

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA TÉCNICA DE
CONDUCCIÓN DEL CANAL DE RIEGO TRES
MOLINOS, MARGEN IZQUIERDO DEL RÍO
MASHCÓN UTILIZANDO VERTEDEROS DE
PARED DELGADA CAJAMARCA 2021”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero civil

Autores:

Heber Eli Julcapoma Vargas
William Edilberto Vilca Fabian

Asesor:

Mg. Ing. Kely Núñez Vásquez
<https://orcid.org/0000-0001-7846-2510>

Cajamarca - Perú

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Luis Vásquez Ramírez	26693344
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Erlyn Giordany Salazar Huamán	71106769
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Anita Elizabet Alva Sarmiento	26697612
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación se encuentra dedicado a mis padres y hermanos, quienes me enseñaron que una de las formas más eficiente de lograr las metas es a base de empeño, dedicación y disciplina, y sobre todo si se hace un paso a la vez; reconociendo el amor, trabajo y sacrificio de mis padres en todos estos años de formación universitaria.

Heber Eli Julcapoma Vargas

Dedico el presente trabajo de investigación con cariño y respeto a mis padres Antonia y Valentín, quienes me han inculcado el esfuerzo y valentía de no temer las adversidades, a mis hermanos Ronald y Hernán por haber sido mi apoyo a lo largo de mi preparación dentro carrera universitaria; como también a todas las personas especiales que me acompañaron durante esta etapa, siendo un aporte fundamental tanto profesional como ser humano.

William Edilberto Vilca Fabian

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi mayor gratitud a Dios, por ser el pilar fundamental y fortaleza en aquellos momentos difíciles. A mi padre por el esfuerzo y valentía que realiza día a día, enseñándome con el ejemplo de trabajo y perseverancia; como también a mi madre por su motivación, paciencia y su gran amor incondicional que me ayuda lograr desarrollar y concluir con éxito el presente trabajo de investigación.

Heber Eli Julcapoma Vargas

Agradezco a Dios por ser mi guía y acompañante en el transcurso de mi vida, brindándome paciencia y sabiduría para culminar con éxito mis metas propuestas, a mis padres, hermanos y sobrinos quienes fueron mi mayor inspiración a seguir adelante y concluir con éxito la tesis de investigación.

William Edilberto Vilca Fabian

Tabla de contenido

JURADO EVALUADOR	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
TABLA DE CONTENIDO	5
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE ECUACIONES	9
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	10
RESUMEN	11
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	12
1.1. Realidad problemática	12
1.2. Bases teóricas	19
1.2.1. Canales de riego	19
1.2.1.1. Clasificación de canales de riego	19
1.2.2. Eficiencia hidráulica de conducción.	20
a. Eficiencia en canales de riego.	20
b. Eficiencia de conducción.	20
1.2.2.1. Pérdida por evaporación.	22
1.2.2.2. Pérdida por infiltración.	23
1.2.2.3. Pérdida por fisuras y agrietamiento en la estructura.	25
1.2.3. Métodos de medición de caudales.	26
1.2.3.1. Método del flotador.	26
1.2.3.2. Método por correntómetro.	27
1.2.3.3. Método por estructuras hidráulicas de medición.	28
1.2.3.3.1 Vertederos.	28
a. Por el tipo de cresta.	29
b. Por los niveles de aguas abajo.	29

c. Por las condiciones laterales de descarga.	29
d. Según su forma.	30
e. Por la inclinación del paramento.	30
f. Otros tipos de vertederos	31
1.2.3.3.1.1 Vertederos de pared delgada.	32
1.2.3.3.1.2 Tipos de vertederos de pared delgada	33
a. Vertedero de sección triangular	33
b. Vertedero de sección rectangular	35
c. Vertedero de sección trapezoidal	42
1.2.3.4. Calibración del vertedero de pared delgada de sección rectangular.	44
1.3. Formulación del problema	44
1.4. Objetivos	45
1.4.1. Objetivo general	45
1.4.2. Objetivos específicos	45
1.5. Hipótesis	45
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	46
2.1. Tipo de investigación	46
2.1.1. Diseño de investigación: No experimental-cuantitativa	46
2.1.2. Diseño no experimental-descriptivo	46
2.2. Población, muestra y materiales	47
2.2.1. Población	47
2.2.2. Muestra	47
2.2.3. Materiales	48
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	49
2.3.1. Técnicas de recolección de datos	49
2.3.2. Instrumentos de recolección de datos	50
2.3.3. Técnicas e instrumentos de análisis de datos	53
CAPÍTULO III. RESULTADOS	70
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	82
REFERENCIAS	87
ANEXOS	91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Eficiencias de conducción de canales de riego según tipo y longitud.	21
Tabla 2	Categoría de la eficiencia de conducción según Villavicencio.....	22
Tabla 3	Categoría de la eficiencia de conducción según Kisananto, Hadiani & Ikhsan.....	22
Tabla 4	Constante C según el tipo de revestimiento.....	24
Tabla 5	Clasificación de fisuras y grietas en función a su ancho y grado de repercusión en las estructura..	25
Tabla 6	Factor de corrección (C) para el método del flotador.....	27
Tabla 7	Coeficiente en vertederos triangulares.	35
Tabla 8	Matriz de materiales.....	48
Tabla 9	Datos obtenidos en el ensayo de laboratorio de calibración de vertedero.....	54
Tabla 10	Determinación de los valores log H y log Q.	55
Tabla 11	Caudales generados y calibrados.	56
Tabla 12	Tabla resumen del cálculo de caudales por el método de flotador.	58
Tabla 13	Datos obtenidos del caudal de evaporación e infiltración del día 19/09/2022.	70
Tabla 14	Datos obtenidos del caudal de evaporación e infiltración del día 21/09/2022.	71
Tabla 15	Datos obtenidos del caudal de evaporación e infiltración del día 23/09/2022.	71
Tabla 16	Datos obtenidos del caudal de evaporación e infiltración del día 26/09/2022.	72
Tabla 17	Datos obtenidos del caudal de evaporación e infiltración del día 28/09/2022.	72
Tabla 18	Datos obtenidos del caudal de evaporación e infiltración del día 30/09/2022.	73
Tabla 19	Caudal de evaporación obtenidos entre las fechas del 19/09/2022 al 30/09/2022.	73
Tabla 20	Caudal de infiltración obtenidos entre las fechas del 19/09/2022 al 30/09/2022.	74
Tabla 21	Caudal utilizando vertederos de pared delgada del día 19/09/2022.	75
Tabla 22	Caudal utilizando vertederos de pared delgada del día 21/09/2022.	76
Tabla 23	Caudal utilizando vertederos de pared delgada del día 23/09/2022.	76
Tabla 24	Caudal utilizando vertederos de pared delgada del día 26/09/2022.	76
Tabla 25	Caudal utilizando vertederos de pared delgada del día 28/09/2022.	77
Tabla 26	Caudal utilizando vertederos de pared delgada del día 30/09/2022.	77
Tabla 27	Eficiencia de conducción por tramos del día 19/09/2022.	78
Tabla 28	Eficiencia de conducción por tramos del día 21/09/2022.	78
Tabla 29	Eficiencia de conducción por tramos del día 23/09/2022.	78
Tabla 30	Eficiencia de conducción por tramos del día 26/09/2022.	79
Tabla 31	Eficiencia de conducción por tramos del día 28/09/2022.	79
Tabla 32	Eficiencia de conducción por tramos del día 30/09/2022.	79
Tabla 33	Eficiencia de conducción por cada tramo de estudio.....	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Partes de un correntómetro OTT FM PRO.	28
Figura 2. Vertederos de pared gruesa, según dibujo de Balloffet.	29
Figura 3. Diferentes formas de vertederos de acuerdo al tipo de sección.	30
Figura 4. Vertederos con paramento inclinado (a y b) y vertedero entrante (c).	31
Figura 5. Otros tipos de vertederos.	31
Figura 6. Sección típica de vertedero de pared delgada.	33
Figura 7. Vertederos de sección triangular con contracción.	33
Figura 8. Coeficientes de descarga en vertederos de pared delgada de sección triangular.	34
Figura 9. Vertederos de pared delgada de sección rectangular total y parcialmente contraídos.	35
Figura 10. Descarga sobre un vertedero de sección rectangular de pared delgada.	37
Figura 11. Figura para la determinación de factor K_L	41
Figura 12. Gráfico para determinar el coeficiente de descarga C_e	42
Figura 13. Vertedero de pared delgada de sección trapezoidal.	43
Figura 14. Vertederos de pared delgada de sección trapezoidal.	43
Figura 15. Plano de ubicación de canal de conducción de riego Tres Molinos.	48
Figura 16. Ficha de calibración de vertedero de pared delgada de sección rectangular.	49
Figura 17. Ficha para el cálculo de caudales por el método del flotador.	51
Figura 18. Ficha de recolección de datos para la determinación de caudales utilizando el vertedero de pared delgada de sección rectangular.	52
Figura 19. Log Q vs Log H.	55
Figura 20. Curva de calibración de vertedero de pared delgada de sección rectangular.	56
Figura 21. Variación del caudal de pérdida por evaporación en el canal de conducción tres molinos.	74
Figura 22. Variación del caudal de pérdida por infiltración en el canal de conducción tres molinos.	75
Figura 23. Variación de la eficiencia de conducción mediante Vertedero de pared delgada.	80

ÍNDICE DE ECUACIONES

<i>Ecuación 1:</i> Ecuación de la eficiencia de conducción.....	20
<i>Ecuación 2:</i> Ecuación de la eficiencia de conducción según DGIAR.....	21
<i>Ecuación 3:</i> Cálculo del volumen de evaporación (Chiclote, 2017).	23
<i>Ecuación 4:</i> Cálculo de evaporación (Chiclote, 2017).	23
<i>Ecuación 5:</i> Cálculo para la infiltración (Herna, 2010).....	24
<i>Ecuación 6:</i> Ecuación para determinar el caudal por método de flotador.	26
<i>Ecuación 7:</i> Ecuación para determinar la velocidad de agua.	26
<i>Ecuación 8:</i> Ecuación para la determinación del caudal utilizando vertedero de sección triangular	34
<i>Ecuación 9:</i> Ecuación para la determinación del coeficiente de descarga.....	35
<i>Ecuación 10:</i> Ecuación de vertedero de sección Rectangular.	36
<i>Ecuación 11:</i> Ecuación no simplificada vertedero de sección rectangular.....	36
<i>Ecuación 12:</i> Ecuación de Francis de vertedero de sección rectangular.	37
<i>Ecuación 13:</i> Ecuación de vertedero de sección rectangular sin contracciones.	38
<i>Ecuación 14:</i> Ecuación para coeficiente de descarga de vertedero rectangular con contracciones.	38
<i>Ecuación 15:</i> Ecuación para coeficiente de descarga de vertedero rectangular sin contracciones.....	38
<i>Ecuación 16:</i> Ecuación para coeficiente de descarga de vertedero rectangular con contracciones.....	39
<i>Ecuación 17:</i> Ecuación para coeficiente de descarga de vertedero rectangular sin contracciones.....	39
<i>Ecuación 18:</i> Ecuación de Kindsvaster – Carter para vertederos de sección rectangular.	40
<i>Ecuación 19:</i> Ecuación de Rehbock para coeficiente de descarga de vertedero de sección rectangular sin contracciones.	42
<i>Ecuación 20:</i> Ecuación de vertedero de sección trapezoidal.	43
<i>Ecuación 21:</i> Ecuación de vertedero de sección trapezoidal tipo cipolletti.....	44
<i>Ecuación 22:</i> Ecuación exponencial de calibración de vertedero de pared delgada.....	54
<i>Ecuación 23:</i> Ecuación para determinar el valor de “K”	55
<i>Ecuación 24:</i> Ecuación general de la recta para determinar el valor de “n”	55

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Medición de la sección transversal en estudio.	57
Ilustración 2, 3: Colocación de estacas y delimitación en tramos de 10 m.	57
Ilustración 4: Llenado de fichas técnica (método de flotador).....	58
Ilustración 5: Ubicación exacta de la pestaña para incrustar el vertedero.	65
Ilustración 6, 7: Colocación de vertedero rectangular en la pestaña en el lugar de estudio.	66
Ilustración 8: Nivelación de flujo para cada vertedero.	66
Ilustración 9: Longitud de 1m para la toma de datos (H).	67
Ilustración 10, 11: Medida desde la base del canal hasta la superficie del flujo.....	67
Ilustración 12: Toma de datos de la carga hidráulica.....	68

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación, se realizó un estudio cuyo propósito fue determinar la eficiencia de conducción del canal de riego Tres Molinos, utilizando diferentes secciones de vertederos de pared delgada Cajamarca 2021. Para ello, se aplicó un diseño no experimental de tipo descriptiva – cuantitativo, teniendo como población el canal de riego Tres Molinos en su totalidad de cinco kilómetros, así mismo se considera una muestra de cinco tramos, de un kilómetro cada uno, desde la progresiva Km 00+000 hasta Km 05+000; para ello, se utilizó el de vertedero calibrado en el laboratorio de Hidráulica de la Universidad Privada del Norte, de pared delgada de sección rectangular, instalados en cada tramo para la determinación del caudal registrándose diez mediciones. Los resultados muestran que la eficiencia del canal de conducción utilizando el vertedero de sección rectangular en los cinco tramos es de 86.906%, 87.377%, 62.061%, 62.297% y 47.932% y una eficiencia de conducción promedio de 69.315%, una pérdida de caudal promedio por evaporación de 0.191 l/s y una pérdida de caudal promedio por infiltración de 0.814 litros por kilómetro. Por lo tanto, se concluye que la eficiencia técnica de conducción para el canal de estudio se encuentra por debajo del 70%, considerándose en la categoría de una eficiencia *Inaceptable*.

Palabras clave: Canal de conducción, eficiencia, filtración, infiltración, vertederos de pared delgada.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

El agua es un recurso primordial para el desarrollo de la vida, mismo que se encuentra en forma sólida, líquida y gaseosa; de ello, el 97.50% del agua en la tierra se encuentra en los océanos y mares de agua salada, sin embargo, el 2.50% es agua dulce; del total de agua dulce el 69.00% se encuentra en los polos y cumbres montañosas estando en estado sólido, el 30.00% de agua dulce se encuentra en la humedad del suelo y acuíferos profundos y solo el 1.00% de agua dulce en el mundo se escurre por las cuencas hidrográficas en forma de arroyos y ríos; y de acuerdo a estudio sobre los balances hídricos en el mundo solamente el 0.007% se encuentra disponible para ser usado por los seres humanos (JUMAPAM, 2022). Convirtiéndose el agua en un elemento necesario e indispensable; sin embargo, el agua dulce no alcanza ni el 0.5% de la totalidad del agua existente; aunque el consumo mundial del agua se dobla cada 20 años; es decir, el consumo crece a un ritmo de dos veces mayor que el crecimiento humano (ANA, 2021). Razón por la cual, es necesario y fundamental generar un uso eficiente de este recurso hídrico.

En América Latina, según el Programa Ambiental de Naciones Unidas se cuenta con un 65.00% de agua dulces del mundo; sin embargo, a partir de la crisis de la década de los ochenta y las reformas macroeconómicas ha generado el desarrollo agrícola y rural; por lo cual, el estudio de la eficiencia en infraestructuras de riego ha sido fundamental para lograr potenciar la agricultura y/o ganadería para generar un desarrollo sostenible y sustentable de las sociedades (Yáñez, 2016).

El Perú cuenta con 1.89% de la disponibilidad de agua dulce del mundo, siendo el octavo país con mayor cantidad de este recurso (ANA, 2021). Sin embargo, el 80% de agua existente en el Perú se utiliza para riego; perdiéndose un 65% debido a los ineficientes

sistemas de riego, estimándose una eficiencia del 35% considerándose como un mal rendimiento por fugas y usos excesivos de métodos de riego por gravedad (Iaguas, 2022). En la actualidad, Sunass y Senamhi proyectan una reducción de hasta 35% del recurso hídrico en cuencas que abastecen ciudades entre los años 2036 y 2065; por ello es fundamental una buena planificación, operación, distribución y mantenimiento; es decir un manejo eficiente del recurso hídrico (Cajamarca Opina, 2022).

La Corporación Andina de Fomento (CAF), estima que en el Perú la agricultura ha tenido un aporte de unos 8.4% del PIB nacional generando un empleo del 32% de PEA, así como también la ganadería pasaron de 294 millones de dólares en el año de 1990 a 1,124 millones de dólares en el 2004 (CAF, 2004). Como también La agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) y El consorcio de Investigación Económica y Social (CIES), manifiesta que Cajamarca, posee unos 870 mil Ha de tierras de cultivo, extensión que representa el 8% de la superficie agrícola nacional y la población económicamente activa (PEA) se concentra en las actividades agropecuarias, siendo el 56% de los trabajadores de toda la región (JICA & CIES, 2011). Por ello, es fundamental contar con construcciones hidráulicas en óptimas condiciones, para cumplir con un servicio más eficiente en su uso y distribución; acompañado de una buena planificación de acuerdo a las demandas que compiten por el recurso dentro de la agricultura y ganadería; razón por la cual, se plantea la investigación denominada **“Evaluación de la eficiencia técnica de conducción del canal de riego Tres Molinos, Margen Izquierdo del Río Mashcón utilizando vertederos de pared delgada Cajamarca 2021”**. El canal de riego Tres Molinos – Subsector Hidráulico Río Grande, pertenece a la Junta de Usuarios del Sector Hidráulico Menor Río Mashcón – Clase B; reconocido mediante Resolución Administrativa N° 158-93-SR-IV-AG/ATDRC, inscrito con una capacidad de 100 l/s, 151 usuarios y 314.04 Ha bajo riego (ANA, 2018).

De esta forma, el estudio de la eficiencia de conducción es fundamental para conocer si el recurso hídrico captado en la bocatoma, llega a los usuarios y es bien utilizada; lo cual, permite ahorrar mayor cantidad de agua, logrando una mayor participación de los usuarios en el manejo del recurso hídrico, cuidando dicho recurso hídrico en las cuencas, subcuencas o ámbitos geográficos donde se produce; como también, a lograr la conservación del medio ambiente, generando mayor disponibilidad de agua.

De ello se tienen algunos estudios realizados a **nivel internacional** sobre la eficiencia de conducción; Tipantiza (2020) realizó un estudio titulada: Determinación de la eficiencia de conducción y distribución en el ramal “Alangasí – La Merced” del sistema de riego Tumbaco, en la ciudad de Quito del país de Ecuador. El objetivo general del estudio fue de determinar la eficiencia de conducción y distribución en el ramal “Alangasí – La Merced” del sistema de riego Tumbaco. La muestra estuvo constituida por tres secciones el canal secundario; el diseño que se utilizó fue no experimental descriptiva; los instrumentos que se utilizaron fueron los aforadores (medidor parshall y vertedero de pared delgada de sección rectangular). Los resultados obtenidos fueron que la eficiencia de conducción promedio del ramal de 93.41%, la eficiencia de distribución en el óvalo 4-5 fue de 19.47% y una sub irrigación de 92.86%. Finalmente, la eficiencia de conducción en el canal secundario consideró como una eficiencia buena, existiendo pérdidas mínimas por efectos de la evaporación; en cambio, la eficiencia de distribución en el óvalo 4-5 considerado como pobre y una existencia de sub irrigación en la mayoría de los usuarios.

Así mismo, Yungán (2019) realizó un estudio titulada: Determinación de la eficiencia de conducción en el ramal “Churoloma” del sistema de riego de Tumbaco, en la ciudad de Quito del país Ecuador. El objetivo general del estudio fue determinar la eficiencia de conducción y distribución en el ramal Churoloma – sistema de riego Tumbaco. La muestra estuvo constituida por cuatro secciones del ramal Churoloma de 39 m., 56 m., 107 m. y 60m.

respectivamente cada sección de estudio; el diseño que se utilizó fue una investigación experimental de tipo descriptiva; los instrumentos que se utilizaron fueron Vertedero rectangular, flotador, medidor parshall y aforador químico. Los resultados obtenidos fueron para las secciones S1, S2, S3 y S4 una eficiencia de conducción de 96.77%, 93.82%, 87.16% y 95.71% respectivamente, logrando una eficiencia promedio de 93.37%. Finalmente, las secciones S1, S2 y S4 presentan una eficiencia de conducción buena, y la sección S4 considerándose una eficiencia de conducción mala.

De igual forma, Vela (2019) realizó un estudio titulada: Caracterización de la eficiencia de conducción y de distribución en el ramal “Chichipata” del sistema de riego Tumbaco, en la ciudad de Pichincha del país de Ecuador. El objetivo general del estudio fue determinar la eficiencia de conducción y distribución del agua en el ramal “Chichipata” del sistema de riego Tumbaco, integrando aspectos socio – organizativos. La muestra estuvo constituida por tres secciones S1P1-S1P2, S2P1-S2P2 y S3P1-S3P2 con longitudes de 50 m., 100 m. y 100 m. respectivamente; el diseño que se utilizó fue una investigación experimental de tipo descriptiva; los instrumentos que se utilizaron fueron medidor parshall y vertedero rectangular. Los resultados obtenidos fueron para cada sección de estudio de 92.04%, 98.55% y 98.62%, generando una eficiencia de conducción promedio de 96.40%. Finalmente, las secciones de la muestra en estudio presentan una eficiencia de conducción buena.

Del mismo modo, se tienen algunos estudios realizados a **nivel nacional** sobre la eficiencia de conducción; en tal sentido, Tullume (2021) realizó un estudio titulada: Evaluación e implementación de infraestructura de riego tramo 1+185 hasta 4+845, del Sector Santa Elena – San Blas en la ciudad de Lima. El objetivo general del estudio fue evaluar e implementar la infraestructura de riego tramo 1+185 hasta 4+845 del sector de Santa Elena – San Blas en la ciudad de Huaral - Lima. La muestra estuvo constituida por los

3.66 Km. De la infraestructura de riego, del sector Santa Elena – San Blas, distrito de Huaral; el diseño que se utilizó fue una investigación experimental de tipo descriptiva; los instrumentos que se utilizaron fueron las fichas de evaluación y/o diagnóstico aplicadas a partir del método de flotado, tomando tres medidas de caudales de ingreso y salida del tramo en estudio por un lapso de dos semanas de forma inter diaria. Los resultados obtenidos fueron una eficiencia de conducción de 46.67%, considerándose una eficiencia de conducción mala, por existencia de tramos críticos (sección irregular) que requieren urgente atención, por presentar grandes pérdidas de agua; razón por la cual, el mejoramiento de la infraestructura de riego del sector (revestimiento) es una propuesta viable y de suma urgencia para generar una eficiencia de conducción de hasta 98%.

Además, Polo (2020) realizó un estudio titulada: Determinación de la eficiencia de conducción de canales de riego – caso Puerto El Cura – Margen Derecha del Río Tumbes. El objetivo general del estudio fue de conocer la eficiencia de conducción en el canal de riego Puerto El Cura en la ciudad de Tumbes. La muestra estuvo constituida por dos tramos comprendidos entre las progresivas 1+750 hasta 2+250 y 3+000 hasta 3+500; el diseño que se utilizó fue una investigación no experimental de tipo aplicada - cuantitativa; los instrumentos que se utilizaron fueron fichas de recolección de información aplicado al método de flotador. Los resultados obtenidos fueron una eficiencia promedio de 89.60% en el primer tramo y 89.60% en el segundo tramo. Finalmente, el canal estudiado sostiene que existen pérdidas mínimas; puesto que, la eficiencia de conducción es buena.

Igualmente, Aquino & Gonzales (2020) realizó un estudio titulada: Determinación de la eficiencia de conducción y distribución del canal “San Rumualdo” del Subsector Hidráulico Lambayeque. El objetivo general del estudio fue determinar la eficiencia de conducción del canal principal “San Rumualdo” y la eficiencia de distribución de los

laterales “El Pizal” y “San Carlos” de dicho canal. La muestra estuvo constituida por el canal de segundo orden “San Rumualdo” de 16.156 Km. en toda su longitud, el canal de tercer orden “Pizal” de 1.10 Km. y “San Carlos” con una longitud de 4.06 Km.; el diseño que se utilizó fue una investigación de tipo explicativa de forma experimental y comprensiva; los instrumentos que se utilizaron fueron las encuestas, entrevistas como reconocimiento de la realidad actual y las fichas de recolección de información en la aplicación del correntómetro marca OTT MF-PRO. Los resultados obtenidos fueron una eficiencia de conducción promedio de 99.20% para el canal principal, 88.65% de eficiencia de distribución en canal de tercer orden Pizal y 74.43% de eficiencia de distribución en el canal de tercer orden San Carlos. Finalmente, el investigador afirma que en términos generales la eficiencia de conducción en el canal principal es buena.

Además, Nizama (2019) realizó un estudio titulada: Evaluación de la eficiencia de conducción del canal Sinchao desde la progresiva 0+000 hasta la progresiva 7+600, para optimizar la dotación de agua del subsector hidráulico Sinchao Parte Alta – Junta de Usuarios del Sector Hidráulico Medio y Bajo Piura. El objetivo general del estudio fue evaluar la eficiencia de conducción del canal Sinchao. La muestra estuvo constituida por toda la longitud del canal Sinchao realizando mediciones de caudales en tres puntos de control; el diseño que se utilizó fue de tipo cuantitativo y analítico; los instrumentos que se utilizaron fueron fichas de recolección de dato para la aplicación del correntómetro. Los resultados obtenidos fueron una con eficiencia de conducción promedio de 97.83%, que representa una pérdida total de 0.020 m³/s.Km. Finalmente, el investigador sostiene que la eficiencia promedio es el óptimo.

Aunado a esto, Vértiz (2017) realizó un estudio titulada: Análisis de la eficiencia de conducción y distribución del canal Guadalupe del Sub Sector Hidráulico Guadalupe, valle Jequetepeque de la ciudad de Trujillo. El objetivo general del estudio fue determinar la

eficiencia de conducción y distribución en el Canal Guadalupe del Sub Sector Hidráulico Guadalupe. La muestra estuvo constituida por la determinación de los caudales de entrada y salida de cada canal seleccionado; el diseño que se utilizó fue una investigación experimental; los instrumentos que se utilizaron fueron fichas para la recolección de información en la aplicación de molinetes o correntómetros constituidos por una hélice o aspa. Los resultados obtenidos fueron una eficiencia de conducción para el canal de derivación es de 99.44%, con una pérdida de agua en el tramo de 11 l/s y en toda la longitud de canal de 92.62 l/s, a causa del revestimiento parcial del Canal. Finalmente, la eficiencia de conducción del canal de derivación es considerada regularmente alta.

Así mismo, se tienen algunos estudios realizados a **nivel local** sobre la eficiencia de conducción; donde Carranza (2017) realizó un estudio titulada: Cálculo de la eficiencia de conducción y distribución en el Sector Hidráulico Menor Clase B del Río Chonta y Cajamarquino en el Canal de Riego La Victoria, Yanamarca, Rumicucho en la ciudad de Cajamarca. El objetivo general del estudio fue de calcular la eficiencia de conducción y distribución en el Sector Hidráulico Menor Clase B del río Chonta y Canal de riego La Victoria, Yanamarca, Rumicucho. La muestra estuvo constituida por todo el canal La Victoria de 2.9 Km., el canal de distribución Yanamarca una longitud de 1.2 Km., y canal de distribución Rumicucho una longitud de 2.4 Km.; el diseño que se utilizó fue una investigación no experimental de tipo descriptiva; los instrumentos que se utilizaron fueron las fichas de recolección de datos de acuerdo a la aplicación correntómetro. Los resultados obtenidos fueron una eficiencia de conducción 65.46% en el canal La Victoria, 76.46% de eficiencia de distribución del canal Yanamarca y 59.33% de eficiencia de distribución del canal Rumicucho, problema generado por desbordamiento debido a rupturas, fisuras y grietas de la estructura del canal, como también por efectos de la infiltración. Finalmente,

considerándose a la eficiencia de conducción como relativamente baja y es necesario y fundamental plantear mejoras a la infraestructura hidráulica.

Como también, Chicote (2017) realizó un estudio titulada: Evaluación de la eficiencia de conducción del canal de riego el progreso Mayanal – Jaén – Cajamarca, tramo Km 00+000 – 01+000. El objetivo general del estudio fue determinar la eficiencia de conducción de agua del canal de riego El Progreso – Mayanal – Jaén – Cajamarca. La muestra estuvo constituida por un tramo desde la progresiva Km 00+000 hasta 01+000 del canal de riego; el diseño que se utilizó fue de tipo descriptivo – no experimental y cuantitativo. Los resultados obtenidos fueron una eficiencia de conducción del canal es 88.56. Finalmente 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.

1.2. Bases teóricas

1.2.1. Canales de riego

Los canales de riego, son conductos por donde circula el agua por efecto de la gravedad y sin ninguna presión; puesto que, la superficie libre del líquido se encuentra en contacto con la atmósfera (Cieza, 2019, p.16). Estas infraestructuras, tienen como función de conducir el recurso hídrico para el uso agrario desde su captación hasta las áreas bajo riego (ANA, 2019). El cual, se conduce mediante una canalización del cauce natural del flujo para lograr una delimitación y protección contra la erosión e inundaciones.

1.2.1.1. Clasificación de canales de riego

Los canales de riego de acuerdo a su funcionamiento pueden ser: canal de primer orden (canal madre o de derivación), canal de segundo orden (canales laterales) y canal de tercer orden (canales sub-laterales) (ANA, 2010, p. 6).

