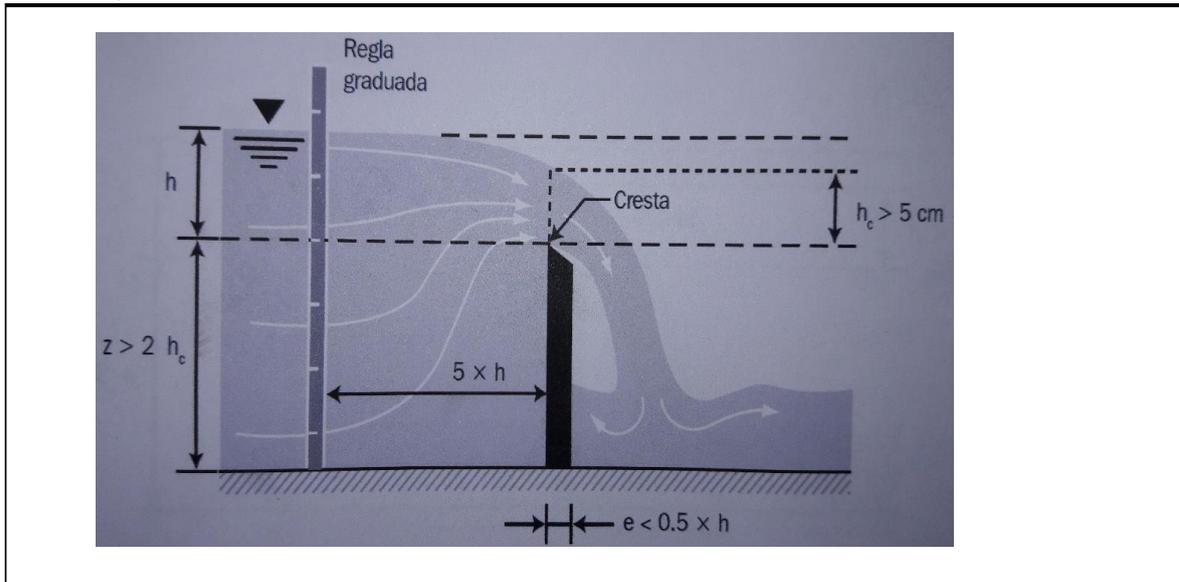
| | |
|------------------------------------|-----------------------|
| NOMBRE DEL CANAL: | EL PROGRESO - MAYANAL |
| NUMERO DE FICHA: | 1 |
| LUGAR: | MAYANAL |
| FECHA: | |
| DIA: | |
| HORA DE TOMA DE DATOS (Qs): | |

| | |
|----------------------|-----------------------|
| INVESTIGADOR: | OSCAR CHICLOTE AQUINO |
|----------------------|-----------------------|

CONDICION DEL TIRANTE: VERTEDERO AIREDO () VERTEDERO AHOGADO ()

| VARIABLES | UND | N° DE AFOROS | | | CONDICION CLIMATICA | OBSERVACIONES |
|--|-----|--------------|---|---|---------------------|---------------|
| | | 1 | 2 | 3 | | |
| CARGA HIDRAULICA Y LONGITUD DE CRESTA | | | | | | |
| CARGA HIDRAULICA (H) - Qs: | m. | | | | | |
| LONGITUD DE CRESTA (L) - Qs: | m. | | | | | |

GRAFICOS, DIBUJOS Y CROQUIS:



FICHA DE RECOLECCION DE DATOS PARA EVALUACION DEL REVESTIMIENTO DEL CANAL

| | |
|----------------------------|-----------------------|
| NOMBRE DEL CANAL: | EL PROGRESO - MAYANAL |
| NUMERO DE FICHA: | 1 |
| LUGAR: | MAYANAL |
| FECHA: | |
| DIA: | |
| TRAMO INICIAL (Km): | 0 + 000.00 |
| TRAMO FINAL (Km) : | 1 + 000.00 |

| | |
|---------------------|------------------------------|
| INVESTIGADOR | OSCAR CHICLOTE AQUINO |
|---------------------|------------------------------|

TABLA13: Resumen del estado del revestimiento mas importantes del Canal El Progreso - Mayanal

| N° | PROGRESIVA | TIPO | | | PROFUNDIDAD | ESPESOR | LONGITUD | CODIGO | OBSERVACIONES Y/O GRAFICA |
|----|------------|--------|--------|-------|-------------|---------|----------|--------|---------------------------|
| | Km. | GRIETA | ROTURA | JUNTA | (cm) | (cm) | (cm) | | |
| 1 | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | |

B.- FIGURAS



Figura 01: Bocatoma, inicio del canal El Progreso – Mayanal



Figura 02: Vista longitudinal del canal El Progreso– Mayanal



Figura 03: Vista longitudinal del canal El Progreso– Mayanal, se aprecia el deslizamiento del recubrimiento del Canal.



Figura 04: Se aprecia la ausencia del sello asfáltico en la junta de dilatación.



Figura 05: Obra de Arte, compuerta cerrada para realizar aforo.