También pueden ser canales sin revestir y con revestimiento. Siendo el revestimiento una capa de materiales que se agrega sobre la superficie del canal de acuerdo al diseño, que sirve como protección y contacto con el agua para evitar pérdidas del recurso hídrico por efectos de la filtración y el valor del coeficiente de resistencia del flujo (Placido y Salvatierra, 2020, p. 21).

1.2.2. Eficiencia hidráulica de conducción.

a. Eficiencia en canales de riego.

La eficiencia es la capacidad de lograr un efecto con el mínimo recurso disponible en el menor tiempo posible; en tal sentido, la eficiencia de riego se considera como el manejo adecuado del recurso hídrico en las áreas bajo riego; considerándose de esta forma, a la eficiencia de conducción como la evaluación de la pérdida del agua en el canal principal. De esta forma, existen parámetros de eficiencia para canales totalmente revestidos, con mampostería de piedra con mortero de cemento o con concreto, se espera obtener eficiencias de hasta 95% para canales hasta 20 Km y de 90% para canales de hasta 50 Km. (Polo, 2020).

b. Eficiencia de conducción.

La eficiencia de conducción de un canal se puede determinar mediante un aforamiento en el punto de entrada de caudal del canal y en el punto de salida de canal; es mismo que es fundamental realizar muchos aforos (Cieza, 2019).

Ecuación 1: Ecuación de la eficiencia de conducción.

$$Efc = \frac{Qs}{Qi} \quad \text{ò} \quad Efc (\%) = \frac{Qs}{Qi} \times 100$$

Donde:

Efc : Eficiencia de conducción.

Qs : Caudal de salida de tramo de canal, en l/s.

Qi : Caudal de inicial o de entrada de tramo de canal, en l/s.

La eficiencia de conducción permite determinar la pérdida del recurso hídrico en el canal principal desde la bocatoma hasta el punto final del canal principal; es decir, se evalúa el estado de operación y mantenimiento hasta que se empieza a distribuir el recurso hídrico en los canales laterales; sin embargo, la eficiencia de distribución se obtiene de todos los canales de distribución o canales de 1er, 2do, 3er, ... “n” orden; donde, la sumatoria de canales de distribución se asume cero, en caso de que las compuertas se encuentren cerradas para el cálculo de la eficiencia de conducción del canal principal. (DGIAR, 2015)

Ecuación 2: Ecuación de la eficiencia de conducción según DGIAR.

$$Efc = \frac{\text{Caudal salida canal principal} + \sum \text{Caudal distribución}}{\text{Caudal entrada canal principal}} \times 100$$

a) Food and Agriculture Organization - FAO (2012), sostiene que la eficiencia de conducción depende de la longitud, tipo y condiciones de los canales, como se muestran las estimaciones en la Tabla 1.

Tabla 1

Eficiencias de conducción de canales de riego según tipo y longitud.

Longitud del canal	Canales de tierra (%)			Canales revestidos (%)
	Arena	Roca	Arcilla	
Largo (> 2000 m)	60%	70%	80%	95%
Medio (200-2000 m)	70%	75%	85%	95%
Corto (<200)	80%	80%	90%	95%

Fuente. FAO, 2012

b) La eficiencia de conducción, es categorizado de acuerdo a Villavicencio (2021), en su trabajo de investigación denominado “determinación del coeficiente de uniformidad de caudal en sistemas de riego localizado”; mostrado en la Tabla 2.

Tabla 2

Categoría de la eficiencia de conducción según Villavicencio.

Categoría	Eficiencia (%)
Excelente	90 – 100%
Buena	80 – 90%
Aceptable	70 – 80%
Inaceptable	< 70%

Fuente. INIA Raihuén (2021)

De igual manera, Kisnanto, Hadiani & Ikhsan (2018) en “Rendimiento de la infraestructura del canal de riego para la eficiencia de riego del área de riego de Candi Limo en el distrito de Mojokerto” sostiene que la evaluación del rendimiento de los canales de riego se puede describir respecto de la eficiencia de acuerdo a la Tabla 3.

Tabla 3

Categoría de la eficiencia de conducción según Kisnanto, Hadiani & Ikhsan.

Categoría	Eficiencia (%)
Buen estado	> 90 %
Leve dañada	80 – 90 %
Dañada	60 – 79 %
Muy dañada	< 60 %

Fuente. Kisnanto, Hadiani & Ikhsan (2018)

1.2.2.1. Pérdida por evaporación.

La evaporación es el producto de la fase física por el cual el flujo hidráulico cambia de estado líquido a la gaseosa, obteniendo un regreso directo hacia la atmosfera en modo vapor, el cual es afectado por los siguientes factores: meteorológicos, radiación solar, temperatura del aire, temperatura del agua, presión del vapor, viento, presión atmosférica y calidad de agua. Para determinar el evaporación existen instrumentos que se clasifican en

cuatro tipos: Tanques de evaporación, Evaporímetro de balanza, porcelanas porosas, superficie de papel húmedo; de los cuales sólo el primero resulta de interés en la investigación (Carlos & Villodas, 2006, págs. 151-154). Las pérdidas de agua por gasificación o evaporación no es un problema que afecte a los recursos hídricos; ya que, las pérdidas son siempre inferiores al 6% de la capacidad de los embalses y del 2% de los caudales de los ríos, se puede tener mayor importancia en el futuro, en función del aumento global de la temperatura y de una menor disponibilidad de agua (Moreno, 2008, pág. 61).

Ecuación 3: Cálculo del volumen de evaporación (Chiclote, 2017).

$$Vol\ evp\ (m^3) = \frac{L \times L1 \times \Delta h \times t}{\Delta t}$$

Ecuación 4: Cálculo de evaporación (Chiclote, 2017).

$$Q\ evp = \frac{Vol\ evp}{t}$$

Donde:

L : Longitud de lámina transversal (m).

L1 : Longitud de tramo en estudio (m).

Δh : Variación de altura del recipiente durante 1h (m).

t : Tiempo de recorrido desde el punto de inicio y final del tramo (horas).

Δt : Variación del tiempo del recipiente (horas).

1.2.2.2. Pérdida por infiltración.

Las pérdidas por infiltración nunca desaparecen al 100%; puesto que, el agua suele encontrar caminos a lo largo o debajo del canal; de ello, la filtración por fisuras o grietas es una de las formas de más frecuentes para la pérdida de agua, cuando el agua encuentra un pequeño camino, existe un daño por filtración y el inicio de un problema de erosión o permeabilización de la infraestructura, las cuales tienden a ampliarse (Sotelo, 2002). En la pérdida por filtración depende de muchos factores, como factor principal del tipo o material

de revestimiento y su estado de conservación según se le dé el cuidado, pues el descuido e inadecuado mantenimiento se traduce fácilmente en fisura, agrietamiento y erosión (Olarde, 1987, pág. 138). La velocidad de infiltración en donde define que el fluido tiende a disminuir mientras transcurre el tiempo, ésta comienza cuando se aplica el agua en el suelo y el fluido sea constante; si se describen las velocidades registradas en función del tiempo transcurrido (Delgadillo, 2016, pág. 2).

Ecuación 5: Cálculo para la infiltración (Herna, 2010).

$$S_L = 0.45C \frac{P_W \times L}{4 \times 10^6 + 3650\sqrt{v}} H_W^{1/3}$$

Donde:

S_L : Pérdidas por infiltración (m³ por long. del canal por día).

L : Longitud del canal (m).

P_W : Perímetro mojado (m).

H_W : Altura del agua en el canal (m).

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

C : Constante que depende del tipo de revestimiento.

Tabla 4

Constante C según el tipo de revestimiento

Tipo de revestimiento	Constante (C)
Hormigón (10 cm)	1
Arcilla en masa (15 cm)	4
Asfalto ligero	5
Arcilla (7.6 cm)	8
Mortero de cemento o asfalto	10

Fuente. Herna, 2010

1.2.2.3. Pérdida por fisuras y agrietamiento en la estructura.

Las fisuras y grietas son discontinuidades que aparecen en elementos estructurales y de alguna forma alertan un suceso que puede comprometer la serviciabilidad y durabilidad de las estructuras; las fisuras son ranuras con un hacho máximo de 1 mm que afectan la superficie de la estructura, estas apariciones suelen aparecer cuando hay cambios de húmedas; mientras que la grietas superan el ancho máximo de las fisuras, afectando a la estructura de concreto en todo su espesor (Reyes & Roldan, 2018).

Tabla 5

Clasificación de fisuras y grietas en función a su ancho y grado de repercusión en las estructura..

Clasificación por ancho (e)		Nivel de repercusión en la estructura
Micro fisuras	$e < 0.05\text{mm}$	Nivel muy bajo.
Fisuras	$0.1 < e < 0.2\text{mm}$	Nivel bajo. Tener cuidado con ambientes marinos u otros agresivos donde pueda desencadenarse la corrosión del acero.
Macro fisura	$0.2 < e < 0.4\text{mm}$	Nivel moderado. Podría existir repercusiones estructurales, se requiere estudio de vulnerabilidad para el diagnóstico y alternativas de reparación y/o reforzamiento en caso lo amerite
	$0.4 < e < 1.0\text{mm}$	Nivel alto. Podría existir reducción de la capacidad sismo resistente. Se requiere estudio de vulnerabilidad para el diagnóstico, y alternativas de reparación y/o reforzamiento en lo aplicable.
Grietas	$e > 1.0\text{mm}$	Nivel muy alto. Posible reducción significativa de la capacidad sismo resistente. Se requiere estudio de vulnerabilidad para el diagnóstico y determinar la posibilidad de salvar la estructura. Dependiendo de los daños encontrados, se debe evaluar la evacuación y apuntalamiento de la edificación.

Fuente: Sotomayor C. 2020 "Entendiendo a Las fisuras y Grietas en Las Estructuras de Concreto" (p. 02).

1.2.3. Métodos de medición de caudales.

Según la Dirección General de Infraestructura Agraria y Riego – DGIAR (2015) sostiene al método de Velocidad y áreas (método más usado y requiere la medición el área de la sección transversal del flujo de agua y la velocidad media del flujo); para ello, es fundamental utilizar el método del correntómetro (instrumento que mide la velocidad en un punto dado de la sección) y el método de flotador.

1.2.3.1. Método del flotador.

Para la aplicación del método de flotador, se utilizará la ecuación 18 y 19. Recomendado para caudales hasta 900 l/s, evaluado en tramos rectos del cauce entre 15 a 20 metros. (DGIAR, 2015)

Ecuación 6: Ecuación para determinar el caudal por método de flotador.

$$Q = CxAxV$$

Ecuación 7: Ecuación para determinar la velocidad de agua.

$$V = \frac{e}{t}$$

Donde:

- Q : Caudal, en m³/s.
- C : Factor de corrección.
- A : Área, en m².
- V : Velocidad, en m/s.
- e : espacio recorrido por el flotador, en m.
- t : Tiempo de recorrido por el flotador, en seg.

Tabla 6

Factor de corrección (C) para el método del flotador.

Tipos de cauce	Factor de corrección (C)	Precisión Velocidad
Canal rectangular con lados y lechos lisos.	0.85	Buena
Río profundo y lento.	0.75	Razonable
Arroyo pequeño de lecho parejo y liso.	0.65	Mala
Arroyo rápida y turbulento.	0.45	Muy mala
Arroyo muy poco profundo de lecho rocoso.	0.25	Muy mala

Fuente. Dirección General de Infraestructura Agraria y Riego – DGIAR (2015), “Manual de cálculo de eficiencia para sistemas de riego”

1.2.3.2. Método por correntómetro.

El correntómetro es un instrumento que sirve para medir la velocidad del agua en el mar, ríos, arroyos y modelos físicos en laboratorio; los modelos más comunes encontrados en el mercado son dos, el eje vertical y el molinete más caracterizado por su hélice en su eje horizontal; dichos instrumentos no requieren obstruir el cauce y no son muy apropiados para aforar en secciones muy grandes; para el correntómetro de eje vertical, éste se sumerge en una corriente donde las copas que se encuentran en dirección del flujo se muevan sobre su eje, encontrando así que el número de vueltas sean contabilizadas y almacenadas por el contómetro; por otro lado se tiene el correntómetro con hélice y eje horizontal este equipo trabaja contabilizando el número de vueltas que da la hélice sobre el eje horizontal, para luego convertir el número de vueltas a su equivalente en velocidades, mediante una ecuación de calibración (Instalación y Operación de Medidores de Agua en Conductos Abiertos con Diferentes Caudales, 2010).

Para el funcionamiento correcto del correntómetro se debe tener una sección trasversal bien seleccionada, una división típica es de 25-30 secciones parciales generalmente es más que suficiente; las distancias entre las estaciones parciales e individuales no deben contener más

del 10% de la descarga, dicha medición ideal es aquella estación parcial que obtenga el 5% o menor que el 5% de la descarga total. Para dar uso al correntómetro se obtiene 4 métodos de mediciones (MF PRO, 2018).

- ✓ Método de medición $0.9 \times V_{\text{máx}}$
- ✓ 0,2/0,4/0,8 método
- ✓ Método de medida de Integración Veloc./Nivel
- ✓ Método de medición 2D

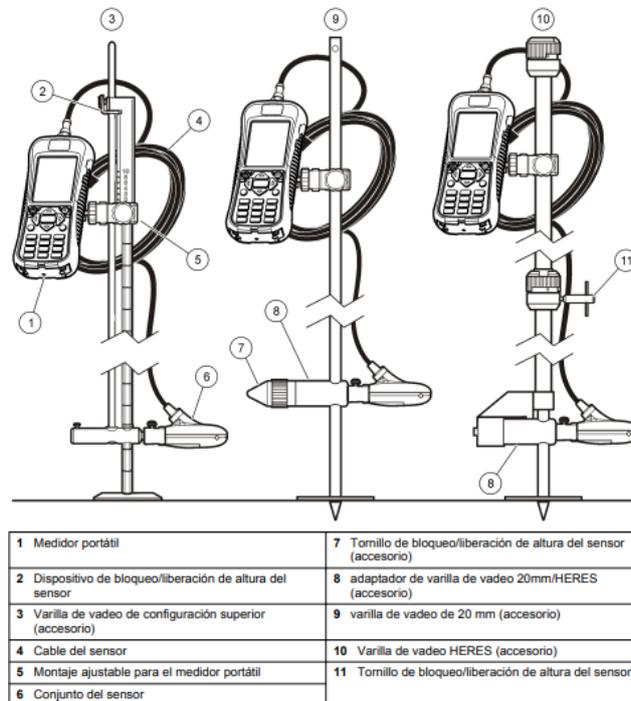


Figura 1. Partes de un correntómetro OTT FM PRO.

Fuente: (FM PRO, 2012)

1.2.3.3. Método por estructuras hidráulicas de medición.

1.2.3.3.1 Vertederos.

El vertedero es una estructura hidráulica que sirven especialmente para el control de caudales y es un sistema que contiene una pared que intercepta una corriente de un flujo con superficie, causando una elevación del nivel del fluido aguas arriba de la misma; ya que, se emplea para controlar ese nivel; es decir, mantener un nivel aguas arriba que no exceda un

valor límite o como estructura de medición de caudales circulante por un canal. Sin embargo, como vertedero de medida el caudal depende de la altura de la superficie libre del canal aguas arriba, además de depender de la geometría; por ello, un vertedero resulta un medidor sencillo pero efectivo de caudal en canales abiertos. (Gutiérrez, citado en Chow.1959, 2016). Un vertedero es definido como un dispositivo constituido por una pared perpendicular al flujo, a través del cual se hace circular; hidráulicamente es un orificio que no está totalmente abordable por el nivel de aguas arriba, de manera que la parte del orificio está libre. (Reyes & Roldan, 2018); teniendo como funciones principales del vertedero, de medir caudales y permitir el reboce del líquido contenido en un reservorio o del que circula un río o canal (Rocha, 2010, p. 455)

a. Por el tipo de cresta.

Se distingue dos tipos de vertederos los de pared delgada y pared gruesa.

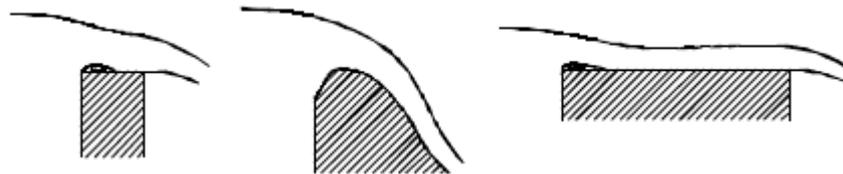


Figura 2. Vertederos de pared gruesa, según dibujo de Balloffet.

Fuente: Rocha, F. 2010 “Hidráulica de tuberías y canales” (p. 461).

b. Por los niveles de aguas abajo.

Se encuentra el vertedero libre el nivel de aguas abajo y el vertedero sumergido o incompleto.

c. Por las condiciones laterales de descarga.

Vertederos con contracciones laterales y sin contracciones; los vertederos con contracciones son aquellas que la longitud del vertedero es menor que el ancho del canal de aproximación. Para que se produzca las contracciones laterales completas es necesario que

la distancia entre cada extremo del vertedero y la pared del canal sea por lo menos mayor a tres veces al umbral.

d. Según su forma.

Por la forma podemos encontrar diferentes tipos de vertederos como: rectangulares, triangulares, trapezoidales, circulares, parabólicos, poligonales, parábola semicúbica, mixto, hiperbólico, proporcional y muchas más posibilidades geométricas.

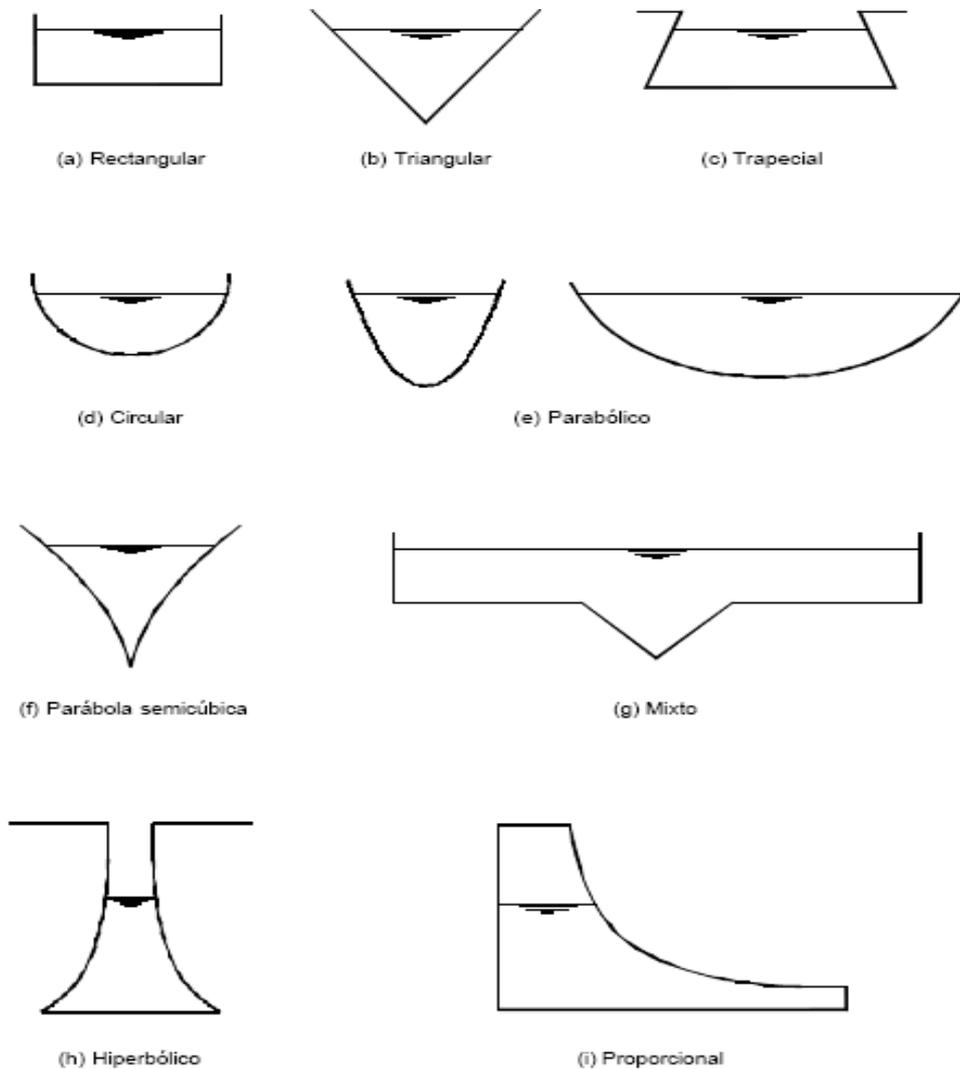


Figura 3. Diferentes formas de vertederos de acuerdo al tipo de sección.

Fuente: Rocha, F. 2010 “Hidráulica de tuberías y canales” (p. 463).

e. Por la inclinación del paramento.

Podemos encontrar vertederos inclinados hacia aguas arriba y vertederos entrantes. Los primeros disminuyen la contracción, por consiguiente, la carga aumenta.

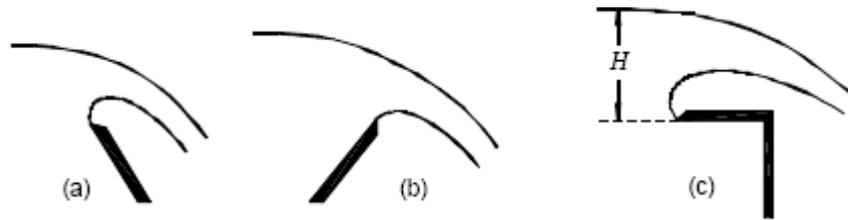
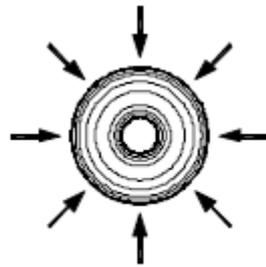


Figura 4. Vertederos con paramento inclinado (a y b) y vertedero entrante (c).
Fuente: Rocha, F. 2010 “Hidráulica de tuberías y canales” (p. 464).

f. Otros tipos de vertederos

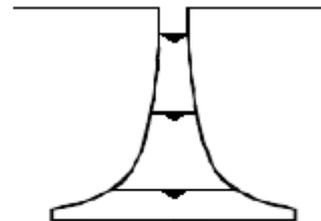
- Desarrollados, Inflables, Abatibles, Laterales, De plata circular (Morning Glory), etc.



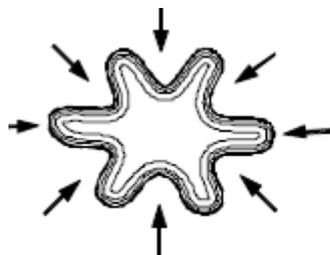
Vertedero de planta circular



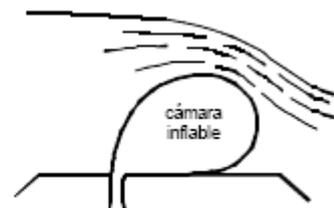
Combinación de orificio y vertedero



Vertedero proporcional
El caudal es proporcional a la carga H



Vertedero desarrollado



Vertedero Inflable

Figura 5. Otros tipos de vertederos

Fuente: Rocha, F. 2010 “Hidráulica de tuberías y canales”.

1.2.3.3.1.1 Vertederos de pared delgada.

Los vertederos de pared delgada se caracterizan por tener la cresta un espesor menor o igual a 2 mm, en muchos casos este espesor se consigue biselando (afilando) los lados de la ventana del vertedero; las formas de este tipo de estructuras son variables de los cuales se puede mencionar los vertederos de sección: rectangular, triangular, trapezoidal, circular y proporcional (Sutro); siendo estos tipos de vertederos con una alta precisión, llegando a tener errores de 1% en condiciones apropiadas, por lo general en condiciones de campo se tienen errores de alrededor del 5%; generalmente los vertederos rectangulares y triangulares presentan las mejores características para ser de alta precisión (Vega, 2004, pp. 2,3).

Los vertederos de pared delgada son construidos de una hoja de metal, de otros materiales de pequeños espesores o de madera biselada, de tal manera que se obtenga una lámina de espesores igual o menores a 2mm. (Guamán, 2018, p. 13). Otra de las características para considerar a un sistema de medición como vertedero de pared delgada es que el espesor del mismo debe ser menor que la mitad de la carga de agua ($e = 0.5 \times h$); y al ser colocado transversalmente a la dirección de recorrido del flujo, da lugar a una obstrucción o estancamiento que posteriormente el líquido sea vertido por la escotadura o vértice del vertedero, seguidamente se vierte sobre la cresta del vertedero (Carrazón, 2007, p. 32). Los vertederos como una estructura hidráulica, no solo es un aparato de medición para flujos de canales abiertos, sino también la forma más simple de vertederos de reboce (Chow, 2004, p. 352).

Por consiguiente, los vertederos son estructuras hidráulicas más sencillos y de igual forma los más utilizados para medir caudales en canales abiertos, como también en sistemas de distribución de agua, sistemas de evacuación de aguas residuales, saneamiento, sistemas de control de aguas pluviales, entre otros; teniendo una variedad de vertederos que se diferencian por el tipo de sección, siendo unos más eficientes que otros.

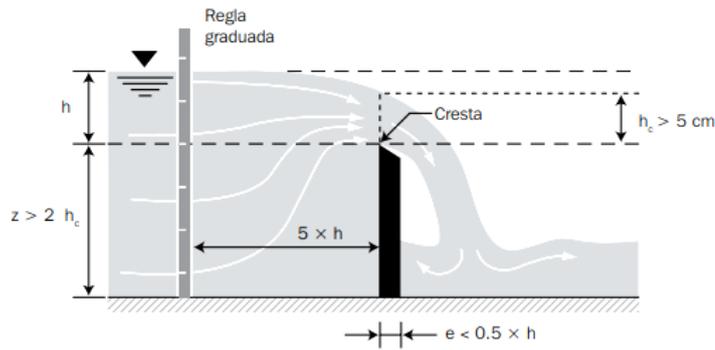


Figura 6. Sección típica de vertedero de pared delgada.

Fuente: Carrazón, A. 2007 “Manual práctico para el diseño de sistemas de minirriego” (p. 32)

1.2.3.3.1.2 Tipos de vertederos de pared delgada

a. Vertedero de sección triangular

El vertedero de sección triangular, es un tipo de vertedero de pared delgada; denominada como triangular por la forma de V de la sección, siendo utilizado para medir caudales pequeños con una gran precisión. Carrazón (2007) afirma que este tipo de secciones son los más precisos para caudales inferiores a 20 l/s (p. 34). Los vertederos triangulares como estructura de medición pueden ser total y parcialmente contraídos; dado que, el término contracción hace referencia al área del flujo que pasa por el vertedero con respecto al tamaño del flujo del canal agua arriba; es decir, para que un vertedero sea considerado como contraído, sus extremos deben tener una cierta longitud hacia los costados y del fondo del canal; es preciso mencionar que a mayor contracción, se convierte en un vertederos de mayor precisión como estructuras de control. (Guamán, 2018, p. 14)

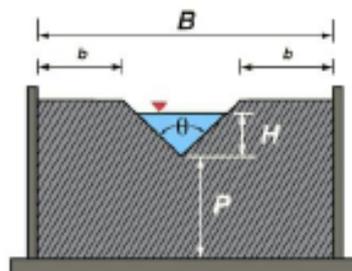


Figura 7. Vertederos de sección triangular con contracción.

Fuente: Guamán, S. 2018 “Modelación numérica y experimental de un canal rectangular abierto con diferentes tipos de vertederos” (p. 14).

Rocha (2010) en Hidráulica de tuberías y canales, recomienda para el cálculo de caudales en vertederos de pared delgada de sección triangular la Ecuación 8; para encontrar el valor real del caudal, por encontrarse afectado por el coeficiente de descarga.

Ecuación 8: Ecuación para la determinación del caudal utilizando vertedero de sección triangular

$$Q = \frac{8}{15} \sqrt{2g} c_d \tan \alpha H^{2.5}$$

Donde:

Q: caudal, en m³/s

C_d: coeficiente de descarga, adimensional.

g: aceleración gravitatoria, en m²/s

$\alpha = \Theta/2$; ángulo de vertedero, en (°)

H: altura de nivel de agua medido desde el vértice, en metros (m).

El coeficiente de descarga para la aplicación de la Ecuación 5, se encontrará a partir del ábaco elaborado por L. Cruz Coke, C. Moya y otros ingenieros en 1923 y 1924 en el laboratorio de Hidráulica de la Universidad de Chile; para ángulos comprendidos entre 15° hasta 120°.

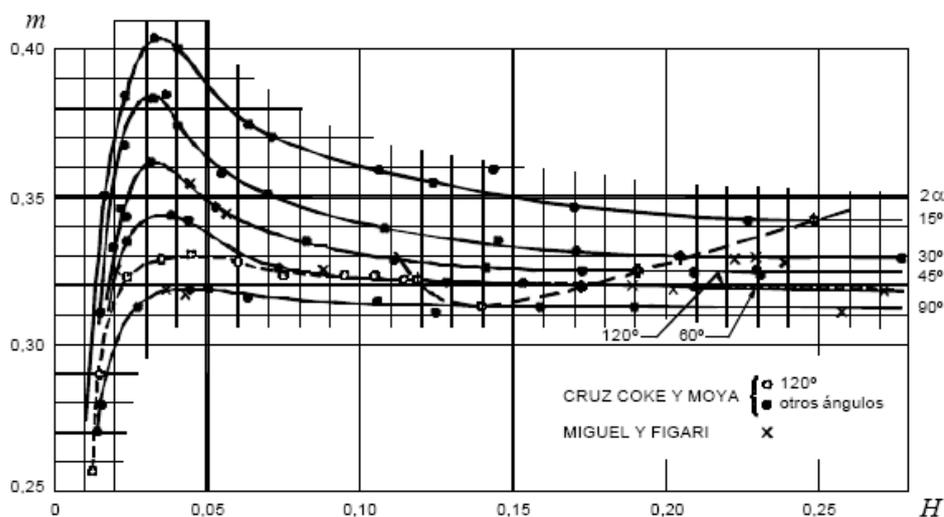


Figura 8. Coeficientes de descarga en vertederos de pared delgada de sección triangular.

Fuente. Rocha, F. 2010 “Hidráulica de tuberías y canales” (p. 481).

Según Rocha (2010), menciona que, para cada ángulo del vertedero, como también para cada valor de la carga se tiene un coeficiente “*m*”; el cual es 8/15 del coeficiente de descarga “*c*”. De ello tenemos la ecuación 9.

Ecuación 9: Ecuación para la determinación del coeficiente de descarga.

$$c = \frac{15}{8} m$$

Tabla 7

Coeficiente en vertederos triangulares.

ANGULO (2α)	15°	30°	45°	60°	90°	120°
H>	0.250	0.205	0.185	0.170	0.140	0.120
m	0.343	0.330	0.325	0.320	0.313	0.322
c	0.643	0.619	0.609	0.600	0.587	0.604
K	0.200	0.392	0.596	0.818	1.386	2.471

Fuente: Rocha, F. 2010 “Hidráulica de tuberías y canales” (p. 481).

b. Vertedero de sección rectangular

El vertedero de sección rectangular, es otro tipo de sección pertenecientes a vertederos de pared delgada; siendo una de las estructuras hidráulicas más comunes, de los cuales podemos encontrar a vertederos sin contracción y con contracción, haciendo referencia de igual forma a la distancia existente entre el costado de la sección y la cara de canal.

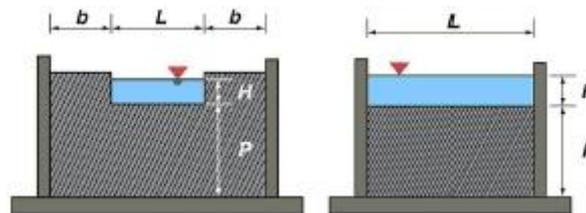


Figura 9. Vertederos de pared delgada de sección rectangular total y parcialmente contraídos.

Fuente: Guamán, S. 2018 “Modelación numérica y experimental de un canal rectangular abierto con diferentes tipos de vertederos” (p. 15).

El caudal teórico para un vertedero de sección rectangular se puede encontrar con las diferentes ecuaciones propuestas en Rocha (2010) en Hidráulica de tuberías y canales, que parte de la ecuación general de descarga de un vertedero rectangular (Ecuación 10).

Ecuación 10: Ecuación de vertedero de sección Rectangular.

$$Q = \frac{2}{3} \sqrt{2g} c_d L H^{1.5}$$

Donde:

Q: caudal, en m³/s

C_d: coeficiente de descarga, adimensional.

g: aceleración gravitatoria, en m²/s.

L: longitud de vertedero, en m.

H: altura de nivel de agua medido desde el vértice, en metros (m).

Uno de los mayores retos para los investigadores ha sido determinar el coeficiente de descarga; por ello, se han desarrollado múltiples investigaciones experimentales con el único objetivo de lograr determinar dicho coeficiente, partiendo de la ecuación general no simplificada (Ecuación 11), en donde se muestra todos los parámetros que intervienen (ver Figura 10).

Ecuación 11: Ecuación no simplificada vertedero de sección rectangular.

$$Q = \frac{2}{3} \sqrt{2g} \left[\left(H + \alpha \frac{V_0^2}{2g} \right)^{\frac{3}{2}} - \left(\alpha \frac{V_0^2}{2g} \right)^{\frac{3}{2}} \right] L$$

Donde:

Q: caudal, en m³/s

V₀: velocidad de aproximación del flujo, en m/s

α: coeficiente de Coriolis.

g: aceleración gravitatoria, en m²/s.

L: longitud de vertedero, en m.

H: altura de nivel de agua medido desde el vértice (Carga), en metros (m).

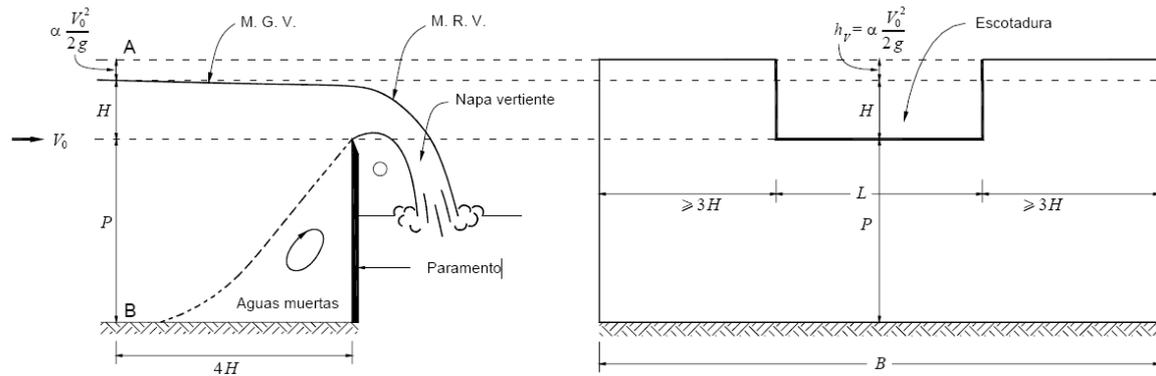


Figura 10. Descarga sobre un vertedero de sección rectangular de pared delgada.

Fuente: Rocha, F. 2010 “Hidráulica de tuberías y canales” (p. 456).

La fórmula de Francis (1952); se encuentra centrado principalmente en determinar una expresión para el coeficiente de descarga para vertederos de sección rectangular.

Ecuación 12: Ecuación de Francis de vertedero de sección rectangular.

$$Q = 1.84 \left(L - \frac{nH}{10} \right) \left[\left(H + \frac{V_0^2}{2g} \right)^{\frac{3}{2}} - \left(\frac{V_0^2}{2g} \right)^{\frac{3}{2}} \right]$$

Donde:

Q: caudal, en m³/s

V₀: velocidad de aproximación del flujo, en m/s

n: número de contracciones (1, 2, 3).

g: aceleración gravitatoria, en m²/s.

L: longitud de vertedero, en m.

H: altura de nivel de agua medido desde el vértice, en metros (m).

La aplicación de la (Ecuación 12) se encuentra regido bajo las siguientes condiciones:

$$0,18 \text{ m} \leq H \leq 0,50 \text{ m} ; 0,60\text{m} \leq P \leq 1,50 \text{ m} \text{ y } \frac{L}{H} > 3$$

Para condiciones de velocidad despreciable y la inexistencia de contracciones laterales ($n=0$) entonces la ecuación se reduce.

Ecuación 13: Ecuación de vertedero de sección rectangular sin contracciones.

$$Q = 1.84LH^{\frac{3}{2}}$$

Mediante la (Ecuación 13) se puede determinar gastos con aproximaciones de $\pm 3\%$.

Hègly en 1921, en base a las investigaciones realizadas por Bazin en vertederos de sección rectangular sin contracciones, presenta una nueva ecuación para el cálculo del coeficiente de descarga; basados en la ecuación general de vertederos de sección rectangular; a la cual también denominado como “fórmula completa de Bazin”.

Para la obtención de coeficiente de descarga de vertederos cuando existe contracciones laterales es.

Ecuación 14: Ecuación para coeficiente de descarga de vertedero rectangular con contracciones.

$$c = \left[0.6075 - 0.045 \frac{B-L}{B} + \frac{0.00405}{H} \right] \left[1 + 0.55 \left(\frac{L}{B} \right)^2 \left(\frac{H}{H+P} \right)^2 \right]$$

Para ello existen restricciones o condiciones que deben de cumplirse como: $0.10 \text{ m} \leq H \leq 0.60 \text{ m}$; $0.50 \text{ m} \leq L \leq 2.00 \text{ m}$ y $0.20 \text{ m} \leq P \leq 2.00 \text{ m}$

Y cuando el vertedero no cuenta con contracciones, entonces el ancho de canal es igual al ancho de vertedero ($B=L$); por ello se utiliza la siguiente ecuación.

Ecuación 15: Ecuación para coeficiente de descarga de vertedero rectangular sin contracciones.

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

Donde:

c: Coeficiente de descarga, adimensional

B: Ancho de canal, en m.

L: longitud de vertedero, en m.

P: Umbral, en m.

La Sociedad Suiza de Ingenieros y Arquitectos; de igual forma en 1924, desarrollan estudios experimentales en vertederos de pared delgada de sección rectangular, con la finalidad de determinar el coeficiente de descarga basados en la ecuación general para este tipo de vertederos.

La ecuación para determinar el coeficiente de descarga ha sido adoptada para vertederos de sección rectangular con contracciones es.

Ecuación 16: Ecuación para coeficiente de descarga de vertedero rectangular con contracciones.

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

Considerándose las siguientes restricciones: $\frac{0.025}{L/B} \leq H \leq 0.80 \text{ m}$; $0.30B \text{ m} \leq L$;

$0.30B \text{ m} \leq P$ y $\frac{H}{P} \leq 3$.

Y para aquellos que no tienen contracciones es.

Ecuación 17: Ecuación para coeficiente de descarga de vertedero rectangular sin contracciones.

$$c = 0.615 \left[1 + \frac{1}{1000H + 1.6} \right] \left[1 + \frac{1}{2} \left(\frac{H}{H + P} \right)^2 \right]$$

Considerándose las siguientes restricciones: $0.025 \leq H \leq 0.80 \text{ m}$; $0.30 \text{ m} \leq P$ y

$\frac{H}{P} \leq 1$.

Donde:

c: Coeficiente de descarga, adimensional.

B: Ancho de canal, en m.

L: longitud de vertedero, en m.

P: Umbral, en m.

H: carga, en m.

Una de ecuaciones de mayor confiabilidad son las presentadas por Kindsvaster – Carter en 1959; que pueden ser aplicados tanto para vertederos rectangulares con o sin contracciones.

Ecuación 18: Ecuación de Kindsvaster – Carter para vertederos de sección rectangular.

$$Q = c_d \frac{2}{3} \sqrt{2g} [L + K_L] [H + K_H]^{\frac{3}{2}}$$

Donde:

Q: caudal, en m³/s

C_d: coeficiente de descarga, adimensional.

g: aceleración gravitatoria, en m²/s.

L: longitud de vertedero, en m.

H: altura de nivel de agua medido desde el vértice, en metros (m).

En el cálculo del caudal mediante la (Ecuación 18), aparece un nuevo término “longitud efectiva”, que viene hacer la longitud del vertedero añadido el K_L (calculado mediante la Figura 11 y la “carga efectiva” que viene a ser la carga más el factor K_H que tiene un valor igual a 0.001.

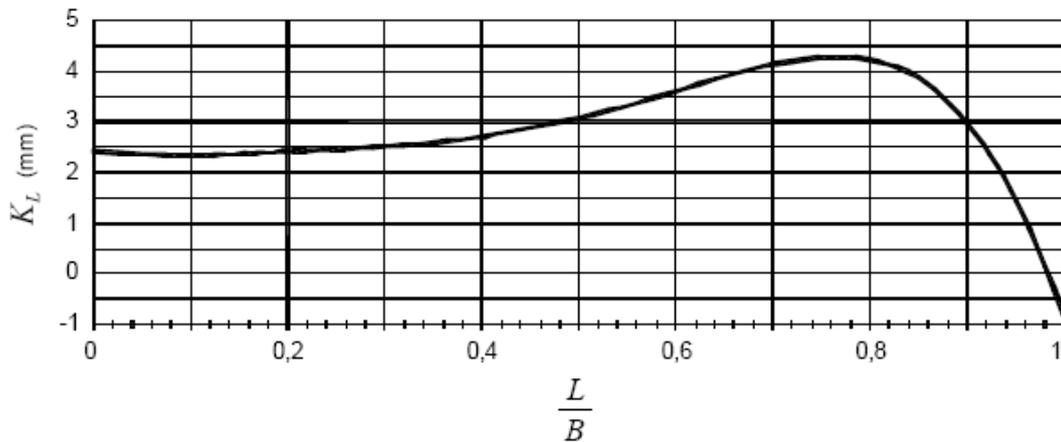


Figura 11. Figura para la determinación de factor K_L .

Nota. Rocha, F. 2010 “Hidráulica de tuberías y canales” (p. 473).

Para una correcta aplicación de la ecuación, debe considerarse lo siguiente:

- La medición de la carga H , debe ser realizada a una distancia igual a 4 o 5 veces la máxima carga.
- El espesor de la cesta debe ser 1 o 2 mm.
- El nivel de superficie libre de aguas abajo debe estar por lo menos 6 cm debajo de la cresta del vertedero.
- La carga debe ser mayor a 3 cm, con un umbral mayor o igual a 10 cm.
- La longitud de vertedero y ancho del canal debe ser superior a 15 cm.
- $\frac{H}{P} \leq 2.5$; y cuando no existe contracciones se considera ($L=B$).

Teniendo estas consideraciones y cumpliéndose; la Figura 12 es aplicable para encontrar el coeficiente de descarga.

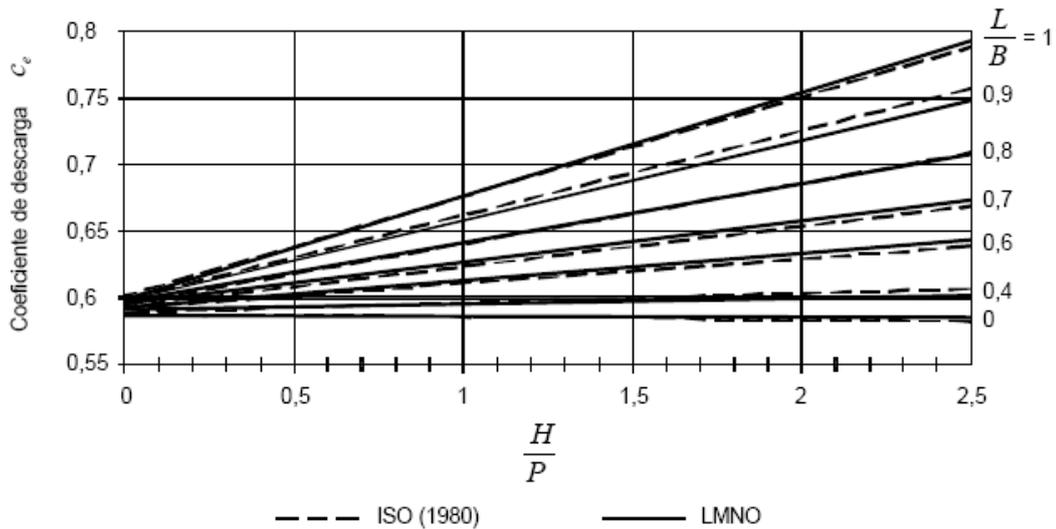


Figura 12. Gráfico para determinar el coeficiente de descarga C_e

Nota. Rocha, F. 2010 “Hidráulica de tuberías y canales” (p. 474).

Siendo el coeficiente de descarga un factor fundamental en el cálculo de caudales reales en estructuras hidráulicas de sección rectangular, Rehbock realizó múltiples ensayos de laboratorio obteniendo una ecuación para condiciones de la inexistencia de la contracción.

Ecuación 19: Ecuación de Rehbock para coeficiente de descarga de vertedero de sección rectangular sin contracciones.

$$c = \left[0.6035 + 0.0813 \frac{H}{P} + \frac{0.00009}{P} \right] \left[1 + \frac{0.0011}{H} \right]^{\frac{3}{2}}$$

Considerándose como única restricción: $0.025 \text{ m.} \leq H \leq 0.60 \text{ m.}$ El factor de coeficiente de descarga es para lograr aplicar en la (Ecuación 19).

c. Vertedero de sección trapezoidal

El vertedero de sección trapezoidal, que se diferencia por la inclinación de los lados laterales; es decir se encuentra conformado por dos laterales de sección triangular y la parte central rectangular. Para encontrar en caudal real de forma teórica se realiza mediante la siguiente ecuación.

Ecuación 20: Ecuación de vertedero de sección trapezoidal.

$$Q = c_1 \frac{2}{3} \sqrt{2g} L [H]^{\frac{3}{2}} + c_2 \frac{8}{15} \sqrt{2g} \tan(\alpha) [H]^{\frac{5}{2}}$$

Donde se considera el coeficiente de descarga de Ballofet, $C_1 = C_2 = 0.6$.

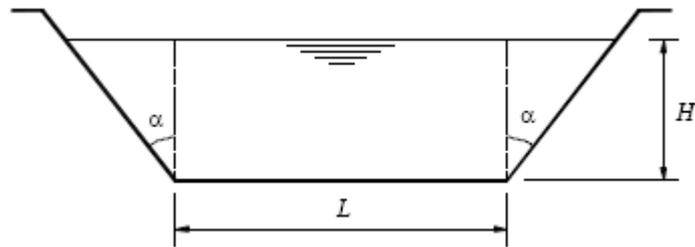


Figura 13. Vertedero de pared delgada de sección trapezoidal.

Nota. Rocha, F. 2010 “Hidráulica de tuberías y canales” (p. 474).

Sin embargo, existe un tipo de vertedero trapezoidal que tiene las particularidades del lado de inclinación de (1H:4V); es decir una pendiente de 25% e implica un ángulo de $14^{\circ} 2'$, a la cual se le denomina vertedero de tipo Cipolletti (Miranda, 2016, p. 17).

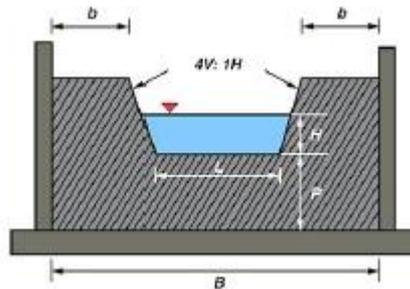


Figura 14. Vertederos de pared delgada de sección trapezoidal.

Fuente: Guamán, S. 2018 “Modelación numérica y experimental de un canal rectangular abierto con diferentes tipos de vertederos” (p. 14).

Los diferentes estudios referentes a los vertederos de pared delgada de tipo Cipolletti, se ha determinado que el coeficiente de descarga es de 0.63. Del mismo modo, se ha determinado que este tipo de vertedero es equivalente a la descarga de un vertedero de sección rectangular sin contracciones calculado de acuerdo a lo siguiente.

Ecuación 21: Ecuación de vertedero de sección trapezoidal tipo cipolletti.

$$Q = 0.63 \frac{2}{3} \sqrt{2g} L [H]^{\frac{3}{2}}$$

Donde:

Q: caudal, en m³/s

g: aceleración gravitatoria, en m²/s.

L: base del trapecio, en m.

H: altura de nivel de agua medido desde el vértice, en metros (m).

La ecuación 21, es válido si:

$$0.08 \text{ m} \leq H \leq 0.60 \text{ m} ; 2H \leq b ; 3H \leq L \text{ y } 3H \leq P$$

1.2.3.4. Calibración del vertedero de pared delgada de sección rectangular.

La calibración es el cálculo y la documentación de la desviación de un analizador en comparación con otro dispositivo correspondiente con una mayor exactitud bajo condiciones predefinidas (Testo, 2022). Del mismo modo, la calibración es un conjunto de operaciones que establece bajo condiciones específicas, las relaciones entre los valores indicados por un instrumento de medición, sistema de medición, valores representados por una medida materializada o un material de referencia o los valores correspondiente a las magnitudes establecidas por los patrones; la calibración es fundamental para tener seguridad de los resultados obtenidos por los equipos de medida, utilizados en las actividades; de esta manera se asegura la calidad de los datos obtenidos (Casals, 2014).

1.3. Formulación del problema

¿Cuál es la eficiencia de conducción del canal de riego Tres Molinos, utilizando vertederos de pared delgada Cajamarca 2021?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar la eficiencia de conducción del canal de riego Tres Molinos, utilizando vertederos de pared delgada Cajamarca 2021.

1.4.2. Objetivos específicos

- Realizar el diseño del vertedero de pared delgada de sección rectangular para la evaluación de la eficiencia de conducción del canal de riego Tres Molinos, Cajamarca 2021.
- Determinar la calibración del vertedero de pared delgada de sección rectangular, Cajamarca 2021.
- Determinar la pérdida por infiltración y evaporación del caudal en el canal de riego Tres Molinos, Cajamarca 2021.
- Determinar la eficiencia de conducción del canal de riego Tres Molinos, utilizando el vertedero de pared delgada de sección rectangular Cajamarca 2021.

1.5. Hipótesis

La eficiencia de conducción del canal de riego Tres Molinos, Margen Izquierdo del Río Mashcón, se encuentra inferior al 70% considerándose en una categoría Inaceptable.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

2.1.1. Diseño de investigación: No experimental-cuantitativa

El tipo de estudio de investigación es no experimental, ya que permite contemplar las situaciones ya existentes para la Evaluación de la Eficiencia de Conducción del Canal de Riego Tres Molinos, Margen Izquierdo del Río Mashcón con el fin de poder analizarlos. Por lo tanto, según Hernández (2014), sostiene que la investigación no experimental podría definirse como la investigación sin manipular deliberadamente las variables. Debido a ello no se generan ninguna situación, ya que las observaciones son realizadas por situaciones ya reales; en ese mismo contexto da mención fundamentalmente en la observación de fenómenos tal y como se dan en su contexto natural para después analizarlos.

Por otra parte, Borja Suárez (2012), indica que la forma más confiable para conocer la realidad es a través de la recolección y análisis de datos, la cual ayudaría a contestar la pregunta de la investigación y aprobar la hipótesis planteado por los investigadores. Aunado a esto el planteamiento cuantitativo confía en la medición numérica, el conteo y frecuencia en el uso de la estadística para establecer con exactitud patrones de comportamiento en una población. Dicho estudio será diseñado bajo el planteamiento metodológico del enfoque cuantitativo puesto que éste es el que mejor se adapta a las características y necesidades de la investigación.

2.1.2. Diseño no experimental-descriptivo

Las investigaciones no experimentales-descriptivos tiene como objetivo indagar la incidencia de las modalidades cuando se sabe poco sobre un fenómeno en particular o niveles de una o más variables en una población. Para dicho procedimiento el investigador observa

y fundamenta varios aspectos del fenómeno por ello la técnica consiste en ubicar en una o diversas variables a un grupo de personas u otros seres vivos, objetos, situaciones, contexto, fenómenos, comunidades; y así proporcionar su descripción. (Sousa, Driessnack, & Costa, 2007).

De acuerdo a este concepto podemos afirmar que la investigación es de tipo no experimental-descriptivo debido a que la eficiencia de conducción de flujo mediante vertederos de pared delgada se basará fundamentalmente en la observación y la descripción de la situación actual.

2.2. Población, muestra y materiales

2.2.1. Población

Canal de riego Tres Molinos, en su totalidad de 5 km, Cajamarca 2021.

2.2.2. Muestra

La elección de la muestra de estudio, se ha determinado de acuerdo a Chiclote (2017) en su trabajo de investigación denominada “Evaluación de la eficiencia de conducción del canal de riego el Progreso Mayanal – Jaén – Cajamarca, tramos: Km 00+000 – 01+000”; sosteniendo un tramo de muestra de 1.00 Km; considerando la accesibilidad y las limitaciones para desarrollar la investigación.

Por tal motivo, la muestra de la presente investigación son los cinco (05) tramos de un kilómetro (1.00 Km) cada uno, desde la progresiva Km 00+000 hasta Km 05+000 del canal Tres Molinos.

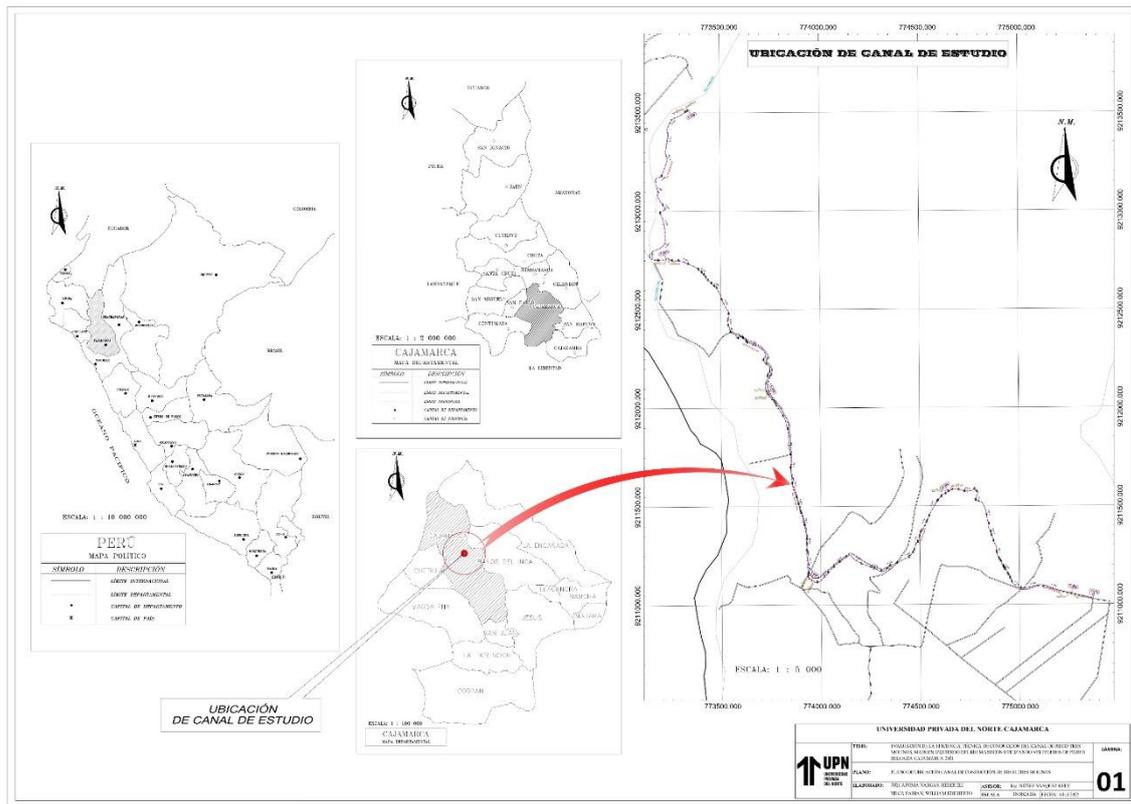


Figura 15. Plano de ubicación de canal de conducción de riego Tres Molinos.

2.2.3. Materiales

En la tabla 6, se muestra los materiales utilizados para esta investigación.

Tabla 8
Matriz de materiales.

Materiales	Cantidad	Unidad
Laptop	02	und
Impresora	01	und
Cámara fotográfica	02	und
GPS diferencial	01	und
Vertederos de sección rectangulares	01	und
Regla	01	und
Nivel de burbuja	01	und
Lapiceros	03	und
Calculadora científica	02	und
Hoja bond A4	01	ciento
Cinta métrica 100 m	01	und
Wincha 5m	01	und
Pintura o tinta	02	und

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.3.1. Técnicas de recolección de datos

La técnica utilizada en el siguiente estudio de investigación es de observación directa; ya que, en el estudio se tomarán datos, mediante ficha para el cálculo de caudales (Método del flotador) y ficha de recolección de datos para caudales de ingreso y ficha de recolección de datos para caudales de salida.

Para la determinación de la eficiencia de conducción del canal de Riego Tres Molinos utilizando el vertedero de pared delgada de sección rectangular, se realizó la calibración de del vertedero en el laboratorio de hidráulica de la Universidad Privada del Norte para caudales variables.

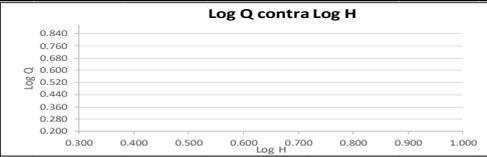
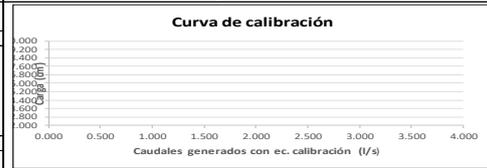
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE CANALES							
UPN UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		TESIS:		ASESOR:		N° FICHA:	
ENSAYO:		TESISTAS:		FECHA:		REVISADO POR:	
EQUIPO:							
ENSAYO	Q(m3/min)	HT(cm)	P(cm)				
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
ENSAYO	Qr l/s)	H(cm)	Log H	Log Q	n	k = 0.1000	Q _{gd} = K*H ⁿ
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
							
<p>1. Ecuación N° 1, Para encontrar el Q generado</p> $\log Q = \log K + n \log H$				<p>4. Grafica de calibración</p> 			
<p>2. Ecuación N° 2, Ecuación general de la recta</p> $Y = mX + b$ <p>Donde:</p> <p>Y = Log Q</p> <p>m = n</p> <p>X = Log H</p> <p>b = Log K</p>				<p>3. Ecuación N° 3, Ecuación de calibración</p> $Q_{generado} = K * H^n$			
RESPONSABLE DEL ENSAYO		RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR	
JULCAPOMA VARGAS HEBER E. FECHA:		VILCA FABIAN WILLIAM E. FECHA:		VALDERA CHAVEZ CESAR E. FECHA:		NUÑEZ VÁSQUEZ KELLY E. FECHA:	

Figura 16. Ficha de calibración de vertedero de pared delgada de sección rectangular.