Figura 06: Continuidad del Canal el Progreso con 2 tubos de 12", a causa de los derrumbes



Figura 07: Desplazamiento del cuerpo de la estructura del canal El Progreso

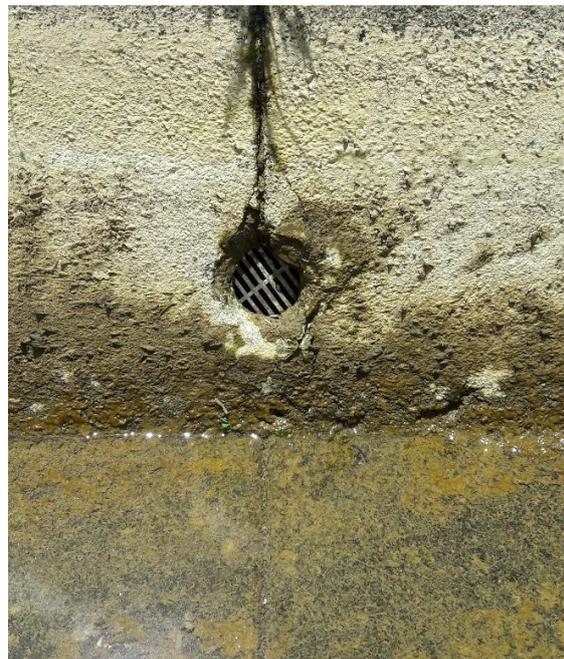


Figura 08 y 09: Usuario mostrando una instalación clandestina.



Figura 10: Realizando un recorrido por el canal El Progreso



Figura 11: Toma de medidas del Canal Progreso - Mayanal



Figura 12: Equipo de Aforo, vertedero rectangular para sección inicial.



Figura 13: Toma de datos, vertedero de pared delgada rectangular.

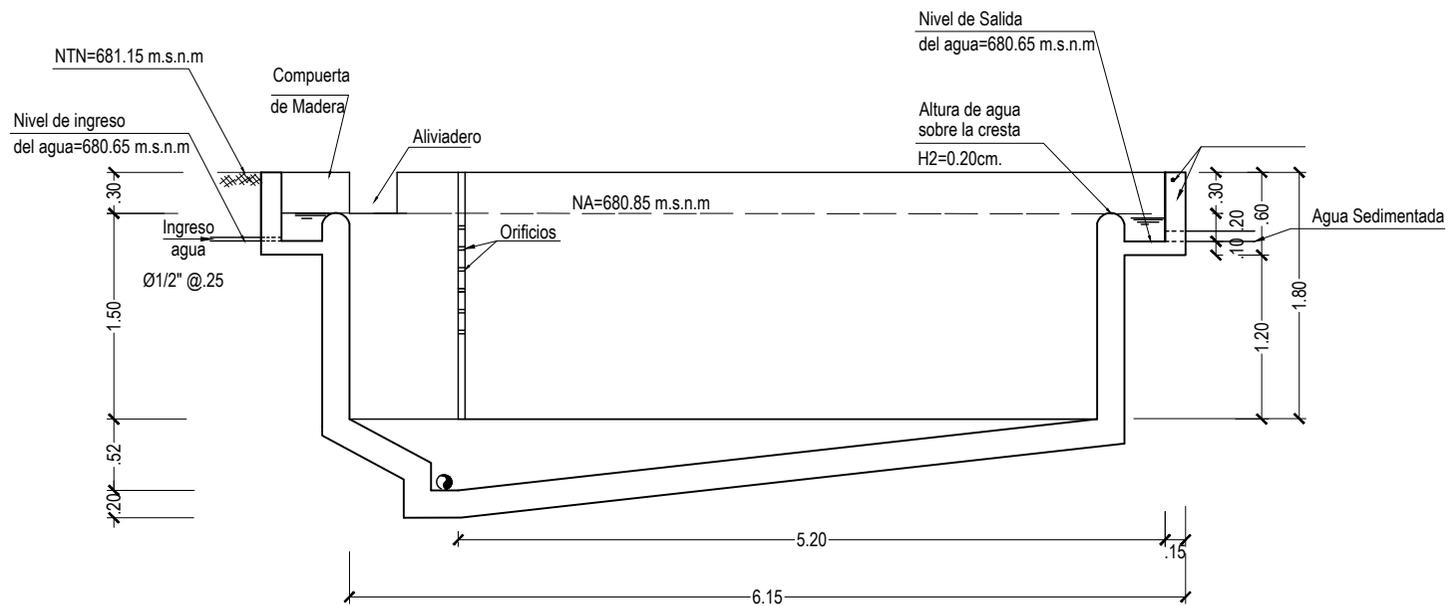


Figura 14: Estructuras de Sedimentador, que se utilizó como recipiente para calibrar los vertederos por el método volumétrico.



Figura 15: Se aprecia el Sedimentador ubicado al margen derecho del canal.

SEDIMENTADOR, UTILIZADODO COMO RECIPIENTE



CORTE X-X
ESC: 1/50