El cálculo de la eficiencia de conducción en el canal de riego Tres Molinos, se realiza utilizando el vertedero de sección rectangular calibrado. De acuerdo, a la investigación de Cliclote (2017), el cual menciona que la determinación de los caudales de entrada y salida del tramo de estudio, se registraron diez (10) medidas en el punto de inicio (Caudal de ingreso) y en el punto final (caudal de salida) en un mismo día; del mismo modo, realizó este procedimiento por el lapso de dos (2) semanas de forma interdiarias (lunes, miércoles y viernes). Por consiguiente, la determinación de la eficiencia de conducción del canal de riego Tres Molinos, se realizará considerándose el registro de diez mediciones en el punto de inicio de cada tramo y punto final de cada tramo en un mismo día; durante dos (2) semanas (lunes, miércoles y viernes).

Del mismo modo, para determinar el caudal de evaporación ($Q_{\text{evp.}}$) se utilizó un recipiente cilíndrico, desarrollándose en cada tramo de estudio durante un tiempo de 60 min, aplicado durante el horario más caluroso del día (medio día), teniendo como temperatura ambiente aproximada de 25°C según SENAMHI. Sin embargo, para determinar el caudal de infiltración en el canal de conducción, se aplicó la ecuación 5.

2.3.2. Instrumentos de recolección de datos

El instrumento de recolección de datos para la presente investigación se desarrolló teniendo en cuenta dos fichas de observación, con la finalidad de obtener los datos técnicos requeridos.

Formato 01: Ficha para el cálculo de caudales por método del flotador. En base a la muestra de unidad de estudio se identifica y selecciona la investigación que se adjunta con las condiciones (longitud de tramo, velocidad y sección del canal) (Ver Anexo n° 5). La presente ficha, determina el caudal del canal, a partir del recorrido de un flotador en un tramo

de diez metros (10.00 m.), determinándose el tiempo (segundos) y la velocidad; para ello, se tiene en cuenta el tipo de cauce (Canal rectangular con lados y lechos lisos) y el factor de corrección (C=0.85).

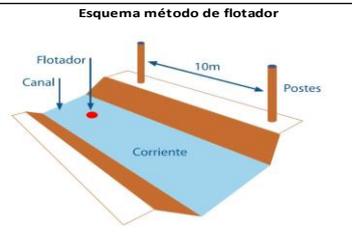
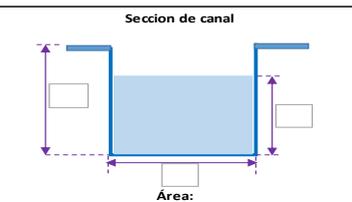
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL																				
	TESIS: _____																			
	TESISTAS: _____	ASESOR: _____																		
	FECHA: _____	N° FICHA: _____																		
FICHA PARA EL CÁLCULO DE CAUDALES POR EL MÉTODO DE FLOTADOR																				
<p style="text-align: center;">Esquema método de flotador</p> 	<p>PROGRESIVA : _____</p> <p>LONG. TRAMO: _____</p> <p style="text-align: right;">TIEMPO (seg)</p> <p>Tiempo N°01: _____</p> <p>Tiempo N°02: _____</p> <p>Tiempo N°03: _____</p> <p>Promedio: _____</p> <p>Tipo de cauce: _____</p> <p>Factor de corrección: _____</p> <p>Precisión velocidad: _____</p>																			
<p style="text-align: center;">Seccion de canal</p>  <p style="text-align: center;">Área: _____</p>	<p>Cálculo de caudal mediante aplicación del método de flotador</p> $Q = CxAxV \quad V = \frac{e}{t}$ <p>V = _____</p> <p>Q = _____</p>																			
<p>Tabla: Factor de corrección (C) para método de flotador.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Tipos de cauce</th> <th>Factor de corrección (C)</th> <th>Precisión Velocidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Canal rectangular con lados y lechos lisos.</td> <td>0.85</td> <td>Buena</td> </tr> <tr> <td>Río profundo y lento.</td> <td>0.75</td> <td>Razonable</td> </tr> <tr> <td>Arroyo pequeño de lecho parejo y liso.</td> <td>0.65</td> <td>Mala</td> </tr> <tr> <td>Arroyo rápida y turbulento.</td> <td>0.45</td> <td>Muy mala</td> </tr> <tr> <td>Arroyo muy poco profundo de lecho rcoso.</td> <td>0.25</td> <td>Muy mala</td> </tr> </tbody> </table> <p style="font-size: small;">Fuente: Dirección General de Infraestructura Agraria y Riego – DGIAR (2015), "Manual de cálculo de eficiencia para sistemas de riego"</p>			Tipos de cauce	Factor de corrección (C)	Precisión Velocidad	Canal rectangular con lados y lechos lisos.	0.85	Buena	Río profundo y lento.	0.75	Razonable	Arroyo pequeño de lecho parejo y liso.	0.65	Mala	Arroyo rápida y turbulento.	0.45	Muy mala	Arroyo muy poco profundo de lecho rcoso.	0.25	Muy mala
Tipos de cauce	Factor de corrección (C)	Precisión Velocidad																		
Canal rectangular con lados y lechos lisos.	0.85	Buena																		
Río profundo y lento.	0.75	Razonable																		
Arroyo pequeño de lecho parejo y liso.	0.65	Mala																		
Arroyo rápida y turbulento.	0.45	Muy mala																		
Arroyo muy poco profundo de lecho rcoso.	0.25	Muy mala																		
<p>TESISTA</p> <p>_____ JULCAPOMA VARGAS HEBER E. DNI: 47844981</p>	<p>TESISTA</p> <p>_____ VILCA FABIAN WILLIAM E. DNI: 48266445</p>	<p>ASESOR</p> <p>_____ NÚÑEZ VÁSQUEZ KELLY E. CIP: 6114</p>																		

Figura 17. Ficha para el cálculo de caudales por el método del flotador.

Formato 02: Ficha de recolección de datos para la determinación de caudales utilizando el vertedero de pared delgada de sección rectangular. Las características hidráulicas de diseño para la sección rectangular son: longitud de la cresta, Umbral, número de contracciones, y longitud de contracción (Ver Anexo n° 6); para lograr las mediciones de la carga hidráulica se realizó diez mediciones (H_1, H_2, \dots, H_{10}), para obtener el caudal de

entrada y salida en cada tramo de estudio, mediante la aplicación de la ecuación de Francis y corregida a partir del coeficiente de descarga (Ce) encontrado durante la calibración de dicho vertedero.

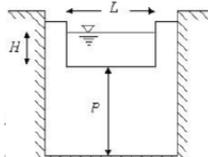
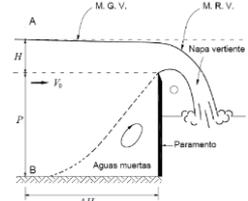
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA																																															
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL																																															
	TESIS:																																														
	TESISTAS:	ASESOR:																																													
		FECHA:	N° FICHA:																																												
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE CAUDALES UTILIZANDO EL VERTEDERO DE PARED DELGADA DE SECCIÓN RECTANGULAR.																																															
<p style="text-align: center; font-weight: bold;">Esquema de vertedero sección rectangular</p>  <p style="text-align: center; font-weight: bold;">Vista perfil de vertedero</p> 	<p>Caudal de entrada () Caudal de salida ()</p> <p>PROGRESIVA : <input style="width: 100px; height: 20px;" type="text"/></p> <p>HORA: <input style="width: 100px; height: 20px;" type="text"/></p> <p>CONDICIÓN DE TIRANTE :</p> <p style="padding-left: 20px;">Vertedero airado () Vertedero ahogado ()</p> <p style="text-align: center; font-weight: bold;">DATOS PRELIMINARES</p> <p>Longitud de cresta (L): -----</p> <p>Umbral del vertedero (P): -----</p> <p>Ancho de canal (B): -----</p> <p>Número de contracciones: -----</p> <p>Longitud de contracción (b): -----</p>																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>N° de ensayo</th> <th>H (cm)</th> <th>Qgen. (m3/s)</th> <th>Qgen. (l/s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	N° de ensayo	H (cm)	Qgen. (m3/s)	Qgen. (l/s)	1				2				3				4				5				6				7				8				9				10				<p style="text-align: center; font-weight: bold;">Ecuación para el cálculo por el método de Francis</p> $Q_{real} = C_d * Q_{teorico}$ $Q_{teorico} = 1.84 * (b - (0.1 * n * H)) * H^{3/2}$ <p style="text-align: center;">C_d = 0.9718</p>		
N° de ensayo	H (cm)	Qgen. (m3/s)	Qgen. (l/s)																																												
1																																															
2																																															
3																																															
4																																															
5																																															
6																																															
7																																															
8																																															
9																																															
10																																															
<p style="font-weight: bold; font-size: small;">TESISTA</p> <p style="font-size: x-small;">JULCAPOMA VARGAS HEBER E. DNI: 47844981</p>	<p style="font-weight: bold; font-size: small;">TESISTA</p> <p style="font-size: x-small;">VILCA FABIAN WILLIAM E. DNI: 48266445</p>	<p style="font-weight: bold; font-size: small;">ASESOR</p> <p style="font-size: x-small;">NÚÑEZ VÁSQUEZ KELLY E. CIP: 161114</p>																																													

Figura 18. Ficha de recolección de datos para la determinación de caudales utilizando el vertedero de pared delgada de sección rectangular.

Para determinar la eficiencia de conducción del canal de riego tres molinos, se utilizó un GPS diferencial (R10), asimismo de una guía de información geográfica virtual “Google Earth”; para la elaboración del levantamiento topográfico e identificar los cinco (5) tramos

de estudio y la inspección del canal. Por tal motivo, se optó en utilizar una cámara fotográfica para identificar mediante imágenes la situación actual, procedimientos, características geométricas del canal de estudio.

De acuerdo a las consideraciones propuestas por el MINAGRI (2004), para utilizar el método del flotador, es necesario utilizar objetos no muy ligeros como tampoco muy pesados (madera, corcho y plástico); juntamente con el cronómetro para determinar el tiempo de recorrido de flotador en un tramo (10m). Por otra parte, se llevará a cabo la medición de caudales de entrada y salida utilizando el vertedero de pared delgada de sección rectangular mediante la carga hidráulica.

La evaporación ($Q_{evp.}$) en el canal de riego Tres Molinos, se determinó a partir de la variación del caudal en el recipiente cilíndrico durante un tiempo de 1 hora; y con ello, encontrar la evaporación de cada tramo en estudio de 1 Km cada uno; teniendo como variables el ancho de canal, longitud de tramo, variación de tiempo de evaporación en el recipiente cilíndrico y variación de tiempo de recorrido de flujo del tramo. Sin embargo, la infiltración en el canal de riego, se obtiene en función del nivel de aguas arriba, longitud del canal, perímetro mojado, velocidad del flujo y constante que depende del tipo de revestimiento del canal.

2.3.3. Técnicas e instrumentos de análisis de datos

En el análisis de datos para los ensayos de la eficiencia de conducción de flujo mediante vertedero de pared delgada de sección rectangular en el Canal de Riego Tres molinos, se realizó utilizando el AutoCAD, Civil 3D, Software Microsoft Excel y Microsoft Word. En primer lugar, se realizar el levantamiento topográfico del canal, para concretizar los datos obtenidos en coordenadas UTM en plano de ubicación, planta y perfil, importante

y fundamental para determinar los tramos correspondientes a la investigación. Así mismo, se desarrolló la calibración del vertedero de pared delgada de sección rectangular en el Canal de Laboratorio de Hidráulica de la Universidad Privada del Norte, donde se inició tomando diez ensayos para caudales variables (caudal real y/o caudal generado), encontrando la altura total (HT) del flujo; para ello se necesitó tener el canal estable y nivelado.

Tabla 9

Datos obtenidos en el ensayo de laboratorio de calibración de vertedero.

ENSAYO	Q(m ³ /min)	HT(cm)	P(cm)
1	0.377	17.765	7.873
2	0.333	15.911	7.873
3	0.311	15.110	7.873
4	0.277	13.959	7.873
5	0.258	13.433	7.873
6	0.248	12.960	7.873
7	0.223	12.281	7.873
8	0.204	11.739	7.873
9	0.147	10.533	7.873
10	0.135	10.171	7.873

La ecuación de calibración para el vertedero de pared delgada de sección rectangular es de tipo exponencial, que se encuentra expresada de la siguiente manera:

Ecuación 22: Ecuación exponencial de calibración de vertedero de pared delgada.

$$Q_{generado} = K \times H^n$$

Sin embargo, para determinar las variables de la ecuación 22, es fundamental calcular los valores de “K” y “n” mediante la aplicación de logaritmos como se muestra en la siguiente ecuación 23.

Ecuación 23: Ecuación para determinar el valor de “K”

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

Ecuación 24: Ecuación general de la recta para determinar el valor de “n”

$$Y = mX + b$$

Donde:

$$Y = \log Q; m = n; X = \log H; b = \log K$$

Tabla 10

Determinación de los valores log H y log Q.

ENSAYO	Qr (l/s)	H(cm)	Log H	Log Q
1	6.277	9.892	0.995	0.798
2	5.542	8.038	0.905	0.744
3	5.190	7.237	0.860	0.715
4	4.623	6.086	0.784	0.665
5	4.302	5.560	0.745	0.634
6	4.133	5.087	0.706	0.616
7	3.720	4.408	0.644	0.571
8	3.399	3.866	0.587	0.531
9	2.449	2.660	0.425	0.389
10	2.250	2.298	0.361	0.352

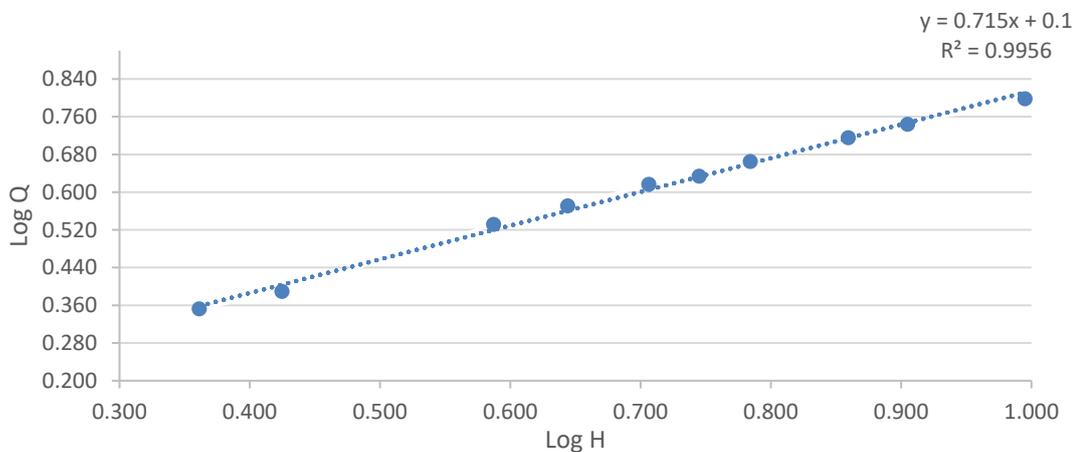


Figura 19. Log Q vs Log H.

De acuerdo a los datos obtenidos, los valores de “K = 1.259” y “n = 0.715” son reemplazadas en la ecuación de calibración.

$$Q_{generado} = 1.259 \times H^{0.715}$$

Mediante la ecuación de calibración se tiene los siguientes resultados:

Tabla 11
Caudales generados y calibrados.

ENSAYO	Qr (l/s)	H(cm)	Q _{gd.}
1	6.277	9.892	6.481
2	5.542	8.038	5.587
3	5.190	7.237	5.183
4	4.623	6.086	4.579
5	4.302	5.560	4.293
6	4.133	5.087	4.028
7	3.720	4.408	3.636
8	3.399	3.866	3.310
9	2.449	2.660	2.534
10	2.250	2.298	2.282

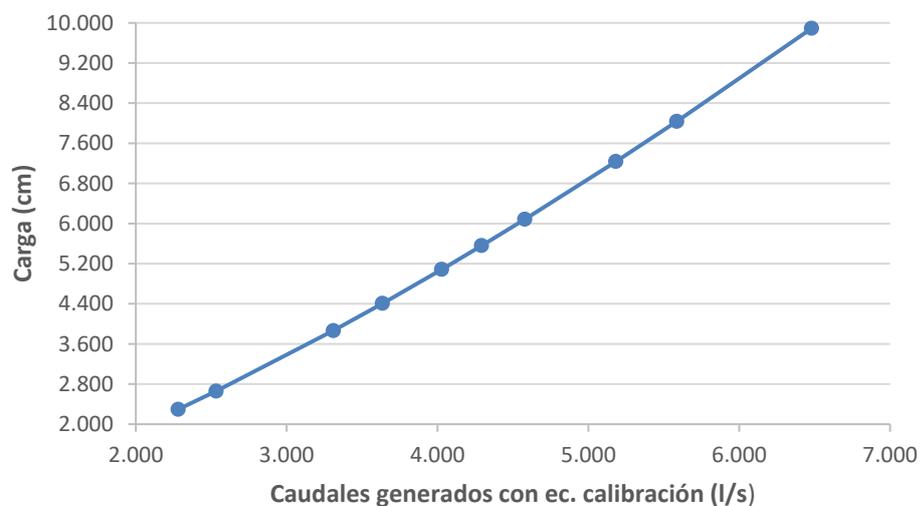


Figura 20. Curva de calibración de vertedero de pared delgada de sección rectangular.

Del mismo modo, se obtuvo las características geométricas del canal (ancho de canal, altura de canal y espesor de revestimiento).



Ilustración 1: Medición de la sección transversal en estudio.

El método de flotador consta de la medición de 03 tiempos (en segundos) que transcurre en transportar un objeto (flotador) en un tramo recto (10 m; logrando realizar 06 ensayos desde la progresiva Km 00+000 hasta el Km 05+000 del canal de Riego Tres Molinos. Por lo tanto, se obtienen como resultados finales la velocidad superficial y el caudal para el diseño de vertederos.



Ilustración 2, 3: Colocación de estacas y delimitación en tramos de 10 m.



Ilustración 4: Llenado de fichas técnica (método de flotador)

Los datos obtenidos del ensayo por el método de flotador se muestran en la tabla 9.

Tabla 12

Tabla resumen del cálculo de caudales por el método de flotador.

N° Ensayos	Progresiva	V. Superficial (m/s)	Caudal (m ³ /s)
Ensayo N° 01	Km 00+000	0.43	0.071
Ensayo N° 02	Km 01+000	0.46	0.070
Ensayo N° 03	Km 02+000	0.39	0.052
Ensayo N° 04	Km 03+000	0.36	0.048
Ensayo N° 05	Km 04+000	0.39	0.042
Ensayo N° 06	Km 05+000	0.33	0.034

En base a los resultados obtenidos en la tabla 9, se realizó el diseño del vertedero con contracción de pared delgada (rectangular), empleando una hoja de acero con un espesor de 2 mm, las cuales cuentan con las dimensiones de la sección transversal del canal y el caudal del mismo, siendo estas fabricadas y colocadas en el punto inicial como también en el punto final de los tramos en estudio.

El **diseño de vertedero de sección rectangular en la progresiva Km00+000**, el diseño del vertedero de pared delgada de sección rectangular en esta progresiva se utilizará la Ecuación 10, iniciando con la asignación del valor de coeficiente de descarga, longitud de cresta y carga hidráulica ($C_d = 0.64$, $L = 0.50$ y $h = 0.18$), luego colocaremos como aceleración gravitatoria ($g = 9.81 \text{ m}^2/\text{s}$).

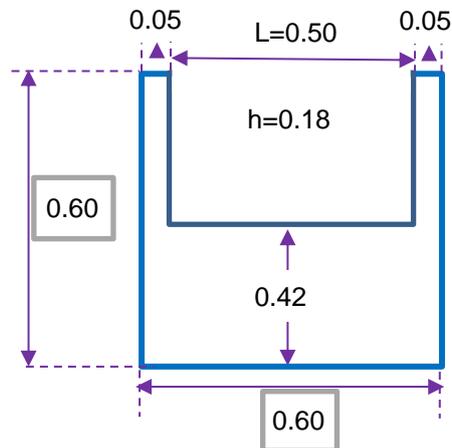
$$Q = \frac{2}{3} \sqrt{2g} c_d L H^{1.5}$$

$$Q = \frac{2}{3} \sqrt{2(9.81)} * (0.64) * (0.50) * (0.18)^{1.5}$$

$$Q = 0.072 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{diseño}} = 0.072 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} > Q_{\text{flotador}} = 0.071 \text{ m}^3/\text{s} \text{ ----- ok}$$

Siendo el caudal de diseño mayor que el caudal encontrado por el método de flotador, se puede afirmar que las características geométricas presentadas cumplen con las condiciones de diseño para el caso de vertedero de sección rectangular.



El **diseño de vertedero de sección rectangular en la progresiva Km01+000**, el diseño del vertedero de pared delgada de sección rectangular en esta progresiva se utilizará la Ecuación 10, iniciando con la asignación del valor de coeficiente de descarga, longitud de cresta y carga hidráulica ($C_d = 0.64$, $L = 0.50$ y $h = 0.18$), luego colocaremos como aceleración gravitatoria ($g = 9.81 \text{ m}^2/\text{s}$).

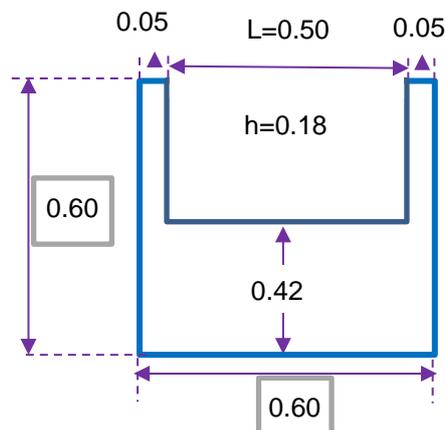
$$Q = \frac{2}{3} \sqrt{2g} c_d L H^{1.5}$$

$$Q = \frac{2}{3} \sqrt{2(9.81)} * (0.64) * (0.50) * (0.18)^{1.5}$$

$$Q = 0.072 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{diseño}} = 0.072 \text{ m}^3/\text{s} > Q_{\text{flotador}} = 0.070 \text{ m}^3/\text{s} \text{ ----- ok}$$

Siendo el caudal de diseño mayor que el caudal encontrado por el método de flotador, se puede afirmar que las características geométricas presentadas cumplen con las condiciones de diseño para el caso de vertedero de sección rectangular.



El diseño de vertedero de sección rectangular en la progresiva Km02+000, el diseño del vertedero de pared delgada de sección rectangular en esta progresiva se utilizará la Ecuación 10, iniciando con la asignación del valor de coeficiente de descarga, longitud de cresta y carga hidráulica ($C_d = 0.64$, $L = 0.50$ y $h = 0.15$), luego colocaremos como aceleración gravitatoria ($g = 9.81 \text{ m}^2/\text{s}$).

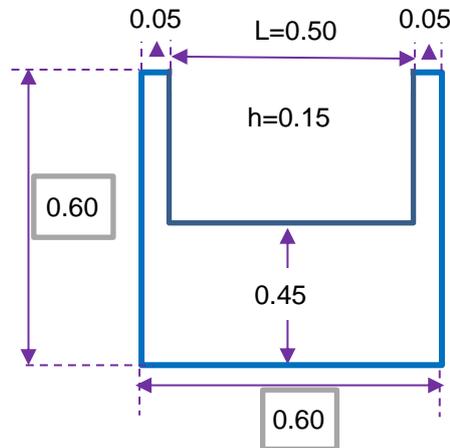
$$Q = \frac{2}{3} \sqrt{2g} c_d L H^{1.5}$$

$$Q = \frac{2}{3} \sqrt{2(9.81)} * (0.64) * (0.50) * (0.15)^{1.5}$$

$$Q = 0.055 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{diseño}} = 0.055 \text{ m}^3/\text{s} > Q_{\text{flotador}} = 0.052 \text{ m}^3/\text{s} \text{ ----- ok}$$

Siendo el caudal de diseño mayor que el caudal encontrado por el método de flotador, se puede afirmar que las características geométricas presentadas cumplen con las condiciones de diseño para el caso de vertedero de sección rectangular.



El diseño de vertedero de sección rectangular en la progresiva Km03+000, el diseño del vertedero de pared delgada de sección rectangular en esta progresiva se utilizará la Ecuación 10, iniciando con la asignación del valor de coeficiente de descarga, longitud de cresta y carga hidráulica ($C_d = 0.64$, $L = 0.50$ y $h = 0.14$), luego colocaremos como aceleración gravitatoria ($g = 9.81 \text{ m}^2/\text{s}$).

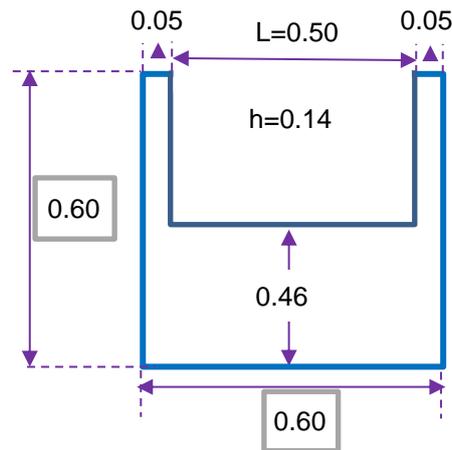
$$Q = \frac{2}{3} \sqrt{2g} c_d L H^{1.5}$$

$$Q = \frac{2}{3} \sqrt{2(9.81)} * (0.64) * (0.50) * (0.14)^{1.5}$$

$$Q = 0.049 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{diseño} = 0.049 \text{ m}^3/\text{s} > Q_{flotador} = 0.048 \text{ m}^3/\text{s} \text{ ----- ok}$$

Siendo el caudal de diseño mayor que el caudal encontrado por el método de flotador, se puede afirmar que las características geométricas presentadas cumplen con las condiciones de diseño para el caso de vertedero de sección rectangular.



El diseño de vertedero de sección rectangular en la progresiva Km04+000, el diseño del vertedero de pared delgada de sección rectangular en esta progresiva se utilizará la Ecuación 10, iniciando con la asignación del valor de coeficiente de descarga, longitud de cresta y carga hidráulica ($C_d = 0.64$, $L = 0.50$ y $h = 0.14$), luego colocaremos como aceleración gravitatoria ($g = 9.81 \text{ m}^2/\text{s}$).

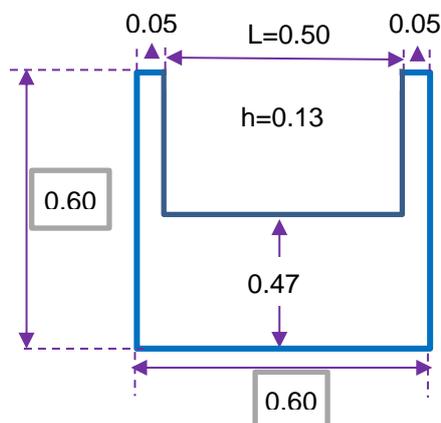
$$Q = \frac{2}{3} \sqrt{2g} c_d L H^{1.5}$$

$$Q = \frac{2}{3} \sqrt{2(9.81)} * (0.64) * (0.50) * (0.13)^{1.5}$$

$$Q = 0.044 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{diseño}} = 0.044 \text{ m}^3/\text{s} > Q_{\text{flotador}} = 0.042 \text{ m}^3/\text{s} \text{ ----- ok}$$

Siendo el caudal de diseño mayor que el caudal encontrado por el método de flotador, se puede afirmar que las características geométricas presentadas cumplen con las condiciones de diseño para el caso de vertedero de sección rectangular.



El **diseño de vertedero de sección rectangular en la progresiva Km05+000**, el diseño del vertedero de pared delgada de sección rectangular en esta progresiva se utilizará la Ecuación 10, iniciando con la asignación del valor de coeficiente de descarga, longitud de cresta y carga hidráulica ($C_d = 0.64$, $L = 0.50$ y $h = 0.11$), luego colocaremos como aceleración gravitatoria ($g = 9.81 \text{ m}^2/\text{s}$).

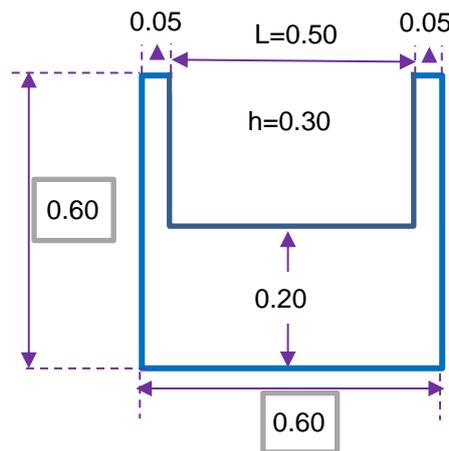
$$Q = \frac{2}{3} \sqrt{2g} c_d L H^{1.5}$$

$$Q = \frac{2}{3} \sqrt{2(9.81)} * (0.64) * (0.50) * (0.11)^{1.5}$$

$$Q = 0.035 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{diseño}} = 0.035 \text{ m}^3/\text{s} > Q_{\text{flotador}} = 0.034 \text{ m}^3/\text{s} \text{ ----- ok}$$

Siendo el caudal de diseño mayor que el caudal encontrado por el método de flotador, se puede afirmar que las características geométricas presentadas cumplen con las condiciones de diseño para el caso de vertedero de sección rectangular.



El **vertedero de pared delgada de sección triangular** se utilizará para acaudales inferiores a los 20 l/s, donde presenta mayor precisión; por ende, en la presente investigación no se aplicará esta sección de vertedero por que presenta caudales mayores a lo mencionado.

Del mismo modo, el **vertedero de pared delgada de sección trapezoidal tipo cipolletti** se utilizará la Ecuación 21; del mismo modo, debe cumplir las siguientes restricciones: $0.08 \text{ m} \leq H \leq 0.60 \text{ m}$; $2H \leq b$; $3H \leq L$ y $3H \leq P$; para ello, se inicia con la asignación del valor de coeficiente de descarga, carga hidráulica y base del trapecio ($C_d = 0.63$, $h=0.08$ y $L=0.24$), luego colocaremos como aceleración gravitatoria ($g=9.81 \text{ m}^2/\text{s}$) y como ángulo de $14^\circ 2'$, es decir una pendiente de 25% (1H:4V).

$$Q = 0.63 \frac{2}{3} \sqrt{2g} L H^{1.5}$$

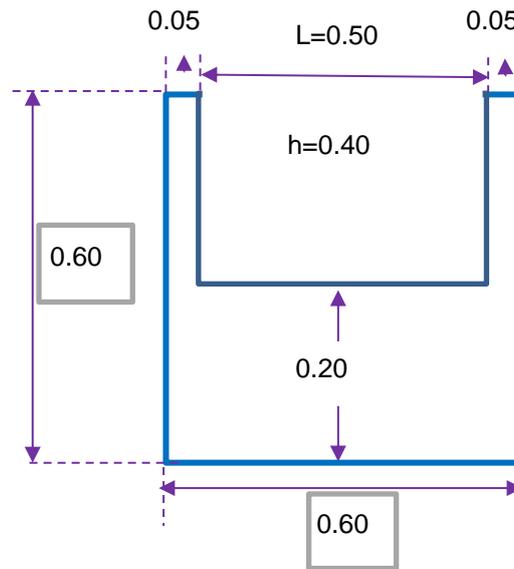
$$Q = 0.63 * \frac{2}{3} \sqrt{2(9.81)} * (0.50) * (0.08)^{1.5}$$

$$Q = 0.010 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{diseño}} = 0.010 \text{ m}^3/\text{s} > Q_{\text{flotador}} = 0.071 \text{ m}^3/\text{s} \text{ ----- NO CUMPLE}$$

El vertedero trapezoidal de tipo cipolletti, al realizar el diseño con los valores mínimos se puede apreciar que el valor del caudal de diseño es menor al caudal calculado por el método de flotador; considerándose que esta sección de vertedero de pared delgada de sección trapezoidal tipo cipolletti no es aplicable como instrumento de medición de caudales en el canal de estudio.

Luego de haber realizado el diseño de vertederos de pared delgada de sección rectangular, se determinó utilizar una sección de vertedero más crítico. Considerándose para el vertedero de sección rectangular un umbral de 0.20m, longitud de vertedero de 0.5m, contracción de 0.05 y carga hidráulica máxima de 0.40m.



Una vez diseñados el vertedero de sección rectangular para cada tramo de estudio; se inició con la ubicación y colocación del vertedero en la pestaña donde se realizó el primer ensayo por el método de flotador.



Ilustración 5: Ubicación exacta de la pestaña para incrustar el vertedero.



Ilustración 6, 7: Colocación de vertedero rectangular en la pestaña en el lugar de estudio.

Luego de colocar y asegurar el vertedero en la pestaña, se procede a esperar un lapso de tiempo con la finalidad de visualizar que el flujo sea nivelado hasta alcanzar la altura de la cresta, logrando conseguir la altura adecuada para la medición de la carga hidráulica (H), este hecho se realizó para todos los tramos. Al mismo tiempo se procedió a realizar diez veces el mismo ensayo para cada sección, así como en cada tramo de análisis durante el periodo de las dos semanas de forma interdiaria (lunes, miércoles y viernes).



Ilustración 8: Nivelación de flujo para cada vertedero.

Antes de iniciar con la medida de la carga hidráulica (H) se precede a dar una longitud de 1 m desde el punto de colocación del vertedero; posteriormente se mide la carga hidráulica (H) mediante una regla graduada, mostrado en el formato denominado “*ficha de recolección de datos para la determinación de caudales utilizando el vertedero de pared delgada de sección rectangular*”.



Ilustración 9: Longitud de 1m para la toma de datos (H).



Ilustración 10, 11: Medida desde la base del canal hasta la superficie del flujo.



Ilustración 12: Toma de datos de la carga hidráulica.

El **ensayo de evaporación**, donde se colocó agua en un recipiente cilíndrico (balde graduado de 20 ltrs.), durante 60 min. Expuestos a los factores meteorológicos, radiación solar, temperatura del aire, temperatura del agua, presión del vapor, viento y presión atmosférica; el cual involucra en la variación del volumen de agua evaporada, dicho procedimiento se realizó en todos los tramos correspondientes a la muestra del canal de conducción Tres Molinos. Para ello, utilizó las 03 y 04.

Finalmente se procede a llevar los datos recolectados en campo a gabinete para luego ser procesados y analizados según corresponde la investigación; para llegar a definir si el Canal de riego Tres Molinos se encuentra en la categoría Inaceptable de acuerdo a la hipótesis planteada.

Para esta investigación es muy importante tener como prioridad la ética impartida que nos ejerció nuestra institución, ya que habla de nuestra transparencia, responsabilidad y respeto hacia las demás personas como también profesionales; indicando que este estudio es considerado un gran apoyo hacia la sociedad y comunidades cercanas, asimismo aclaro que como investigadores tenemos el compromiso de tener la autorización del presidente del

canal de riego como también hacer de conocimiento que toda información y resultados obtenidos acerca del canal de Riego Tres Molinos son verdaderos y únicos, sin tener ninguna modificación en sus resultados.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

En el presente capítulo se presentan los resultados para determinar la eficiencia de conducción del canal de riego Tres Molinos; para ello se diseñó el vertedero de pared delgada de sección rectangular cumpliendo todos los criterios de diseño. Como también se realizó la calibración en el Canal de Laboratorio de Hidráulica de la Universidad Privada del Norte.

Respondiendo al objetivo específico para determinar la pérdida del caudal por infiltración y evaporación obtenidos entre las fechas del 19/09/2022 hasta el 30/09/2022; en las fichas de recolección de datos técnicos mostradas entre las Tablas 13 al Tablas 18; donde indican el caudal perdido por cada tramo de estudio desde la progresiva Km 00+000 al Km 05+000.

Tabla 13

Datos obtenidos del caudal de evaporación e infiltración del día 19/09/2022.

	Km 00+000	Km 01+000	Km 02+000	Km 03+000	Km 04+000
Altura de flujo	AL	AL	AL	AL	AL
	Km 01+000	Km 02+000	Km 03+000	Km 04+000	Km 05+000
H de agua del canal (m)	0.320	0.300	0.260	0.260	0.210
Δh de evaporación (m)	0.001	0.0015	0.0012	0.0011	0.0011
Tiempo de recorrido de flujo en el canal (horas)	0.585	0.625	0.665	0.780	0.458
V (m/s)	0.475	0.444	0.418	0.356	0.606
Vol. Evp. (m3)	0.351	0.563	0.479	0.515	0.303
Q evp (m3/s)	0.00017	0.000250	0.000200	0.000183	0.000183
SL (m3)	0.00095	0.000903	0.000804	0.000804	0.000682

Tabla 14

Datos obtenidos del caudal de evaporación e infiltración del día 21/09/2022.

	Km 00+000	Km 01+000	Km 02+000	Km 03+000	Km 04+000
Altura de flujo	AL	AL	AL	AL	AL
	Km 01+000	Km 02+000	Km 03+000	Km 04+000	Km 05+000
H de agua del canal (m)	0.310	0.295	0.260	0.250	0.200
Δh de evaporación (m)	0.0011	0.0020	0.0009	0.0010	0.0014
Tiempo de recorrido de flujo en el canal (horas)	0.593	0.618	0.698	0.775	0.455
V (m/s)	0.468	0.449	0.398	0.358	0.611
Vol. Evp. (m3)	0.392	0.742	0.377	0.465	0.000
Q evp (m3/s)	0.0001833	0.0003333	0.0001500	0.0001667	0.0000001
SL (m3)	0.0009283	0.0008907	0.0008037	0.0007792	0.0006574

Tabla 15

Datos obtenidos del caudal de evaporación e infiltración del día 23/09/2022.

	Km 00+000	Km 01+000	Km 02+000	Km 03+000	Km 04+000
Altura de flujo	AL	AL	AL	AL	AL
	Km 01+000	Km 02+000	Km 03+000	Km 04+000	Km 05+000
H de agua del canal (m)	0.315	0.290	0.250	0.240	0.195
Δh de evaporación (m)	0.002	0.0013	0.0010	0.0011	0.0016
Tiempo de recorrido de flujo en el canal (horas)	0.588	0.627	0.703	0.779	0.452
V (m/s)	0.472	0.443	0.395	0.357	0.615
Vol. Evp. (m3)	0.706	0.489	0.422	0.514	0.434
Q evp (m3/s)	0.0003333	0.0002167	0.0001667	0.0001833	0.0002667
SL (m3)	0.0009409	0.0008782	0.0007791	0.0007546	0.0006454

Tabla 16

Datos obtenidos del caudal de evaporación e infiltración del día 26/09/2022.

	Km 00+000	Km 01+000	Km 02+000	Km 03+000	Km 04+000
Altura de flujo	AL	AL	AL	AL	AL
	Km 01+000	Km 02+000	Km 03+000	Km 04+000	Km 05+000
H de agua del canal (m)	0.310	0.300	0.270	0.250	0.220
Δh de evaporación (m)	0.001	0.0010	0.0008	0.0011	0.0009
Tiempo de recorrido de flujo en el canal (horas)	0.595	0.622	0.708	0.772	0.465
V (m/s)	0.467	0.447	0.392	0.360	0.597
Vol. Evp. (m3)	0.714	0.373	0.340	0.509	0.251
Q evp (m3/s)	0.0003333	0.0001667	0.0001333	0.0001833	0.0001500
SL (m3)	0.0009283	0.0009032	0.0008284	0.0007791	0.0007058

Tabla 17

Datos obtenidos del caudal de evaporación e infiltración del día 28/09/2022.

	Km 00+000	Km 01+000	Km 02+000	Km 03+000	Km 04+000
Altura de flujo	AL	AL	AL	AL	AL
	Km 01+000	Km 02+000	Km 03+000	Km 04+000	Km 05+000
H de agua del canal (m)	0.315	0.310	0.255	0.251	0.180
Δh de evaporación (m)	0.001	0.0013	0.0008	0.0011	0.0011
Tiempo de recorrido de flujo en el canal (horas)	0.586	0.620	0.700	0.768	0.464
V (m/s)	0.474	0.448	0.397	0.362	0.598
Vol. Evp. (m3)	0.352	0.484	0.336	0.507	0.306
Q evp (m3/s)	0.0001667	0.0002167	0.0001333	0.0001833	0.0001833
SL (m3)	0.0009409	0.0009283	0.0007914	0.0007816	0.0006094

Tabla 18

Datos obtenidos del caudal de evaporación e infiltración del día 30/09/2022.

Altura de flujo	Km				
	Km 00+000	Km 01+000	Km 02+000	Km 03+000	Km 04+000
	AL	AL	AL	AL	AL
	Km 01+000	Km 02+000	Km 03+000	Km 04+000	Km 05+000
H de agua del canal (m)	0.325	0.305	0.245	0.240	0.182
Δh de evaporación (m)	0.001	0.0015	0.0002	0.0009	0.0015
Tiempo de recorrido de flujo en el canal (horas)	0.591	0.625	0.705	0.778	0.454
V (m/s)	0.470	0.444	0.394	0.357	0.612
Vol. Evp. (m ³)	0.461	0.563	0.076	0.420	0.408
Q evp (m ³ /s)	0.0002167	0.0002500	0.0000300	0.0001500	0.0002500
SL (m ³)	0.0009662	0.0009157	0.0007669	0.0007546	0.0006142

El caudal perdido promedio por evaporación se muestra en la tabla 19, para cada tramo en estudio entre las fechas del 19/09/2022 al 30/09/2022; teniendo los siguientes resultados de 0.0002333 m³/s, 0.0002389 m³/s, 0.0001356 m³/s, 0.0001750 m³/s y 0.0001722 m³/s; obteniéndose como una pérdida de caudal promedio total de 0.0001910 m³/s en todo el canal de conducción Tres Molinos.

Tabla 19

Caudal de evaporación obtenidos entre las fechas del 19/09/2022 al 30/09/2022.

FECHA	Km				
	Km 00+000	Km 01+000	Km 02+000	Km 03+000	Km 04+000
	AL	AL	AL	AL	AL
	Km 01+000	Km 02+000	Km 03+000	Km 04+000	Km 05+000
19/09/2022	0.0001667	0.0002500	0.0002000	0.0001833	0.0001833
21/09/2022	0.0001833	0.0003333	0.0001500	0.0001667	0.0000001
23/09/2022	0.0003333	0.0002167	0.0001667	0.0001833	0.0002667
26/09/2022	0.0003333	0.0001667	0.0001333	0.0001833	0.0001500
28/09/2022	0.0001667	0.0002167	0.0001333	0.0001833	0.0001833
30/09/2022	0.0002167	0.0002500	0.0000300	0.0001500	0.0002500
Q evp. Prom. (m³/s)	0.0002333	0.0002389	0.0001356	0.0001750	0.0001722

Q evp. Prom. total (m3/s)

0.0001910



Figura 21. Variación del caudal de pérdida por evaporación en el canal de conducción tres molinos.

En la figura 21, se muestra la variación del caudal perdido por evaporación por cada tramo de estudio del canal conducción Tres Molinos.

El caudal perdido promedio por infiltración se muestra en la tabla 20, para cada tramo en estudio entre las fechas del 19/09/2022 al 30/09/2022; teniendo los siguientes resultados de 0.0009430 m3/s, 0.0009032 m3/s, 0.0007956 m3/s, 0.0007755 m3/s y 0.0006523 m3/s; obteniéndose como una pérdida de caudal promedio total de 0.0008139 m3/s en todo el canal de conducción Tres Molinos.

Tabla 20

Caudal de infiltración obtenidos entre las fechas del 19/09/2022 al 30/09/2022.

FECHA	Km 00+000	Km 01+000	Km 02+000	Km 03+000	Km 04+000
	AL	AL	AL	AL	AL
	Km 01+000	Km 02+000	Km 03+000	Km 04+000	Km 05+000
19/09/2022	0.0009536	0.0009032	0.0008037	0.0008038	0.0006816
21/09/2022	0.0009283	0.0008907	0.0008037	0.0007792	0.0006574
23/09/2022	0.0009409	0.0008782	0.0007791	0.0007546	0.0006454
26/09/2022	0.0009283	0.0009032	0.0008284	0.0007791	0.0007058
28/09/2022	0.0009409	0.0009283	0.0007914	0.0007816	0.0006094
30/09/2022	0.0009662	0.0009157	0.0007669	0.0007546	0.0006142
Q SL prom. (m3)	0.0009430	0.0009032	0.0007956	0.0007755	0.0006523

Q SL Prom. total (m3)

0.0008139

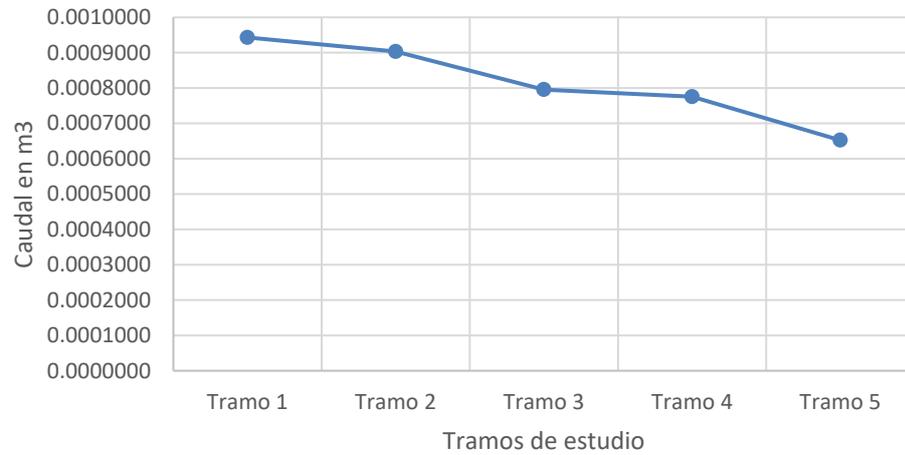


Figura 22. Variación del caudal de pérdida por infiltración en el canal de conducción tres molinos.

En la figura 22, se muestra la variación del caudal perdido por infiltración por cada tramo de estudio del canal conducción Tres Molinos.

Del mismo modo, la recolección de datos obtenidos de los caudales de entrada y salida en cada tramo en dos semanas entre las fechas del 19/09/2022 hasta el 30/09/2022; obtenidas a partir de las fichas de recolección de datos técnicos, se muestran en las siguientes tablas (Tablas 21 - Tablas 26), desde la progresiva Km 00+000 al Km 05+000.

Tabla 21

Caudal utilizando vertederos de pared delgada del día 19/09/2022.

Progresiva	H (m)	Q(m3/s)	Q(l/s)
Km 00+000	20.120	0.074	74.244
Km 01+000	18.480	0.066	65.789
Km 02+000	16.800	0.057	57.444
Km 03+000	12.070	0.036	35.711
Km 04+000	8.670	0.022	22.055
Km 05+000	5.200	0.010	10.427

Tabla 22

Caudal utilizando vertederos de pared delgada del día 21/09/2022.

Progresiva	H (m)	Q(m3/s)	Q(l/s)
Km 00+000	20.550	0.076	76.475
Km 01+000	18.290	0.065	64.835
Km 02+000	16.620	0.057	56.587
Km 03+000	11.610	0.034	33.747
Km 04+000	8.630	0.022	21.900
Km 05+000	5.160	0.010	10.301

Tabla 23

Caudal utilizando vertederos de pared delgada del día 23/09/2022.

Progresiva	H (m)	Q(m3/s)	Q(l/s)
Km 00+000	20.046	0.074	73.836
Km 01+000	18.390	0.065	65.334
Km 02+000	16.530	0.056	56.135
Km 03+000	12.020	0.035	35.500
Km 04+000	8.450	0.021	21.246
Km 05+000	5.060	0.010	10.011

Tabla 24

Caudal utilizando vertederos de pared delgada del día 26/09/2022.

Progresiva	H (m)	Q(m3/s)	Q(l/s)
Km 00+000	20.060	0.074	73.929
Km 01+000	18.460	0.066	65.687
Km 02+000	16.741	0.057	57.157
Km 03+000	11.900	0.035	34.973
Km 04+000	8.560	0.022	21.647
Km 05+000	4.935	0.010	9.650

Tabla 25

Caudal utilizando vertederos de pared delgada del día 28/09/2022.

Progresiva	H (m)	Q(m³/s)	Q(l/s)
Km 00+000	21.150	0.080	79.652
Km 01+000	19.390	0.070	70.426
Km 02+000	17.790	0.062	62.326
Km 03+000	13.080	0.040	40.108
Km 04+000	9.670	0.026	25.866
Km 05+000	6.120	0.013	13.241

Tabla 26

Caudal utilizando vertederos de pared delgada del día 30/09/2022.

Progresiva	H (m)	Q(m³/s)	Q(l/s)
Km 00+000	20.783	0.078	77.719
Km 01+000	18.110	0.064	63.955
Km 02+000	16.590	0.056	56.433
Km 03+000	11.870	0.035	34.867
Km 04+000	8.436	0.021	21.230
Km 05+000	5.290	0.011	10.698

Luego de obtener los caudales en cada progresiva, se identifica los caudales de entrada y salida para cada tramo de estudio (1 Km); fundamental para el cálculo de la eficiencia de conducción (Ecuación 2), mediante la utilización de vertederos de pared delgada; mostradas entre las tablas 27 – tabla 32.

Tabla 27

Eficiencia de conducción por tramos del día 19/09/2022.

Progresiva	Qi (l/s)	Qf (l/s)	Efc. (%)
Km 00+000 - Km 01+000	74.24	65.79	88.611%
Km 01+000 - Km 02+000	65.79	57.44	87.315%
Km 02+000 - Km 03+000	57.44	35.71	62.167%
Km 03+000 - Km 04+000	35.71	22.06	61.761%
Km 04+000 - Km 05+000	22.06	10.43	47.278%

Tabla 28

Eficiencia de conducción por tramos del día 21/09/2022.

Progresiva	Qi (l/s)	Qf (l/s)	Efc. (%)
Km 00+000 - Km 01+000	76.47	64.83	84.779%
Km 01+000 - Km 02+000	64.83	56.59	87.279%
Km 02+000 - Km 03+000	56.59	33.75	59.637%
Km 03+000 - Km 04+000	33.75	21.90	64.895%
Km 04+000 - Km 05+000	21.90	10.30	47.038%

Tabla 29

Eficiencia de conducción por tramos del día 23/09/2022.

Progresiva	Qi (l/s)	Qf (l/s)	Efc. (%)
Km 00+000 - Km 01+000	73.84	65.33	88.485%
Km 01+000 - Km 02+000	65.33	56.14	85.920%
Km 02+000 - Km 03+000	56.14	35.50	63.240%
Km 03+000 - Km 04+000	35.50	21.25	59.849%
Km 04+000 - Km 05+000	21.25	10.01	47.118%

Tabla 30

Eficiencia de conducción por tramos del día 26/09/2022.

Progresiva	Qi (l/s)	Qf (l/s)	Efc. (%)
Km 00+000 - Km 01+000	73.93	65.69	88.852%
Km 01+000 - Km 02+000	65.69	57.16	87.014%
Km 02+000 - Km 03+000	57.16	34.97	61.187%
Km 03+000 - Km 04+000	34.97	21.65	61.898%
Km 04+000 - Km 05+000	21.65	9.65	44.578%

Tabla 31

Eficiencia de conducción por tramos del día 28/09/2022.

Progresiva	Qi (l/s)	Qf (l/s)	Efc. (%)
Km 00+000 - Km 01+000	79.65	70.43	88.418%
Km 01+000 - Km 02+000	70.43	62.33	88.499%
Km 02+000 - Km 03+000	62.33	40.11	64.352%
Km 03+000 - Km 04+000	40.11	25.87	64.490%
Km 04+000 - Km 05+000	25.87	13.24	51.192%

Tabla 32

Eficiencia de conducción por tramos del día 30/09/2022.

Progresiva	Qi (l/s)	Qf (l/s)	Efc. (%)
Km 00+000 - Km 01+000	77.72	63.96	82.291%
Km 01+000 - Km 02+000	63.96	56.43	88.238%
Km 02+000 - Km 03+000	56.43	34.87	61.785%
Km 03+000 - Km 04+000	34.87	21.23	60.888%
Km 04+000 - Km 05+000	21.23	10.70	50.390%

Respondiendo al objetivo específico para la determinación de la eficiencia de conducción del canal de riego Tres Molinos utilizando el vertedero de pared delgada de sección rectangular; de acuerdo a la tabla 33 se tiene una eficiencia promedio para el primer,

segundo, tercer, cuarto y quinto tramo de estudio de 86.906%, 87.377%, 62.061%, 62.297% y 47.932% respectivamente; de ello, se tiene una eficiencia de conducción del canal de riego Tres Molinos de 69.315%.

Tabla 33

Eficiencia de conducción por cada tramo de estudio.

FECHA	Km 00+000	Km 01+000	Km 02+000	Km 03+000	Km 04+000
	AL	AL	AL	AL	AL
	Km 01+000	Km 02+000	Km 03+000	Km 04+000	Km 05+000
19/09/2022	88.611%	87.315%	62.167%	61.761%	47.278%
21/09/2022	84.779%	87.279%	59.637%	64.895%	47.038%
23/09/2022	88.485%	85.920%	63.240%	59.849%	47.118%
26/09/2022	88.852%	87.014%	61.187%	61.898%	44.578%
28/09/2022	88.418%	88.499%	64.352%	64.490%	51.192%
30/09/2022	82.291%	88.238%	61.785%	60.888%	50.390%
Efc. Prom.	86.906%	87.377%	62.061%	62.297%	47.932%
EFc. Prom. Total	69.315%				

En la figura 23, muestra la variación de la eficiencia de conducción de cada tramo analizado durante el periodo de las dos semanas comprendidas entre los días 19/09/2022 al 30/09/2022. Los resultados muestran una eficiencia de conducción decreciente de acuerdo al avance de los tramos.

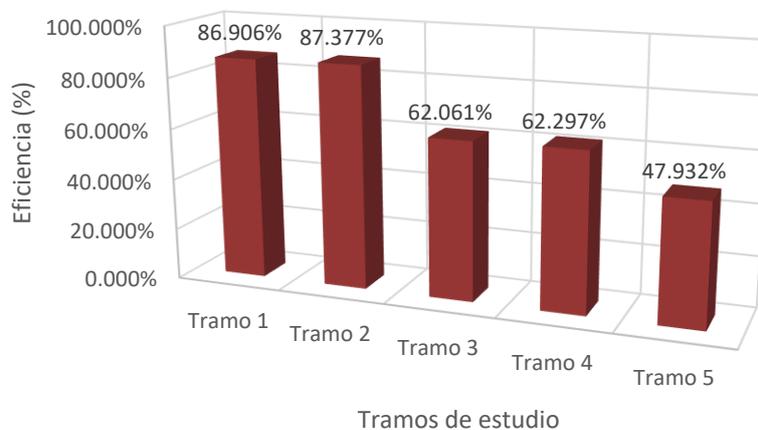


Figura 23. Variación de la eficiencia de conducción mediante Vertedero de pared delgada.

El canal de riego Tres Molinos, muestra una eficiencia de conducción promedio de 69.315% utilizando el vertedero de sección rectangular; analizada mediante las categorías de eficiencia propuestas por Villavicencio (2021) en su investigación denominada “Determinación del coeficiente de uniformidad de caudal en sistemas de riego localizado”, se tiene como categoría “Inaceptable” en un rango de $<70\%$.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En la presente investigación para la determinación de la eficiencia de conducción del canal de riego Tres Molinos; se presentó como **limitación** el diseño del vertedero de pared delgada de sección triangular, puesto que, es aplicable para caudales inferiores a los 20 l/s, donde presenta mayor precisión de medición de caudales; del mismo modo el vertedero de sección trapezoidal; mismo que, de acuerdo a las características geométricas (dimensiones de la sección transversal) del canal de estudio no es aplicable como instrumento de medición de caudales, ya que, existen criterios de diseño que se debe cumplir como: $0.08 \text{ m} \leq H \leq 0.60 \text{ m}$; $2H \leq b$; $3H \leq L$ y $3H \leq P$. Otra de las limitaciones presentadas en la investigación, son los cambios climáticos (lluvias) entre los primeros cinco meses del año 2022, no permitiendo realizar los ensayos de la medición de caudales para la eficiencia del canal en estudio; donde esto ha conllevado el cierre de la compuerta de bocatoma en su totalidad, existiendo un flujo de agua esporádica e inestable.

Según Tipantiza (2020) en su investigación realizada en el ramal Alangasí – La Merced, Ecuador; determinó la eficiencia de conducción utilizando herramientas de medición (vertedero de pared delgada), encontrando un valor promedio de 93.41% de eficiencia del canal revestido. Así mismo, en la presente investigación se determina una eficiencia promedio del canal revestido de 69.315%; encontrando una variación de 24.10% utilizando el vertedero de sección rectangular, respecto a la eficiencia de conducción; dicha variación se encuentra por debajo del resultado presentado por Tipantiza.

Del mismo modo, Yungán (2019) realizó su investigación en el ramal Churolooma, perteneciente al sistema de riego Tumbaco – Ecuador, determinó la eficiencia de conducción promedio del canal revestido es de 93.37% siendo una eficiencia de categoría *Buena*. Al realizar a comparación con los resultados de la investigación se tiene una variación de

24.05% utilizando el vertedero de pared delgada de sección rectangular; estando por debajo de los resultados obtenido por Yungán.

De acuerdo a Vela (2019) investigación realizada en Chichipata, perteneciente al sistema de riego Tumbaco – Ecuador, encontró una eficiencia de conducción promedio del canal revestido de 96.40% utilizando como instrumento vertederos de pared delgada, siendo una eficiencia *Alta*. Al realizar una comparación con los resultados obtenidos en esta investigación se tiene un que existe una variación de 27.09% utilizando vertedero de sección rectangular, estando por debajo de los resultados obtenido por Vela.

Para Tuyume (2021) presenta una investigación realizada en el Sector Santa Elena, Huaral; el cual evalúa la eficiencia de conducción del canal sin revestimiento, obteniendo un valor de 46.67%, considerando una eficiencia de conducción *Mala*. Al realizar a comparación con los resultados de la investigación se tiene una variación de 22.65% utilizando vertedero de pared delgada de sección rectangular; es por ello, que el canal con revestimiento es de mayor eficiencia que un canal sin revestir, estando por encima de los resultados obtenidos por Tuyume.

Además, Polo (2020), realizo una investigación en el canal revestido Caso Puerto El Cura, ubicada a la margen derecha del río Tumbes; encontrando una eficiencia de conducción de 89.60%, considerándose una eficiencia de conducción *Buena*. Al realizar la comparación con los resultados obtenidos se tiene una diferencia de 20.29% utilizando el vertedero de sección rectangular; siendo inferiores los resultados encontrados en esta investigación.

Igualmente, Aquino y Gonzales (2020) determinaron la eficiencia de conducción del canal San Rumualdo, perteneciente al subsector hidráulico Lambayeque obteniendo un valor de promedio de 99.20%, considerándose una eficiencia de conducción *Buena*; por lo cual, al comparar con los resultados de la investigación realizada en el canal de riego Tres Molinos

se tiene una diferencia de 29.89% utilizando vertedero de sección rectangular; encontrando que los resultados obtenidos se encuentran por debajo de los obtenidos en la investigación de Aquino y Gonzales.

Además, Nizama (2020) realizó su investigación en Sinchao canal lateral de primer orden, perteneciente al sector hidráulico Sinchao Parte Alta – Junta de Usuarios del Sector Hidráulico Medio y Bajo Piura, obteniendo una eficiencia de conducción de 97.83%, considerándose una eficiencia de conducción *Buena*. Donde muestra una diferencia de 28.52% utilizando vertederos de sección rectangular respecto a los resultados obtenidos en la presente investigación.

Con respecto a Vértiz (2017) en su trabajo de investigación realizados en el canal Guadalupe y de los laterales Tubo, Ardaiza y Punta del subsector hidráulico Gualupe; el mismo que ha obtenido una eficiencia de conducción del canal revestido de 99.44%, considerándose una eficiencia de conducción *Regularmente Alta*. Al realizar la comparación de la eficiencia de conducción determinado en la presente investigación utilizando vertederos de sección rectangular se tiene una variación de 30.13%; siendo inferiores los resultados encontrados en esta investigación.

Carranza (2017) desarrolló una investigación en el Canal de Riego La Victoria, Yanamarca, Rumichuco en el distrito de Llacanora; obteniendo la eficiencia de conducción del canal revestido de 65.46%, considerándose una eficiencia *Relativamente Baja*. Al realizar la comparación con los resultados obtenidos se tiene una diferencia de 3.86% utilizando el vertedero de sección rectangular; siendo superiores los resultados encontrados en esta investigación.

Según Chiclote (2017) realizó su investigación en el canal de riego El Progreso Myanal ubicado en la parte alta de la ciudad de Jaén; estimando un nivel de eficiencia de conducción de 88.56%, considerándose una eficiencia de conducción *Baja*. Al comparar

estos resultados con los encontrados en nuestra investigación se tienen una diferencia de 19.25% utilizando vertederos de sección rectangular.

Al realizar el presente trabajo de investigación, tiene como **aporte** fundamental a la ingeniería de disponer de datos reales de eficiencia de conducción para programas de mejoramiento e inversión en la infraestructura hidráulica de conducción; como también de disponer a la junta de usuarios de un documento técnico, contribuyendo a la consolidación de la operación, distribución y mantenimiento; cuidando del manejo eficiente del recurso hídrico; mismo que contribuye a la conservación del medio ambiente y a la no degradación de las tierras, evitando el deterioro de los recursos naturales en el canal de riego Tres Molinos – Subsector Hidráulico Río Grande, pertenece a la Junta de Usuarios del Sector Hidráulico Menor Río Mashcón – Clase B.

Finalmente, en el presente estudio se determinó la eficiencia de conducción del canal de riego Tres Molinos, utilizando vertederos de pared delgada de sección rectangular, es de 69.315% de eficiencia de conducción; de esta manera, la eficiencia de conducción utilizando los vertederos de pared delgada de sección rectangular, se encuentran entre el rango de <70% considerándose una eficiencia de conducción de categoría *Inaceptable*.

Del mismo modo, se realizó el diseño de los vertederos de pared delgada determinando un diseño de cada sección para el tramo más crítico; tendiendo de esta forma las características geométricas del vertedero de pared delgada de sección rectangular son: contracción de 0.05m, cresta 0.50m, umbral 0.42m y una carga hidráulica máxima de 0.18m, correspondiente para todos los tramos de estudio; es decir desde la progresiva Km00+000 al Km05+000.

En la presente investigación, se realizó la calibración del vertedero de pared delgada de sección rectangular en el laboratorio de hidráulica de la Universidad Privada del Norte,

determinándose la ecuación de calibración y el coeficiente de descarga para caudales variables.

En el canal de conducción Tres Molinos, existe una pérdida de caudal promedio por evaporación de 0.0001910 m³/s equivalente a 0.191 l/s y una pérdida de caudal promedio por infiltración de 0.0008139 m³ equivalente a 0.8139 litros; el cual es un factor que afecta la eficiencia de conducción en el canal de riego de la presente investigación.

REFERENCIAS

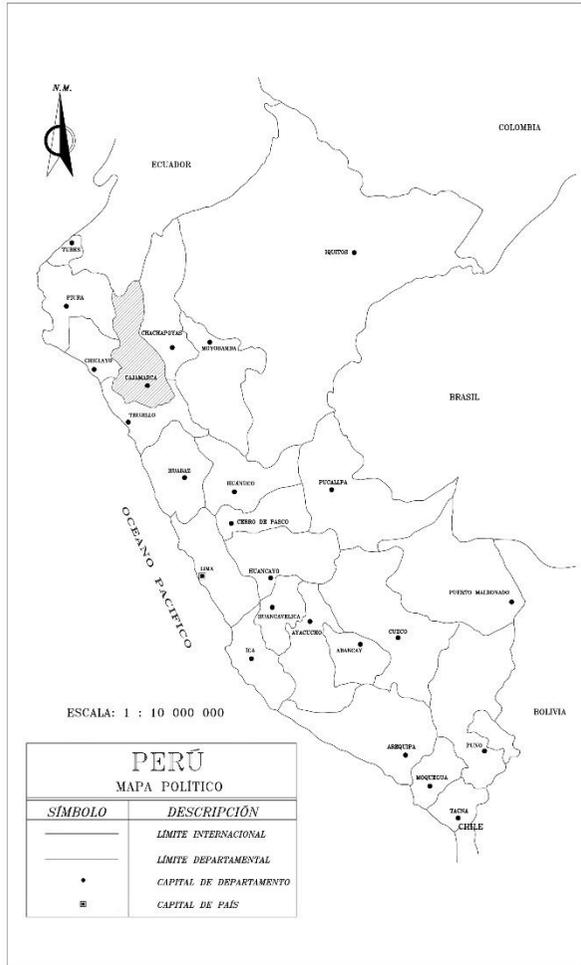
- ANA. (2010). *Manual: Criterios de diseños de obras hidráulicas para la formulación de proyectos hidráulicos multisectoriales y de afianzamiento hídrico*. Lima. Obtenido de http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/manual-disenos-1_0_2.pdf
- ANA. (2018). *Inventario de infraestructura hidráulica del comité de usuarios del canal de riego tres molinos - sub sector hidráulico río grande*. Cajamarca: Autoridad Nacional del Agua.
- ANA. (3 de Septiembre de 2019). Recuperado el 10 de Noviembre de 2021, de <http://www.ana.gob.pe/noticia/autoridad-nacional-del-agua-participa-en-campana-de-limpieza-de-canales-de-riego-de-huaral>
- ANA. (17 de noviembre de 2021). *Google*. Obtenido de [Google: https://www.ana.gob.pe/contenido/el-agua-en-cifras](https://www.ana.gob.pe/contenido/el-agua-en-cifras)
- Aquino, V. L., & Gonzales, V. J. (2020). *Determinación de la eficiencia de conducción y distribución del canal "San Rumualdo" del Subsector Hidráulico Lambayeque, año 2018-2019*. Perú - Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12893/8707>
- CAF. (2004). *Perú: Nota de análisis sectorial Agricultura y Desarrollo Rural*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/ak169s/ak169s.pdf>
- Cajamarca Opina. (2022). Obtenido de https://cajamarcaopina.com/2022/05/26/disponibilidad-de-agua-se-reduciria-hasta-en-35-en-cuencas-que-abastecen-ciudades/?utm_source=rss&utm_medium=rss&utm_campaign=disponibilidad-de-agua-se-reduciria-hasta-en-35-en-cuencas-que-abastecen-ciudades
- Carlos, S., & Villodas, R. (2006). *Hidrología I-Evaporación, Transpiración Y Evapotranspiración*. CUYO, ARGENTINA. Recuperado el 08 de SETIEMBRE de 2022, de <https://fdocuments.mx/document/libro-hidrologia-ruben-villodas.html>
- Carranza, C. G. (2017). *Cálculo de la eficiencia de conducción y distribución en el Sector Hidráulico Menor Clase B del Río Chonta y Cajamarquino en el Canal de Riego La Victoria, Yanamarca, Rumicucho - Cajamarca*. Perú - Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo. Obtenido de <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/9685>
- Carrazón, A. J. (2007). *Manual práctico para el diseño de sistemas de minirriego*. Honduras: Impresiones Industriales.
- Casals, T. P. (2014). *Metodología y calibración de variables de control utilizadas en sistemas navales e industriales*. Barcelona: Universitat politècnica de catalunya. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/21226/METODOLOG%20C3%208DA%20Y%20CALIBRACI%20C3%2093N%20DE%20VARIABLES%20DE%20CONTROL%20UTILIZADAS%20EN%20SISTEMAS%20NAVALES%20E%20INDUSTRIALES.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Chamorro, d. R. (2011). *Estimación del caudal por el método de flotadores*. LIMA: SENAMHI. Obtenido de https://www.senamhi.gob.pe/usr/cdc/AFORO_X_FLOTADORES.pdf?fbclid=IwAR14oXNtNxN0q7_7VMARKzdfDDSyG80ihooFVTW9AKS6z44UdVtUMx56AC

- MF PRO. (2018). *Instrucciones de funcionamiento* (SETIMA ed.). Obtenido de <https://www.ott.com/es-la/productos/download/ott-mf-pro-instrucciones-de-funcionamiento-1/>
- Miranda, E. J. (2016). *Calibración de vertederos trapezoidales tipo Cipolletti de pared delgada de ancho variable*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Moreno, L. J. (2008). *Estimación de pérdidas de agua por evaporación en embalses del pirineo*. Instituto Pirenaico de Ecología, CSIC, PERÚ. RIOJA: Campus de Aula Dei, Apdo.202. Zaragoza 50080. Recuperado el 08 de 09 de 2022, de file:///C:/Users/TOSHIBA/Downloads/Dialnet-EstimacionDePerdidasDeAguaPorEvaporacionEnEmbalses-2762772.pdf
- Nizama, B. M. (2019). *Evaluación de la eficiencia de conducción del canal Sinchao desde la progresiva 0+000 hasta la progresiva 7+600, para optimizar la dotación de agua del subsector hidráulico Sinchao Parte Alta – Junta de Usuarios del Sector Hidráulico Medio y Bajo Piura*. Perú - Piura: Universidad Nacional de Piura. Obtenido de <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1470>
- Olarte, W. (1987). *Manuel de riego por gravedad*. LIMA, PERÚ.
- Placido, C. S., & Salvatierra, R. K. (2020). *Propuesta de diseño del canal Barrio Nuevo para un sistema de riego distrito de Victor Larco - provincia Trujillo - La Libertad 2020*. Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12759/7104>
- Polo, Y. E. (2020). *Determinación de la Eficiencia de Conducción de Canales de Riego - Caso Puerto El Cura - Margen Derecha Del Rio Tumbes - 2020*. Peru - Tumbes: Universidad Nacional de Tumbes. Obtenido de <http://repositorio.untumbes.edu.pe/handle/UNITUMBES/2225>
- Reyes, R. D., & Roldan, D. O. (2018). *Influencia de la geometría hidrodinámica en la disipación de energía de cuatro vertederos tipo laberinto y un vertedero tipo rectangular con igual caudal de descarga y pendiente*. Perú - Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12759/4186>
- Rocha, F. A. (2010). *Hidráulica de tuberías y canales*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Sotelo, Á. G. (2002). *Hidraulica de canales* (PRIMERA ed.). MÉXICO, MÉXICO. Obtenido de [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=rahezSjGp3wC&oi=fnd&pg=PR3&dq=Hidr%C3%A1ulica+de+Canales+\(Vol.+II\).+M%C3%A9xico+D.F.:+UNAM.&ots=zXbnKXGF2r&sig=cpADNtzQ2jOohWDn4U-uSahpQpg#v=onepage&q=Hidr%C3%A1ulica%20de%20Canales%20\(Vol.%20II\).%20M%C3%A9xico%2](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=rahezSjGp3wC&oi=fnd&pg=PR3&dq=Hidr%C3%A1ulica+de+Canales+(Vol.+II).+M%C3%A9xico+D.F.:+UNAM.&ots=zXbnKXGF2r&sig=cpADNtzQ2jOohWDn4U-uSahpQpg#v=onepage&q=Hidr%C3%A1ulica%20de%20Canales%20(Vol.%20II).%20M%C3%A9xico%2)
- Testo, B. s. (09 de 09 de 2022). *www.testo.com*. Obtenido de <https://static-int.testo.com/media/bd/6d/d73b5ea38bdb/testo-factsheet-calibration-ES.pdf>
- Tipantiza, C. L. (2020). *Determinación de la eficiencia de conducción y distribución en el ramal “Alangasí - La Merced” del sistema de riego Tumbaco*. Ecuador-Quito: Universidad Central del Ecuador. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/21569>
- Tullume, C. M. (2021). *Evaluación e implementación de infraestructura de riego tramo 1+185 hasta 4+845, del Sector Santa Elena - San Blas, Huaral - Lima*. Perú - Huaral: Universidad Privada del Norte. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/27360>

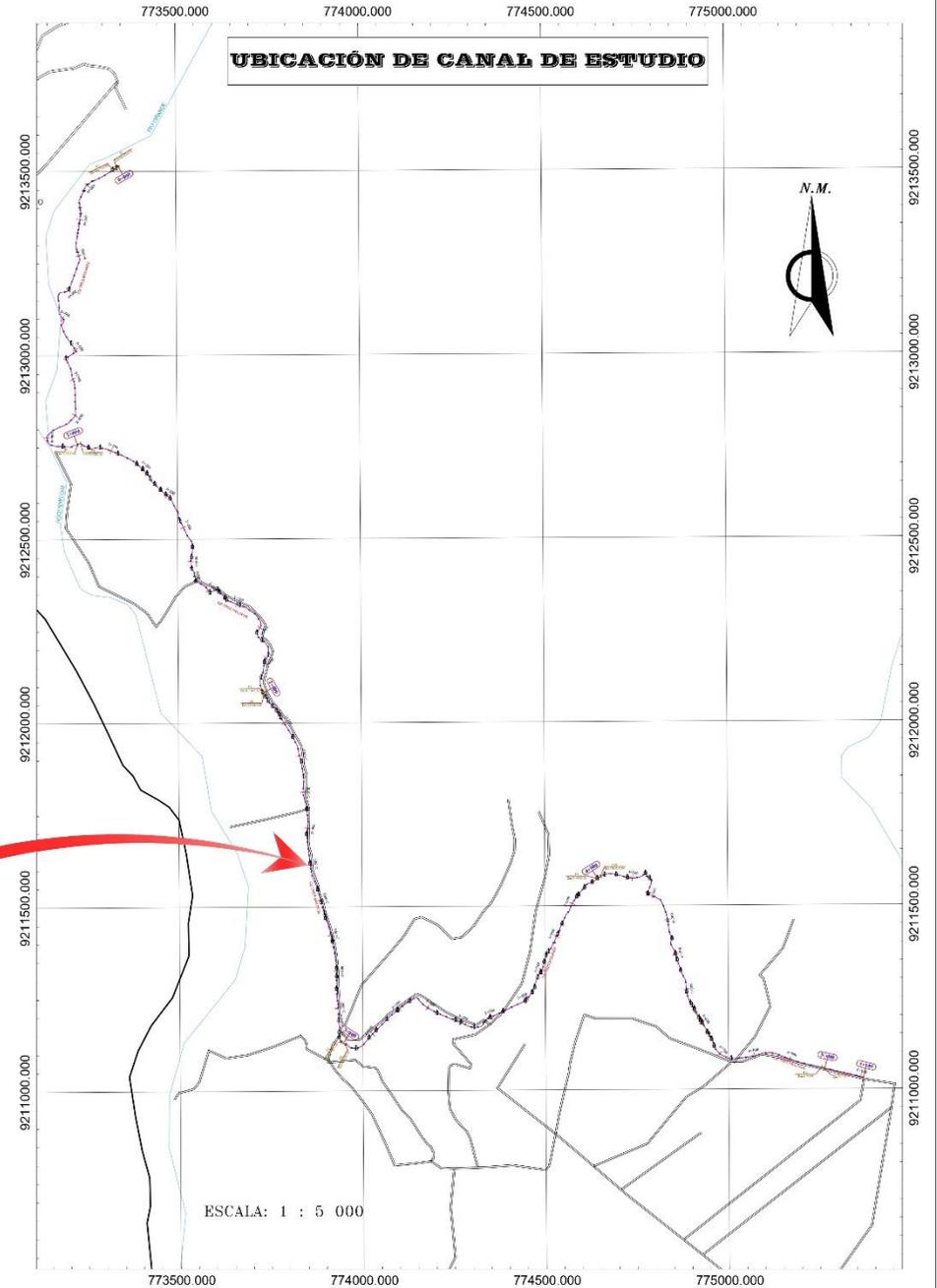
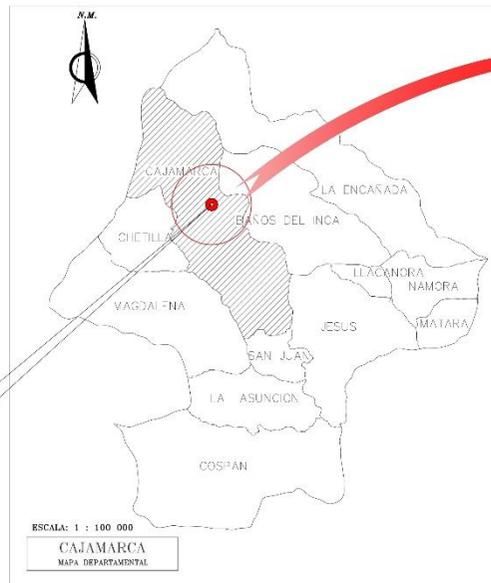
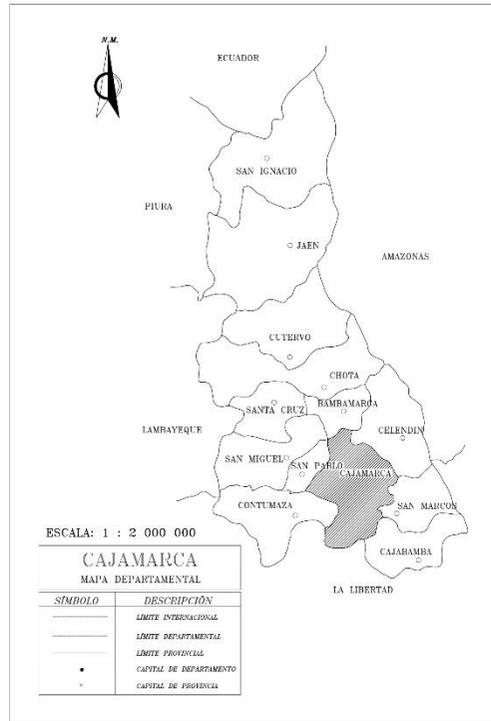
- Vega, B. D. (2004). *Vertederos de pared delgada (Rectangular y triangular)*. Cochabamba: Centro de A.G.U.A - UMSS - FCAyP.
- Vela, R. B. (2019). *Caracterización de la eficiencia de conducción y de distribución en el ramal "Chichipata" del Sistema de Riego Tumbaco*. Ecuador - Quito: Universidad Central del Ecuador. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/18598>
- Vértiz, P. K. (2017). *Análisis de la eficiencia de conducción y distribución del Canal Guadalupe del Sub Sector Hidráulico Guadalupe, Valle Jequetepeque*. Perú - Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo. Obtenido de <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/9709>
- Villavicencio, P. A. (2021). Determinación del coeficiente de uniformidad de caudal en sistemas de riego localizado. *INIA*, 2. Obtenido de <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/68113/NR42627.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Yáñez, Y. Á. (2016). *El agua en América Latina*. Journal of the Selva Andina Biosphere. Obtenido de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-38592016000200001&lng=es&tlng=es.
- Yungán, P. A. (2019). *Determinación de la eficiencia de conducción y distribución en el ramal "Churoloma" del sistema de riego Tumbaco*. Ecuador-Quito: Universidad Central del Ecuador. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/18508>

ANEXOS

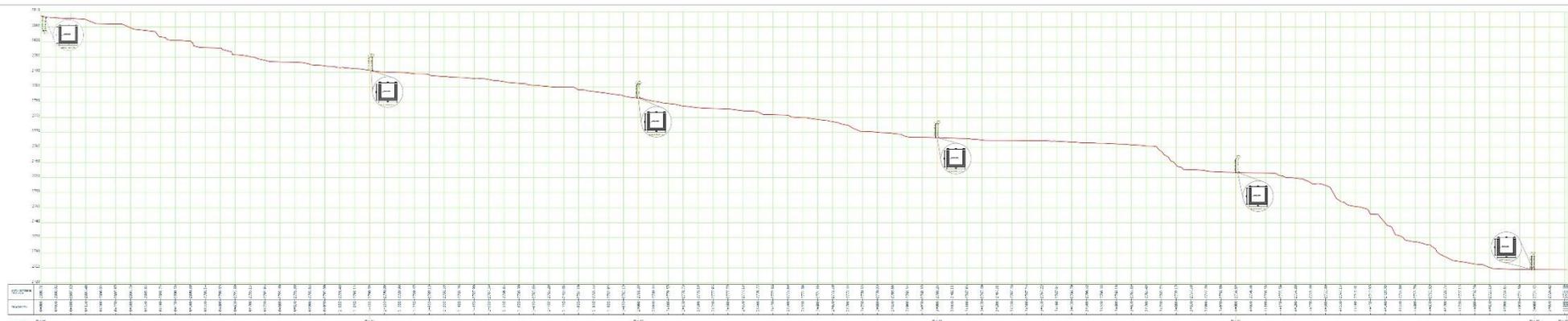
ANEXO n.º 1. Plano de ubicación canal de conducción de riego Tres Molinos.



UBICACIÓN DE CANAL DE ESTUDIO



ANEXO n.º 2. Plano de la infraestructura hidráulica del
Sector Hidráulico Menor Río Mashcón-Clase
B, Subsector Hidráulico Río Grande, Comité
de Usuarios del Canal de Conducción de
Riego Tres Molinos.

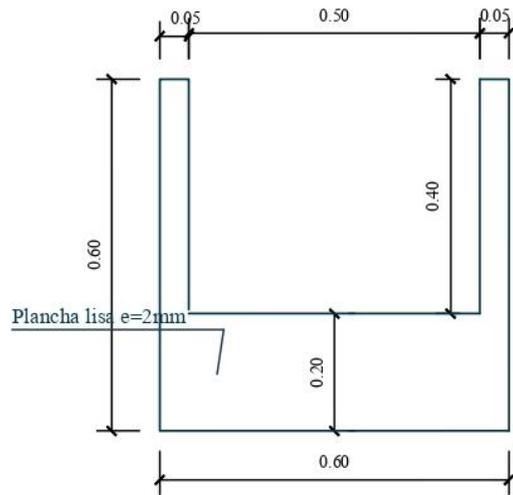


PERFIL CANAL DE CONDUCCIÓN TRES MOLINOS



PUNTO	COORDENADAS		COTA
	NORTE	ESTE	
1	1011441.466	77200.440	2779.776
2	1011437.627	77201.781	2779.736
3	1011433.778	77203.122	2779.695
4	1011429.929	77204.463	2779.654
5	1011426.080	77205.804	2779.613
6	1011422.231	77207.145	2779.572
7	1011418.382	77208.486	2779.531
8	1011414.533	77209.827	2779.490
9	1011410.684	77211.168	2779.449
10	1011406.835	77212.509	2779.408
11	1011402.986	77213.850	2779.367
12	1011399.137	77215.191	2779.326
13	1011395.288	77216.532	2779.285
14	1011391.439	77217.873	2779.244
15	1011387.590	77219.214	2779.203
16	1011383.741	77220.555	2779.162
17	1011379.892	77221.896	2779.121
18	1011376.043	77223.237	2779.080
19	1011372.194	77224.578	2779.039
20	1011368.345	77225.919	2778.998
21	1011364.496	77227.260	2778.957
22	1011360.647	77228.601	2778.916
23	1011356.798	77229.942	2778.875
24	1011352.949	77231.283	2778.834
25	1011349.100	77232.624	2778.793
26	1011345.251	77233.965	2778.752
27	1011341.402	77235.306	2778.711
28	1011337.553	77236.647	2778.670
29	1011333.704	77237.988	2778.629
30	1011329.855	77239.329	2778.588
31	1011326.006	77240.670	2778.547
32	1011322.157	77242.011	2778.506
33	1011318.308	77243.352	2778.465
34	1011314.459	77244.693	2778.424
35	1011310.610	77246.034	2778.383
36	1011306.761	77247.375	2778.342
37	1011302.912	77248.716	2778.301
38	1011299.063	77250.057	2778.260
39	1011295.214	77251.398	2778.219
40	1011291.365	77252.739	2778.178
41	1011287.516	77254.080	2778.137
42	1011283.667	77255.421	2778.096
43	1011279.818	77256.762	2778.055
44	1011275.969	77258.103	2778.014
45	1011272.120	77259.444	2777.973
46	1011268.271	77260.785	2777.932
47	1011264.422	77262.126	2777.891
48	1011260.573	77263.467	2777.850
49	1011256.724	77264.808	2777.809
50	1011252.875	77266.149	2777.768
51	1011249.026	77267.490	2777.727
52	1011245.177	77268.831	2777.686
53	1011241.328	77270.172	2777.645
54	1011237.479	77271.513	2777.604
55	1011233.630	77272.854	2777.563
56	1011229.781	77274.195	2777.522
57	1011225.932	77275.536	2777.481
58	1011222.083	77276.877	2777.440
59	1011218.234	77278.218	2777.399
60	1011214.385	77279.559	2777.358
61	1011210.536	77280.900	2777.317
62	1011206.687	77282.241	2777.276
63	1011202.838	77283.582	2777.235
64	1011198.989	77284.923	2777.194
65	1011195.140	77286.264	2777.153
66	1011191.291	77287.605	2777.112
67	1011187.442	77288.946	2777.071
68	1011183.593	77290.287	2777.030
69	1011179.744	77291.628	2776.989
70	1011175.895	77292.969	2776.948
71	1011172.046	77294.310	2776.907
72	1011168.197	77295.651	2776.866
73	1011164.348	77296.992	2776.825
74	1011160.499	77298.333	2776.784
75	1011156.650	77299.674	2776.743
76	1011152.801	77301.015	2776.702
77	1011148.952	77302.356	2776.661
78	1011145.103	77303.697	2776.620
79	1011141.254	77305.038	2776.579
80	1011137.405	77306.379	2776.538
81	1011133.556	77307.720	2776.497
82	1011129.707	77309.061	2776.456
83	1011125.858	77310.402	2776.415
84	1011122.009	77311.743	2776.374
85	1011118.160	77313.084	2776.333
86	1011114.311	77314.425	2776.292
87	1011110.462	77315.766	2776.251
88	1011106.613	77317.107	2776.210
89	1011102.764	77318.448	2776.169
90	101108.915	77319.789	2776.128
91	101105.066	77321.130	2776.087
92	101101.217	77322.471	2776.046
93	101097.368	77323.812	2776.005
94	101093.519	77325.153	2775.964
95	101089.670	77326.494	2775.923
96	101085.821	77327.835	2775.882
97	101081.972	77329.176	2775.841
98	101078.123	77330.517	2775.800
99	101074.274	77331.858	2775.759
100	101070.425	77333.199	2775.718
101	101066.576	77334.540	2775.677
102	101062.727	77335.881	2775.636
103	101058.878	77337.222	2775.595
104	101055.029	77338.563	2775.554
105	101051.180	77339.904	2775.513
106	101047.331	77341.245	2775.472
107	101043.482	77342.586	2775.431
108	101039.633	77343.927	2775.390
109	101035.784	77345.268	2775.349
110	101031.935	77346.609	2775.308
111	101028.086	77347.950	2775.267
112	101024.237	77349.291	2775.226
113	101020.388	77350.632	2775.185
114	101016.539	77351.973	2775.144
115	101012.690	77353.314	2775.103
116	101008.841	77354.655	2775.062
117	101004.992	77355.996	2775.021
118	101001.143	77357.337	2774.980
119	100997.294	77358.678	2774.939
120	100993.445	77360.019	2774.898
121	100989.596	77361.360	2774.857
122	100985.747	77362.701	2774.816
123	100981.898	77364.042	2774.775
124	100978.049	77365.383	2774.734
125	100974.200	77366.724	2774.693
126	100970.351	77368.065	2774.652
127	100966.502	77369.406	2774.611
128	100962.653	77370.747	2774.570
129	100958.804	77372.088	2774.529
130	100954.955	77373.429	2774.488
131	100951.106	77374.770	2774.447
132	100947.257	77376.111	2774.406
133	100943.408	77377.452	2774.365
134	100939.559	77378.793	2774.324
135	100935.710	77380.134	2774.283
136	100931.861	77381.475	2774.242
137	100928.012	77382.816	2774.201
138	100924.163	77384.157	2774.160
139	100920.314	77385.498	2774.119
140	100916.465	77386.839	2774.078
141	100912.616	77388.180	2774.037
142	100908.767	77389.521	2773.996
143	100904.918	77390.862	2773.955
144	100901.069	77392.203	2773.914
145	100897.220	77393.544	2773.873
146	100893.371	77394.885	2773.832
147	100889.522	77396.226	2773.791
148	100885.673	77397.567	2773.750
149	100881.824	77398.908	2773.709
150	100877.975	77400.249	2773.668
151	100874.126	77401.590	2773.627
152	100870.277	77402.931	2773.586
153	100866.428	77404.272	2773.545
154	100862.579	77405.613	2773.504
155	100858.730	77406.954	2773.463
156	100854.881	77408.295	2773.422
157	100851.032	77409.636	2773.381
158	100847.183	77410.977	2773.340
159	100843.334	77412.318	2773.299
160	100839.485	77413.659	2773.258
161	100835.636	77415.000	2773.217
162	100831.787	77416.341	2773.176
163	100827.938	77417.682	2773.135
164	100824.089	77419.023	2773.094
165	100820.240	77420.364	2773.053
166	100816.391	77421.705	2773.012
167	100812.542	77423.046	2772.971
168	100808.693	77424.387	2772.930
169	100804.844	77425.728	2772.889
170	100800.995	77427.069	2772.848
171	100797.146	77428.410	2772.807
172	100793.297	77429.751	2772.766
173	100789.448	77431.092	2772.725
174	100785.599	77432.433	2772.684
175	100781.750	77433.774	2772.643
176	100777.901	77435.115	2772.602
177	100774.052	77436.456	2772.561
178	100770.203	77437.797	2772.520
179	100766.354	77439.138	2772.479
180	100762.505	77440.479	2772.438
181	100758.656	77441.820	2772.397
182	100754.807	77443.161	2772.356
183	100750.958	77444.502	2772.315
184	100747.109	77445.843	2772.274
185	100743.260	77447.184	2772.233
186	100739.411	77448.525	2772.192
187	100735.562	77449.866	2772.151
188	100731.713	77451.207	2772.110
189	100727.864	77452.548	2772.069
190	100724.015	77453.889	2772.028
191	100720.166	77455.230	2771.987
192	100716.317	77456.571	2771.946
193	100712.468	77457.912	2771.905
194	100708.619	77459.253	2771.864
195	100704.770	77460.594	2771.823
196	100700.921	77461.935	2771.782
197	100697.072	77463.276	2771.741
198	100693.223	77464.617	2771.700
199	100689.374	77465.958	2771.659
200	100685.525	77467.299	2771.618
201	100681.676	77468.640	2771.577
202	100677.827	77469.981	2771.536
203	100673.978	77471.322	2771.495
204	100670.129	77472.663	2771.454
205	100666.280	77474.004	2771.413
206	100662.431	77475.345	2771.372
207	100658.582	77476.686	2771.331
208	100654.733	77478.027	2771.290
209	100650.884	77479.368	2771.249
210	100647.035	77480.709	2771.208
211	100643.186	77482.050	2771.167
212	100639.337	77483.391	2771.126
213	100635.488	77484.732	2771.085
214	100631.639	77486.073	2771.044
215	100627.790	77487.414	2771.003
216	100623.941	77488.755	2770.962
217	100620.092	77490.096	2770.921
218	100616.243	77491.437	2770.880
219	100612.394	77492.778	2770.839
220	100608.545	77494.119	2770.798
221			

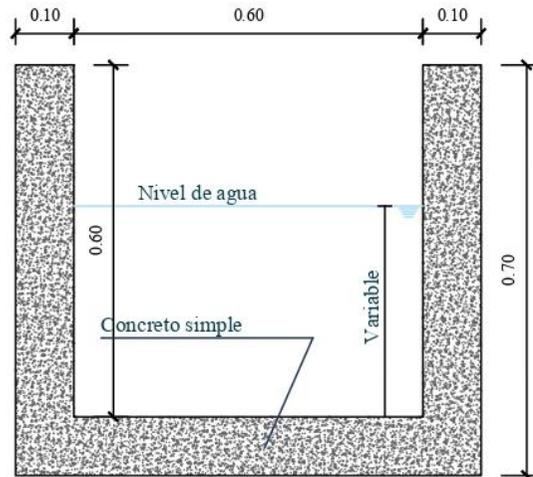
ANEXO n.º 3. Plano de vertederos de sección rectangular.



VERTEDERO DE SECCIÓN RECTANGULAR

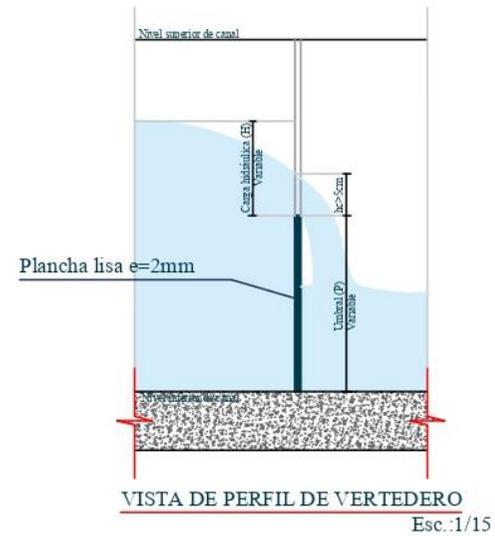
PROGRESIVA: * 00+000 Esc.:1/15

- * 01+000
- * 02+000
- * 03+000
- * 04+000
- * 05+000



VISTA DE PERFIL CANAL DE CONDUCCIÓN

Esc.:1/15



VISTA DE PERFIL DE VERTEDERO

Esc.:1/15

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

 <p>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</p>	<p>TESIS: EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA TÉCNICA DE CONDUCCIÓN DEL CANAL DERIBO TRES MOLINOS, MARGEN IZQUIERDO DE RÍO MASHÓN UTILIZANDO VERTEDEROS DE PARED DELGADA CAJAMARCA 2021.</p>	<p>LÁMINA:</p>
	<p>PLANO: VERTEDEROS DE SECCIÓN TRIANGULAR Y RECTANGULAR.</p>	<p>ELABORADO: JULCA ROMA VARGAS HEBER ELI VILCA FABIAN WILLIAM EDILBERTO</p>
<p>ESCALA: 1/15</p>	<p>FECHA: Abril 2022</p>	<p>03</p>

ANEXO n.º 4. Ficha de calibración de vertedero de pared delgada de sección rectangular.



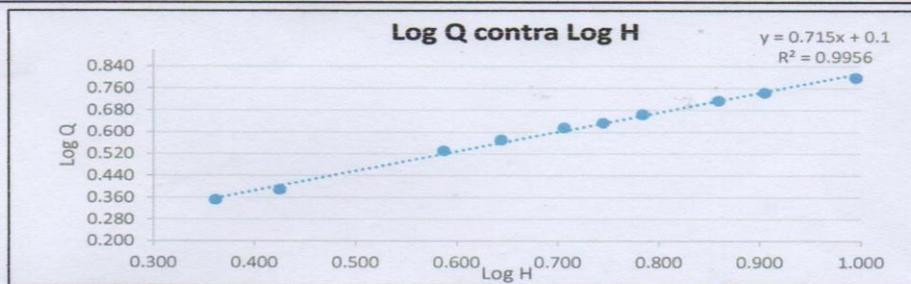
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE CANALES

TESIS:	Evaluación de la eficiencia técnica de conducción del canal de riego Tres Molinos, Margen Izquierdo del Rio Mashcón utilizando vertederos de pared delgada Cajamarca 2021		
ENSAYO:	Calibración de vertedero de pared delgada de sección rectangular		
TESISTAS:	Heber Eli Julcapoma Vargas	ASESOR:	Ing. Mg. Kely Núñez Vásquez
	William Edilberto Vilca Fabian	FECHA:	N° FICHA: 01
EQUIPO:	Canal de laboratorio hidráulico, linnimetro, vertedero rectangular.		REVISADO POR: Hoyos Martinez Jorge L.

ENSAYO	Q(m3/min)	HT(cm)	P(cm)
1	0.377	17.765	7.873
2	0.333	15.911	7.873
3	0.311	15.110	7.873
4	0.277	13.959	7.873
5	0.258	13.433	7.873
6	0.248	12.960	7.873
7	0.223	12.281	7.873
8	0.204	11.739	7.873
9	0.147	10.533	7.873
10	0.135	10.171	7.873

ENSAYO	Qr (l/s)	H(cm)	Log H	Log Q	n	log K = 0.100	Q _{gd} = K * H ⁿ
1	6.277	9.892	0.995	0.798	0.715	k = 1.259	6.481
2	5.542	8.038	0.905	0.744	0.715	k = 1.259	5.587
3	5.190	7.237	0.860	0.715	0.715	k = 1.259	5.183
4	4.623	6.086	0.784	0.665	0.715	k = 1.259	4.579
5	4.302	5.560	0.745	0.634	0.715	k = 1.259	4.293
6	4.133	5.087	0.706	0.616	0.715	k = 1.259	4.028
7	3.720	4.408	0.644	0.571	0.715	k = 1.259	3.636
8	3.399	3.866	0.587	0.531	0.715	k = 1.259	3.310
9	2.449	2.660	0.425	0.389	0.715	k = 1.259	2.534
10	2.250	2.298	0.361	0.352	0.715	k = 1.259	2.282



1. Ecuación N° 1, Para encontrar el Q_{generado}

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

2. Ecuación N° 2, Ecuación general de la recta

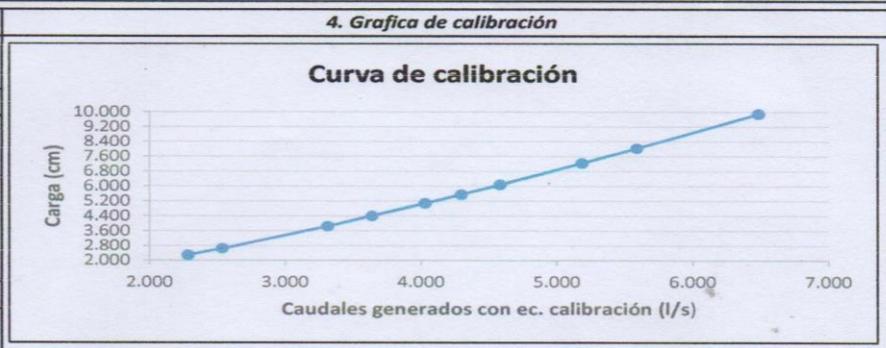
$Y = mX + b$

Donde:

- Y = Log Q
- m = n
- X = Log H
- b = Log K

3. Ecuación N° 3, Ecuación de calibración

$Q_{generado} = K * H^n$



RESPONSABLE DEL ENSAYO	RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
 JULCAPOMA VARGAS HEBER E. FECHA:	 VILCA FABIAN WILLIAM E. FECHA:	 HOYOS MARTINEZ JORGE L. FECHA:	 NÚÑEZ VÁSQUEZ KELY E. FECHA:



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

TESIS:	Evaluación de la eficiencia técnica de conducción del canal de riego Tres Molinos, Margen Izquierdo del Río Mashcón utilizando vertederos de pared delgada Cajamarca 2021		
TESISTAS:	Heber Eli Julcapoma Vargas	ASESOR:	Ing. Mg. Kely Núñez Vásquez
	William Edilberto Vilca Fabian	FECHA:	N° FICHA: 02

FICHA PARA EL CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE DESCARGA (C_d)

1.- Cálculo de caudal por el metodo de Francis

$Q_{real} = C_d * Q_{teorico}$

$Q_{teórico} = 1.84 * (b - (0.1 * n * H)) * H^{3/2}$

Donde:
 Q = Caudal que fluye por el vertedero, en m³/s
 b = Ancho de la cresta, en m
 H = Carga del vertedero, en m
 n = Número de contracciones (0, 1 ó 2)

Datos para encontrar el Caudal teorico			Comparación de caudales teórico y corregido		
N°	H (cm)	Qr (l/s)	Q observado (l/s)	Qteorico (l/s) francis	Qfrancis corregido (l/s)
1	9.892	6.277	6.277	10.603	10.304
2	8.038	5.542	5.542	7.922	7.698
3	7.237	5.190	5.190	6.825	6.633
4	6.086	4.623	4.623	5.327	5.177
5	5.560	4.302	4.302	4.677	4.545
6	5.087	4.133	4.133	4.113	3.997
7	4.408	3.720	3.720	3.341	3.247
8	3.866	3.399	3.399	2.759	2.681
9	2.660	2.449	2.449	1.594	1.549
10	2.298	2.250	2.250	1.285	1.248

2.- De la ecuación de la recta se obtiene C_d

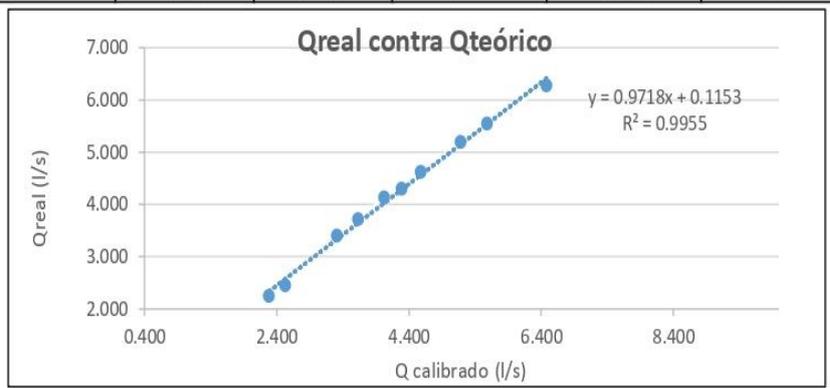
$C_d = 0.9718$

Sustituyendo valores para el vertedero de 2 contracciones:

$Q_{real} = C_d * 1.84 * (b - (0.2 * H)) * H^{3/2}$

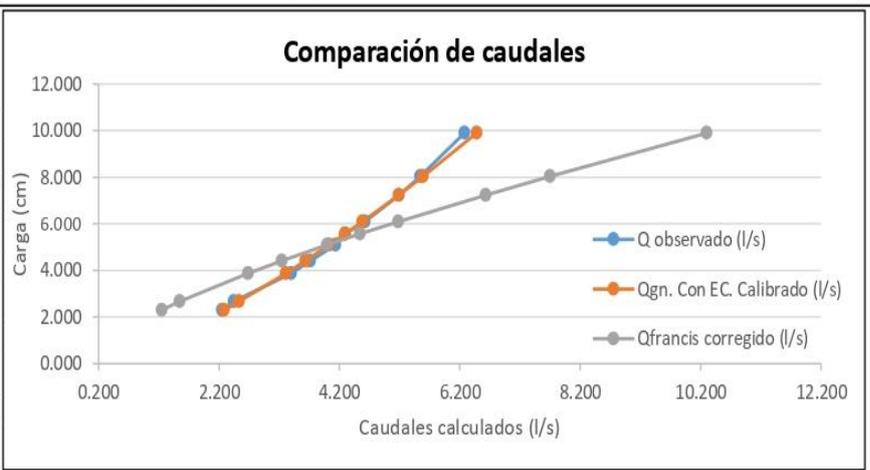
Operando:

$Q_{real} = 1.788112 * H^2 * (0.205 - 0.2 * H)$



3.-Comparación de caudales

Q observado (l/s)	Qgn. Con EC. Calibrado (l/s)	Qfrancis corregido (l/s)
6.277	6.481	10.304
5.542	5.587	7.698
5.190	5.183	6.633
4.623	4.579	5.177
4.302	4.293	4.545
4.133	4.028	3.997
3.720	3.636	3.247
3.399	3.310	2.681
2.449	2.534	1.549
2.250	2.282	1.248



TESISTA	TESISTA	ASESOR
 JULCAPOMA VARGAS HEBER E. DNI: 47844981	 VILCA FABIAN WILLIAM E. DNI: 48266445	 NÚÑEZ VÁSQUEZ KELY E. CIP: 161114

ANEXO n.º 5. Ficha para el cálculo de caudales por el método de flotador.



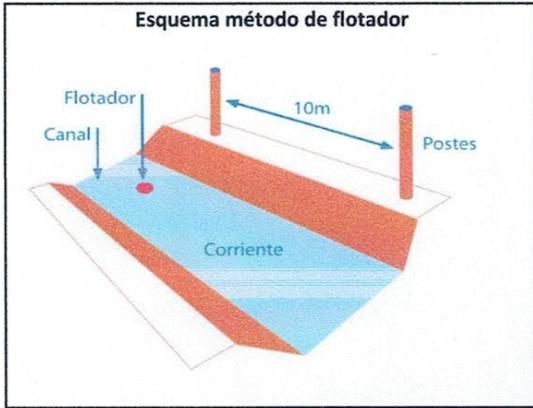
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

TESIS: Evaluación de la Eficiencia Técnica de conducción del canal de riego Tres Malinos, Margen Izquierdo del Río Hoshcan utilizando vertederos de pared delgada Cajamarca 2021.

TESISTAS: Heber Eli Julcapoma Vargas ASESOR: Ing. Mg. Kely Núñez Vásquez
William Edilberto Vilca Fabian FECHA: 09/02/2022 N° FICHA: 01

FICHA PARA EL CÁLCULO DE CAUDALES POR EL MÉTODO DE FLOTADOR



PROGRESIVA :

LONG. TRAMO:

TIEMPO (seg)

Tiempo N°01:

Tiempo N°02:

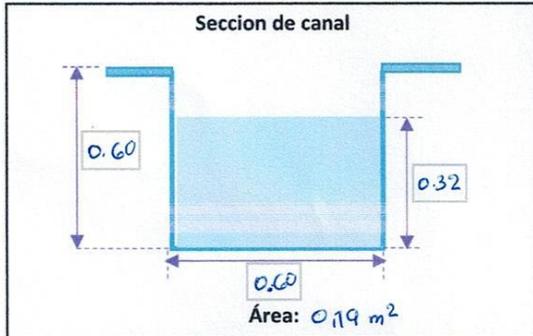
Tiempo N°03:

Promedio:

Tipo de cauce:

Factor de corrección:

Precisión velocidad:



Cálculo de caudal mediante aplicación del método de flotador

$$Q = CxAv \quad V = \frac{e}{t}$$

Tabla: Factor de corrección (C) para método de flotador.

Tipos de cauce	Factor de corrección (C)	Precisión Velocidad
Canal rectangular con lados y lechos lisos.	0.85	Buena
Río profundo y lento.	0.75	Razonable
Arroyo pequeño de lecho parejo y liso.	0.65	Mala
Arroyo rápida y turbulento.	0.45	Muy mala
Arroyo muy poco profundo de lecho rocoso.	0.25	Muy mala

Fuente: Dirección General de Infraestructura Agraria y Riego – DGIAR (2015), "Manual de cálculo de eficiencia para sistemas de riego"

TESISTA	TESISTA	ASESOR
 JULCAPOMA VARGAS HEBER E. DNI: 47844981	 VILCA FABIAN WILLIAM E. DNI: 48266445	 NÚÑEZ VÁSQUEZ KELY E. CIP: 161114

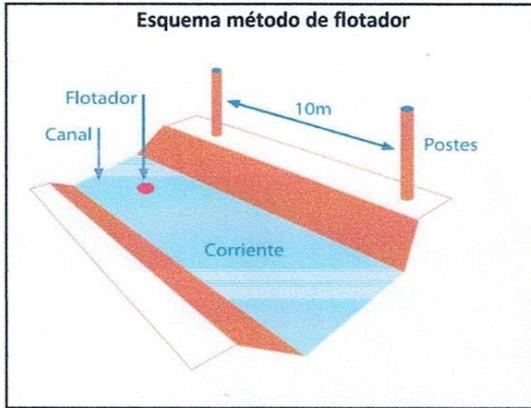


UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

TESIS: Evaluación de la eficiencia técnica de conducción del canal de riego Tres Molinos, margen izquierdo del río Mashcón utilizando vertederos de pared delgada Cajamarca 2021.

TESISTAS: Heber Eli Julcapama Vargas **ASESOR:** Ing. Mg. Kely Vázquez Vásquez
William Edilberto Vilca Fabian **FECHA:** 09/02/2022 **N° FICHA:** 02

FICHA PARA EL CÁLCULO DE CAUDALES POR EL MÉTODO DE FLOTADOR



PROGRESIVA : KM - 01 + 000

LONG. TRAMO: 10.00 m

TIEMPO (seg)

Tiempo N°01: 22.00 seg

Tiempo N°02: 22.00 seg

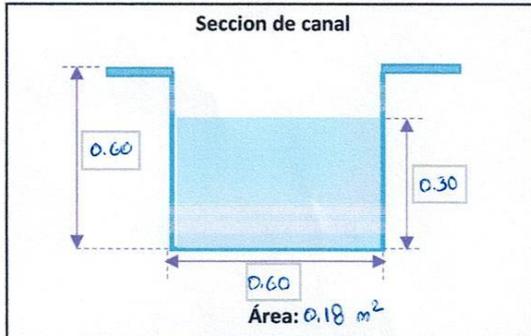
Tiempo N°03: 21.00 seg

Promedio: 21.95 seg

Tipo de cauce: canal rectangular con lados y lechos lisos

Factor de corrección: 0.85

Precisión velocidad: Buena



Cálculo de caudal mediante aplicación del método de flotador

$$Q = C \times A \times V \qquad V = \frac{e}{t}$$

V = 0.46 m/s

Q = 0.070 m³/s

Tabla: Factor de corrección (C) para método de flotador.

Tipos de cauce	Factor de corrección (C)	Precisión Velocidad
Canal rectangular con lados y lechos lisos.	0.85	Buena
Río profundo y lento.	0.75	Razonable
Arroyo pequeño de lecho parejo y liso.	0.65	Mala
Arroyo rápida y turbulento.	0.45	Muy mala
Arroyo muy poco profundo de lecho rocoso.	0.25	Muy mala

Fuente: Dirección General de Infraestructura Agraria y Riego – DGIAR (2015), "Manual de cálculo de eficiencia para sistemas de riego"

TESISTA	TESISTA	ASESOR
 JULCAPAMA VARGAS HEBER E. DNI: 47844981	 VILCA FABIAN WILLIAM E. DNI: 48266445	 VÁZQUEZ VÁSQUEZ KELY E. CIP: 161114



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

TESIS:	Evaluación de la eficiencia Técnica de conducción del canal de Riego Tres Molinos, Margen Izquierdo del Río Mashcón utilizando vertederos de Parete delgada Cajamarca 2021		
TESISTAS:	Heber Eli Julcapoma Vargas	ASESOR:	Ing. Mg. Kely Núñez Vásquez
	William Edilberto Vilca Fabian	FECHA:	09/02/2022 N° FICHA: 03

FICHA PARA EL CÁLCULO DE CAUDALES POR EL MÉTODO DE FLOTADOR

Esquema método de flotador

PROGRESIVA : KM -02 + 000

LONG. TRAMO: 10.00 m

TIEMPO (seg)

Tiempo N°01: 24.00 Seg

Tiempo N°02: 26.00 seg

Tiempo N°03: 26.00 seg

Promedio: 21.45 seg

Tipo de cauce: Canal rectangular con lados y lechos lisos

Factor de corrección: 0.85

Precisión velocidad: Buena

Seccion de canal

Área: 0.16 m²

Cálculo de caudal mediante aplicación del método de flotador

$$Q = C \times A \times V \quad V = \frac{e}{t}$$

V = 0.39 m/s

Q = 0.052 m³/s

Tabla: Factor de corrección (C) para método de flotador.

Tipos de cauce	Factor de corrección (C)	Precisión Velocidad
Canal rectangular con lados y lechos lisos.	0.85	Buena
Río profundo y lento.	0.75	Razonable
Arroyo pequeño de lecho parejo y liso.	0.65	Mala
Arroyo rápida y turbulento.	0.45	Muy mala
Arroyo muy poco profundo de lecho rocoso.	0.25	Muy mala

Fuente: Dirección General de Infraestructura Agraria y Riego – DGIAR (2015), "Manual de cálculo de eficiencia para sistemas de riego"

TESISTA	TESISTA	ASESOR
 JULCAPOMA VARGAS HEBER E. DNI: 47844981	 VILCA FABIAN WILLIAM E. DNI: 48266445	 NÚÑEZ VÁSQUEZ KELY E. CIP: 161114



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

TESIS:	Evaluación de la eficiencia Técnica de conducción del canal de riego Tres molinos, Margen Izquierdo del Río Huachón utilizando vertederos de pared delgada Cajamarca 2021.		
TESISTAS:	Heber Eri Julcapoma Vargas	ASESOR:	Ing. Mg. Kely Núñez Vásquez
	William Edilberto Vilca Fabian	FECHA:	09/02/2022 N° FICHA: 04

FICHA PARA EL CÁLCULO DE CAUDALES POR EL MÉTODO DE FLOTADOR

Esquema método de flotador

PROGRESIVA :

LONG. TRAMO:

TIEMPO (seg)

Tiempo N°01:

Tiempo N°02:

Tiempo N°03:

Promedio:

Tipo de cauce:

Factor de corrección:

Precisión velocidad:

Seccion de canal

Área: 0.16 m²

Cálculo de caudal mediante aplicación del método de flotador

$$Q = C \times A \times V \quad V = \frac{e}{t}$$

Tabla: Factor de corrección (C) para método de flotador.

Tipos de cauce	Factor de corrección (C)	Precisión Velocidad
Canal rectangular con lados y lechos lisos.	0.85	Buena
Río profundo y lento.	0.75	Razonable
Arroyo pequeño de lecho parejo y liso.	0.65	Mala
Arroyo rápida y turbulento.	0.45	Muy mala
Arroyo muy poco profundo de lecho rocoso.	0.25	Muy mala

Fuente: Dirección General de Infraestructura Agraria y Riego – DGIAR (2015), "Manual de cálculo de eficiencia para sistemas de riego"

TESISTA	TESISTA	ASESOR
 JULCAPOMA VARGAS HEBER E. DNI: 47844981	 VILCA FABIAN WILLIAM E. DNI: 48266445	 NÚÑEZ VÁSQUEZ KELY E. CIP: 161114



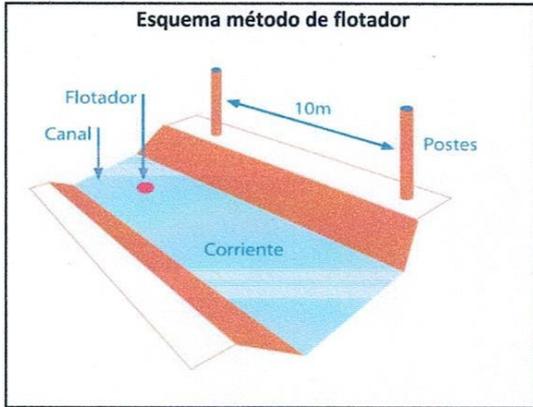
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

TESIS: Evaluación de la eficiencia Técnica de conducción del canal de riego Tres Molinos, Margen izquierdo del Río Mashcón utilizando vertederos de Pared delgada Cajamarca 2021.

TESISTAS: Heber Eli Julcapoma Vargas ASESOR: Ing. Mg. Kely Núñez Vásquez
William Edilberto Vilca Fabian FECHA: 09/02/2022 N° FICHA: 05

FICHA PARA EL CÁLCULO DE CAUDALES POR EL MÉTODO DE FLOTADOR



PROGRESIVA :

LONG. TRAMO:

TIEMPO (seg)

Tiempo N°01:

Tiempo N°02:

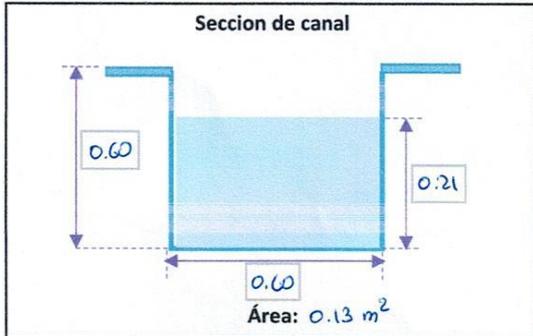
Tiempo N°03:

Promedio:

Tipo de cauce: canal rectangular con lados y lechos lisos

Factor de corrección: 0.85

Precisión velocidad: Buena



Cálculo de caudal mediante aplicación del método de flotador

$$Q = CxAv \quad V = \frac{e}{t}$$

Tabla: Factor de corrección (C) para método de flotador.

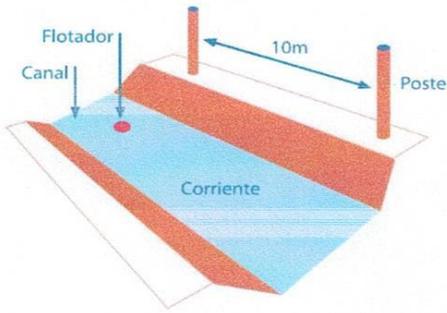
Tipos de cauce	Factor de corrección (C)	Precisión Velocidad
Canal rectangular con lados y lechos lisos.	0.85	Buena
Río profundo y lento.	0.75	Razonable
Arroyo pequeño de lecho parejo y liso.	0.65	Mala
Arroyo rápida y turbulento.	0.45	Muy mala
Arroyo muy poco profundo de lecho rocoso.	0.25	Muy mala

Fuente: Dirección General de Infraestructura Agraria y Riego – DGIAR (2015), "Manual de cálculo de eficiencia para sistemas de riego"

TESISTA	TESISTA	ASESOR
 JULCAPOMA VARGAS HEBER E. DNI: 47844981	 VILCA FABIAN WILLIAM E. DNI: 48266445	 NÚÑEZ VÁSQUEZ KELY E. CIP: 161114

TESIS:	Evaluación de la Eficiencia Técnica de conducción del canal de Riego Tres molinos, Margen Izquierdo del Río Huachón utilizando ventadoro de pared delgada Cajamarca 2021.		
TESISTAS:	Heber Eli Julcapoma Vargas	ASESOR:	Ing. Mg. Kely Núñez Vásquez
	William Edilberto Vilca Fabian	FECHA:	09/02/2022 N° FICHA: 06

FICHA PARA EL CÁLCULO DE CAUDALES POR EL MÉTODO DE FLOTADOR

<p>Esquema método de flotador</p> 	<p>PROGRESIVA : <input type="text" value="K11-05+000"/></p> <p>LONG. TRAMO: <input type="text" value="10.00 m"/></p>
	<p>TIEMPO (seg)</p> <p>Tiempo N°01: <input type="text" value="30.00 Seg"/></p> <p>Tiempo N°02: <input type="text" value="29.00 Seg"/></p> <p>Tiempo N°03: <input type="text" value="31.00 Seg"/></p> <p>Promedio: <input type="text" value="30.00 Seg"/></p>
	<p>Tipo de cauce: <u>Canal rectangular con lados y lechos lisos</u></p>
	<p>Factor de corrección: <u>0.85</u></p> <p>Precisión velocidad: <u>Buena</u></p>

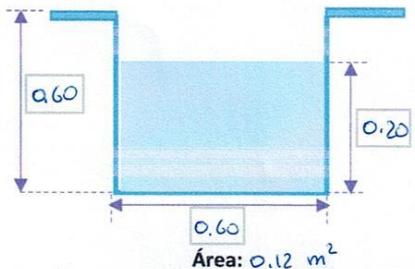
<p>Seccion de canal</p>  <p>Área: 0.12 m²</p>	<p>Cálculo de caudal mediante aplicación del método de flotador</p> $Q = CxAxV \quad V = \frac{e}{t}$ <p><input type="text" value="V = 0.33 m/s"/></p> <p><input type="text" value="Q = 0.034 m³/s"/></p>
---	--

Tabla: Factor de corrección (C) para método de flotador.

Tipos de cauce	Factor de corrección (C)	Precisión Velocidad
Canal rectangular con lados y lechos lisos.	0.85	Buena
Río profundo y lento.	0.75	Razonable
Arroyo pequeño de lecho parejo y liso.	0.65	Mala
Arroyo rápida y turbulento.	0.45	Muy mala
Arroyo muy poco profundo de lecho rocoso.	0.25	Muy mala

Fuente: Dirección General de Infraestructura Agraria y Riego – DGIAR (2015), "Manual de cálculo de eficiencia para sistemas de riego"

TESISTA	TESISTA	ASESOR
 JULCAPOMA VARGAS HEBER E. DNI: 47844981	 VILCA FABIAN WILLIAM E. DNI: 48266445	 NÚÑEZ VÁSQUEZ KELY E. CIP: 161114

ANEXO n.º 6. Ficha de recolección de datos para la determinación de caudales utilizando el vertedero de pared delgada de sección rectangular.

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL



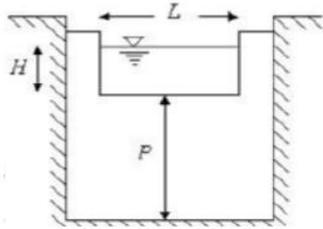
TESIS: Evaluación de la eficiencia técnica de conducción del canal de riego Tres Molinos, Margen Izquierdo del Río Mashcón utilizando vertederos de pared delgada Cajamarca 2021

TESISTAS: Heber Eli Julcapoma Vargas **ASESOR:** Ing. Mg. Kely Núñez Vásquez
 William Edilberto Vilca Fabian **FECHA:** **N° FICHA:** 01

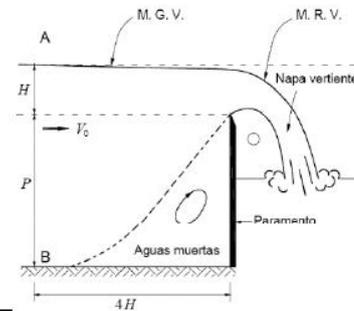
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE CAUDALES UTILIZANDO EL VERTEDERO DE PARED DELGADA DE SECCIÓN RECTANGULAR.

Esquema de vertedero sección rectangular

Sección de vertedero



Vista perfil de vertedero



Caudal de entrada (x)

Caudal de salida ()

PROGRESIVA :

KM - 00+000

HORA:

CONDICIÓN DE TIRANTE :

Vertedero airado (x)

Vertedero ahogado ()

DATOS PRELIMINARES

Longitud de cresta (L): 0.50 m
 Umbral del vertedero (P): 0.20 m
 Ancho de canal (B): 0.60 m
 Número de contracciones: 2
 Longitud de contracción (b): 0.05 m

N° de ensayo	H (cm)	Qgen. (m3/s)	Qgen. (l/s)
1	20.10	0.074	74.090
2	19.80	0.073	72.532
3	20.60	0.077	76.704
4	18.70	0.067	66.890
5	19.20	0.069	69.440
6	21.40	0.081	80.932
7	21.50	0.081	81.465
8	18.50	0.066	65.877
9	19.90	0.073	73.050
10	21.50	0.081	81.465
PROMEDIO	20.12	0.074	74.244

Ecuación para el cálculo por el metodo de Francis

$$Q_{real} = C_d * Q_{teorico}$$

$$Q_{teorico} = 1.84 * (b - (0.1 * n * H)) * H^{3/2}$$

$$C_d = 0.9718$$

TESISTA	TESISTA	ASESOR
 JULCAPOMA VARGAS HEBER E. DNI: 47844981	 VILCA FABIAN WILLIAM E. DNI: 48266445	 NÚÑEZ VÁSQUEZ KELY E. CIP: 161114

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL



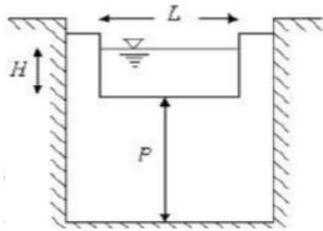
TESIS: Evaluación de la eficiencia técnica de conducción del canal de riego Tres Molinos, Margen Izquierdo del Río Mashcón utilizando vertederos de pared delgada Cajamarca 2021

TESISTAS: Heber Eli Julcapoma Vargas **ASESOR:** Ing. Mg. Kely Núñez Vásquez
William Edilberto Vilca Fabian **FECHA:** **N° FICHA:** 02

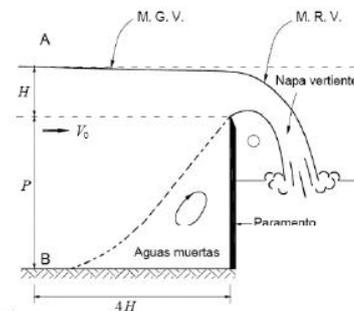
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE CAUDALES UTILIZANDO EL VERTEDERO DE PARED DELGADA DE SECCIÓN RECTANGULAR.

Esquema de vertedero sección rectangular

Sección de vertedero



Vista perfil de vertedero



Caudal de entrada ()

Caudal de salida (x)

PROGRESIVA :

KM - 01+000

HORA:

CONDICIÓN DE TIRANTE :

Vertedero airado (x)

Vertedero ahogado ()

DATOS PRELIMINARES

Longitud de cresta (L): 0.50 m
Umbral del vertedero (P): 0.20 m
Ancho de canal (B): 0.60 m
Número de contracciones: 2
Longitud de contracción (b): 0.05 m

N° de ensayo	H (cm)	Qgen. (m3/s)	Qgen. (l/s)
1	18.20	0.064	64.364
2	18.70	0.067	66.890
3	18.30	0.065	64.868
4	18.90	0.068	67.907
5	18.80	0.067	67.398
6	18.90	0.068	67.907
7	18.50	0.066	65.877
8	18.70	0.067	66.890
9	18.70	0.067	66.890
10	17.10	0.059	58.896
PROMEDIO	18.48	0.066	65.789

Ecuación para el cálculo por el metodo de Francis

$$Q_{real} = C_d * Q_{teorico}$$

$$Q_{teorico} = 1.84 * (b - (0.1 * n * H)) * H^{3/2}$$

$$C_d = 0.9718$$

TESISTA	TESISTA	ASESOR
 JULCAPOMA VARGAS HEBER E. DNI: 47844981	 VILCA FABIAN WILLIAM E. DNI: 48266445	 NÚÑEZ VÁSQUEZ KELY E. CIP: 161114

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL



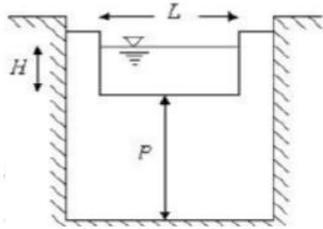
TESIS: Evaluación de la eficiencia técnica de conducción del canal de riego Tres Molinos, Margen Izquierdo del Río Mashcón utilizando vertederos de pared delgada Cajamarca 2021

TESISTAS: Heber Eli Julcapoma Vargas **ASESOR:** Ing. Mg. Kely Núñez Vásquez
William Edilberto Vilca Fabian **FECHA:** **N° FICHA:** 03

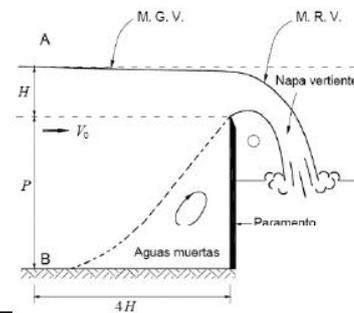
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE CAUDALES UTILIZANDO EL VERTEDERO DE PARED DELGADA DE SECCIÓN RECTANGULAR.

Esquema de vertedero sección rectangular

Sección de vertedero



Vista perfil de vertedero



Caudal de entrada (x)

Caudal de salida ()

PROGRESIVA :

KM - 02+000

HORA:

CONDICIÓN DE TIRANTE :

Vertedero airado (x)

Vertedero ahogado ()

DATOS PRELIMINARES

Longitud de cresta (L): 0.50 m
Umbral del vertedero (P): 0.20 m
Ancho de canal (B): 0.60 m
Número de contracciones: 2
Longitud de contracción (b): 0.05 m

N° de ensayo	H (cm)	Qgen. (m3/s)	Qgen. (l/s)
1	16.70	0.057	56.940
2	16.10	0.054	54.037
3	17.50	0.061	60.870
4	16.50	0.056	55.968
5	16.50	0.056	55.968
6	16.30	0.055	55.000
7	17.40	0.060	60.375
8	17.80	0.062	62.362
9	16.30	0.055	55.000
10	16.90	0.058	57.916
PROMEDIO	16.80	0.057	57.444

Ecuación para el cálculo por el metodo de Francis

$$Q_{real} = C_d * Q_{teorico}$$

$$Q_{teorico} = 1.84 * (b - (0.1 * n * H)) * H^{3/2}$$

$$C_d = 0.9718$$

TESISTA	TESISTA	ASESOR
 JULCAPOMA VARGAS HEBER E. DNI: 47844981	 VILCA FABIAN WILLIAM E. DNI: 48266445	 NÚÑEZ VÁSQUEZ KELY E. CIP: 161114

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL



TESIS: Evaluación de la eficiencia técnica de conducción del canal de riego Tres Molinos, Margen Izquierdo del Río Mashcón utilizando vertederos de pared delgada Cajamarca 2021

TESISTAS: Heber Eli Julcapoma Vargas **ASESOR:** Ing. Mg. Kely Núñez Vásquez
William Edilberto Vilca Fabian **FECHA:** **N° FICHA:** 04

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE CAUDALES UTILIZANDO EL VERTEDERO DE PARED DELGADA DE SECCIÓN RECTANGULAR.

Esquema de vertedero sección rectangular		Caudal de entrada ()	
Vista perfil de vertedero		Caudal de salida (x)	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; color: red;">KM - 03+000</div> <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>
		PROGRESIVA : HORA : CONDICIÓN DE TIRANTE : Vertedero airado (x) Vertedero ahogado ()	
DATOS PRELIMINARES			
		Longitud de cresta (L): 0.50 m Umbral del vertedero (P): 0.20 m Ancho de canal (B): 0.60 m Número de contracciones: 2 Longitud de contracción (b): 0.05 m	

N° de ensayo	H (cm)	Qgen. (m3/s)	Qgen. (l/s)
1	11.50	0.033	33.263
2	12.50	0.038	37.536
3	12.90	0.039	39.286
4	12.70	0.038	38.409
5	11.30	0.032	32.426
6	12.20	0.036	36.239
7	12.70	0.038	38.409
8	11.20	0.032	32.010
9	11.30	0.032	32.426
10	12.40	0.037	37.103
PROMEDIO	12.07	0.036	35.711

Ecuación para el cálculo por el metodo de Francis

$$Q_{real} = C_d * Q_{teorico}$$

$$Q_{teorico} = 1.84 * (b - (0.1 * n * H)) * H^{3/2}$$

$C_d = 0.9718$

TESISTA	TESISTA	ASESOR
 JULCAPOMA VARGAS HEBER E. DNI: 47844981	 VILCA FABIAN WILLIAM E. DNI: 48266445	 NÚÑEZ VÁSQUEZ KELY E. CIP: 161114

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL



TESIS: Evaluación de la eficiencia técnica de conducción del canal de riego Tres Molinos, Margen Izquierdo del Río Mashcón utilizando vertederos de pared delgada Cajamarca 2021

TESISTAS: Heber Eli Julcapoma Vargas **ASESOR:** Ing. Mg. Kely Núñez Vásquez
William Edilberto Vilca Fabian **FECHA:** **N° FICHA:** 05

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE CAUDALES UTILIZANDO EL VERTEDERO DE PARED DELGADA DE SECCIÓN RECTANGULAR.

Esquema de vertedero sección rectangular		Caudal de entrada (x)	Caudal de salida ()
Sección de vertedero		PROGRESIVA :	KM - 04+000
Vista perfil de vertedero		HORA:	
		CONDICIÓN DE TIRANTE :	
		Vertedero airado (x)	Vertedero ahogado ()
		DATOS PRELIMINARES	
		Longitud de cresta (L):	0.50 m
		Umbral del vertedero (P):	0.20 m
		Ancho de canal (B):	0.60 m
		Número de contracciones:	2
		Longitud de contracción (b):	0.05 m

N° de ensayo	H (cm)	Qgen. (m3/s)	Qgen. (l/s)
1	8.20	0.020	20.305
2	9.50	0.025	25.184
3	8.80	0.023	22.518
4	8.30	0.021	20.669
5	8.50	0.021	21.403
6	7.90	0.019	19.225
7	8.50	0.021	21.403
8	8.70	0.022	22.144
9	9.50	0.025	25.184
10	8.80	0.023	22.518
PROMEDIO	8.67	0.022	22.055

Ecuación para el cálculo por el metodo de Francis

$$Q_{real} = C_d * Q_{teorico}$$

$$Q_{teorico} = 1.84 * (b - (0.1 * n * H)) * H^{3/2}$$

$$C_d = 0.9718$$

TESISTA	TESISTA	ASESOR
 JULCAPOMA VARGAS HEBER E. DNI: 47844981	 VILCA FABIAN WILLIAM E. DNI: 48266445	 NÚÑEZ VÁSQUEZ KELY E. CIP: 161114

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL



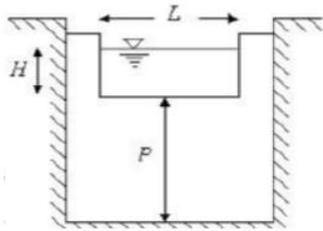
TESIS: Evaluación de la eficiencia técnica de conducción del canal de riego Tres Molinos, Margen Izquierdo del Río Mashcón utilizando vertederos de pared delgada Cajamarca 2021

TESISTAS: Heber Eli Julcapoma Vargas **ASESOR:** Ing. Mg. Kely Núñez Vásquez
William Edilberto Vilca Fabian **FECHA:** **N° FICHA:** 06

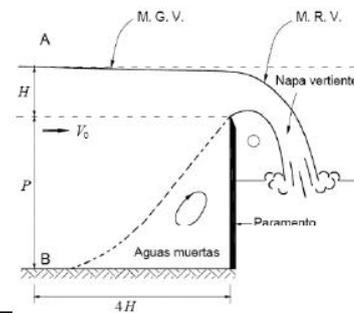
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE CAUDALES UTILIZANDO EL VERTEDERO DE PARED DELGADA DE SECCIÓN RECTANGULAR.

Esquema de vertedero sección rectangular

Sección de vertedero



Vista perfil de vertedero



Caudal de entrada ()

Caudal de salida (x)

PROGRESIVA :

KM - 05+000

HORA:

CONDICIÓN DE TIRANTE :

Vertedero airado (x)

Vertedero ahogado ()

DATOS PRELIMINARES

Longitud de cresta (L): 0.50 m
Umbral del vertedero (P): 0.20 m
Ancho de canal (B): 0.60 m
Número de contracciones: 2
Longitud de contracción (b): 0.05 m

N° de ensayo	H (cm)	Qgen. (m3/s)	Qgen. (l/s)
1	4.30	0.008	7.835
2	5.60	0.012	11.583
3	5.10	0.010	10.087
4	4.80	0.009	9.222
5	5.70	0.012	11.889
6	5.90	0.013	12.510
7	5.30	0.011	10.678
8	5.50	0.011	11.278
9	5.70	0.012	11.889
10	4.10	0.007	7.301
PROMEDIO	5.20	0.010	10.427

Ecuación para el cálculo por el metodo de Francis

$$Q_{real} = C_d * Q_{teorico}$$

$$Q_{teorico} = 1.84 * (b - (0.1 * n * H)) * H^{3/2}$$

$$C_d = 0.9718$$

TESISTA	TESISTA	ASESOR
 JULCAPOMA VARGAS HEBER E. DNI: 47844981	 VILCA FABIAN WILLIAM E. DNI: 48266445	 NÚÑEZ VÁSQUEZ KELY E. CIP: 161114

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL



TESIS: Evaluación de la eficiencia técnica de conducción del canal de riego Tres Molinos, Margen Izquierdo del Río Mashcón utilizando vertederos de pared delgada Cajamarca 2021

TESISTAS: Heber Eli Julcapoma Vargas **ASESOR:** Ing. Mg. Kely Núñez Vásquez
William Edilberto Vilca Fabian **FECHA:** **N° FICHA:** 01

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE CAUDALES UTILIZANDO EL VERTEDERO DE PARED DELGADA DE SECCIÓN RECTANGULAR.

Esquema de vertedero sección rectangular		Caudal de entrada (x)	Caudal de salida ()
Sección de vertedero		PROGRESIVA :	KM - 00+000
Vista perfil de vertedero		HORA:	
		CONDICIÓN DE TIRANTE :	
		Vertedero airado (x)	Vertedero ahogado ()
		DATOS PRELIMINARES	
		Longitud de cresta (L):	0.50 m
		Umbral del vertedero (P):	0.20 m
		Ancho de canal (B):	0.60 m
		Número de contracciones:	2
		Longitud de contracción (b):	0.05 m

N° de ensayo	H (cm)	Qgen. (m3/s)	Qgen. (l/s)
1	21.10	0.079	79.340
2	20.80	0.078	77.756
3	20.60	0.077	76.704
4	19.70	0.072	72.014
5	19.20	0.069	69.440
6	21.50	0.081	81.465
7	21.70	0.083	82.532
8	19.50	0.071	70.982
9	19.90	0.073	73.050
10	21.50	0.081	81.465
PROMEDIO	20.55	0.076	76.475

Ecuación para el cálculo por el metodo de Francis

$$Q_{real} = C_d * Q_{teorico}$$

$$Q_{teórico} = 1.84 * (b - (0.1 * n * H)) * H^{3/2}$$

$$C_d = 0.9718$$

TESISTA	TESISTA	ASESOR
 JULCAPOMA VARGAS HEBER E. DNI: 47844981	 VILCA FABIAN WILLIAM E. DNI: 48266445	 NÚÑEZ-VÁSQUEZ KELY E. CIP: 161114

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL



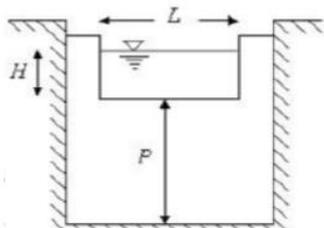
TESIS: Evaluación de la eficiencia técnica de conducción del canal de riego Tres Molinos, Margen Izquierdo del Río Mashcón utilizando vertederos de pared delgada Cajamarca 2021

TESISTAS: Heber Eli Julcapoma Vargas **ASESOR:** Ing. Mg. Kely Núñez Vásquez
William Edilberto Vilca Fabian **FECHA:** **N° FICHA:** 02

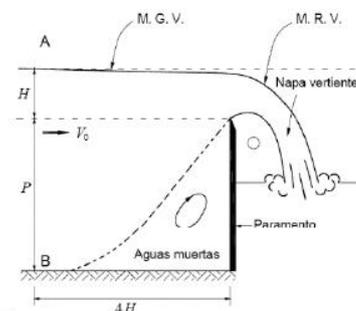
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE CAUDALES UTILIZANDO EL VERTEDERO DE PARED DELGADA DE SECCIÓN RECTANGULAR.

Esquema de vertedero sección rectangular

Sección de vertedero



Vista perfil de vertedero



Caudal de entrada ()

Caudal de salida (x)

PROGRESIVA :

KM - 01+000

HORA:

CONDICIÓN DE TIRANTE :

Vertedero airado (x)

Vertedero ahogado ()

DATOS PRELIMINARES

Longitud de cresta (L): 0.50 m
Umbral del vertedero (P): 0.20 m
Ancho de canal (B): 0.60 m
Número de contracciones: 2
Longitud de contracción (b): 0.05 m

N° de ensayo	H (cm)	Qgen. (m3/s)	Qgen. (l/s)
1	18.20	0.064	64.364
2	18.20	0.064	64.364
3	17.30	0.060	59.881
4	18.80	0.067	67.398
5	18.80	0.067	67.398
6	18.90	0.068	67.907
7	18.40	0.065	65.372
8	18.50	0.066	65.877
9	18.70	0.067	66.890
10	17.10	0.059	58.896
PROMEDIO	18.29	0.065	64.835

Ecuación para el cálculo por el metodo de Francis

$$Q_{real} = C_d * Q_{teorico}$$

$$Q_{teorico} = 1.84 * (b - (0.1 * n * H)) * H^{3/2}$$

$$C_d = 0.9718$$

TESISTA	TESISTA	ASESOR
 JULCAPOMA VARGAS HEBER E. DNI: 47844981	 VILCA FABIAN WILLIAM E. DNI: 48266445	 NÚÑEZ VÁSQUEZ KELY E. CIP: 161114

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL



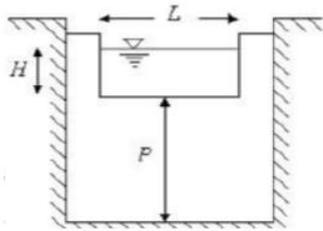
TESIS: Evaluación de la eficiencia técnica de conducción del canal de riego Tres Molinos, Margen Izquierdo del Río Mashcón utilizando vertederos de pared delgada Cajamarca 2021

TESISTAS: Heber Eli Julcapoma Vargas **ASESOR:** Ing. Mg. Kely Núñez Vásquez
William Edilberto Vilca Fabian **FECHA:** **N° FICHA:** 03

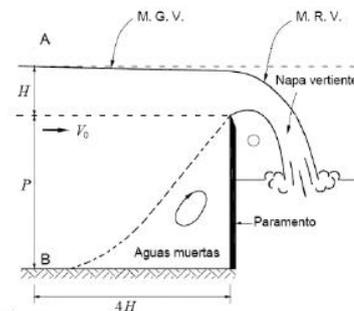
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE CAUDALES UTILIZANDO EL VERTEDERO DE PARED DELGADA DE SECCIÓN RECTANGULAR.

Esquema de vertedero sección rectangular

Sección de vertedero



Vista perfil de vertedero



Caudal de entrada (x)

PROGRESIVA :

HORA:

CONDICIÓN DE TIRANTE :

Vertedero airado (x)

Caudal de salida ()

KM - 02+000

Vertedero ahogado ()

DATOS PRELIMINARES

Longitud de cresta (L): 0.50 m
Umbral del vertedero (P): 0.20 m
Ancho de canal (B): 0.60 m
Número de contracciones: 2
Longitud de contracción (b): 0.05 m

N° de ensayo	H (cm)	Qgen. (m3/s)	Qgen. (l/s)
1	16.80	0.057	57.427
2	15.10	0.049	49.292
3	15.80	0.053	52.601
4	17.10	0.059	58.896
5	16.50	0.056	55.968
6	15.90	0.053	53.079
7	17.80	0.062	62.362
8	17.80	0.062	62.362
9	16.50	0.056	55.968
10	16.90	0.058	57.916
PROMEDIO	16.62	0.057	56.587

Ecuación para el cálculo por el metodo de Francis

$$Q_{real} = C_d * Q_{teorico}$$

$$Q_{teórico} = 1.84 * (b - (0.1 * n * H)) * H^{3/2}$$

$$C_d = 0.9718$$

TESISTA	TESISTA	ASESOR
 JULCAPOMA VARGAS HEBER E. DNI: 47844981	 VILCA FABIAN WILLIAM E. DNI: 48266445	 NÚÑEZ-VÁSQUEZ KELY E. CIP: 161114

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL



TESIS: Evaluación de la eficiencia técnica de conducción del canal de riego Tres Molinos, Margen Izquierdo del Río Mashcón utilizando vertederos de pared delgada Cajamarca 2021

TESISTAS: Heber Eli Julcapoma Vargas

ASESOR:

Ing. Mg. Kely Núñez Vásquez

William Edilberto Vilca Fabian

FECHA:

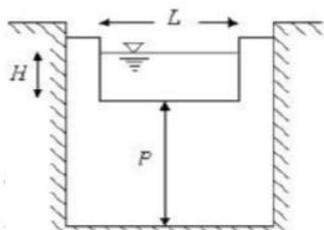
N° FICHA:

04

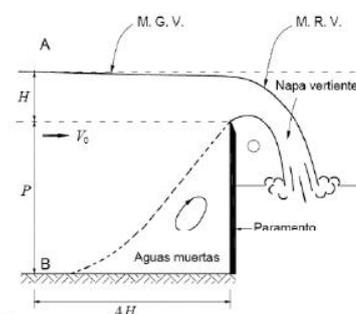
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE CAUDALES UTILIZANDO EL VERTEDERO DE PARED DELGADA DE SECCIÓN RECTANGULAR.

Esquema de vertedero sección rectangular

Sección de vertedero



Vista perfil de vertedero



Caudal de entrada ()

Caudal de salida (x)

PROGRESIVA :

KM - 03+000

HORA:

CONDICIÓN DE TIRANTE :

Vertedero airado (x)

Vertedero ahogado ()

DATOS PRELIMINARES

Longitud de cresta (L): 0.50 m
 Umbral del vertedero (P): 0.20 m
 Ancho de canal (B): 0.60 m
 Número de contracciones: 2
 Longitud de contracción (b): 0.05 m

N° de ensayo	H (cm)	Qgen. (m3/s)	Qgen. (l/s)
1	11.70	0.034	34.106
2	11.50	0.033	33.263
3	10.90	0.031	30.771
4	11.70	0.034	34.106
5	11.50	0.033	33.263
6	12.40	0.037	37.103
7	12.70	0.038	38.409
8	11.20	0.032	32.010
9	11.10	0.032	31.596
10	11.40	0.033	32.844
PROMEDIO	11.61	0.034	33.747

Ecuación para el cálculo por el metodo de Francis

$$Q_{real} = C_d * Q_{teorico}$$

$$Q_{teorico} = 1.84 * (b - (0.1 * n * H)) * H^{3/2}$$

$$C_d = 0.9718$$

TESISTA	TESISTA	ASESOR
 JULCAPOMA VARGAS HEBER E. DNI: 47844981	 VILCA FABIAN WILLIAM E. DNI: 48266445	 NÚÑEZ-VÁSQUEZ KELY E. CIP: 161114

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL



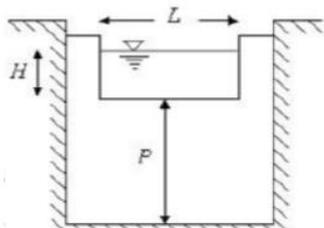
TESIS: Evaluación de la eficiencia técnica de conducción del canal de riego Tres Molinos, Margen Izquierdo del Río Mashcón utilizando vertederos de pared delgada Cajamarca 2021

TESISTAS: Heber Eli Julcapoma Vargas **ASESOR:** Ing. Mg. Kely Núñez Vásquez
William Edilberto Vilca Fabian **FECHA:** **N° FICHA:** 05

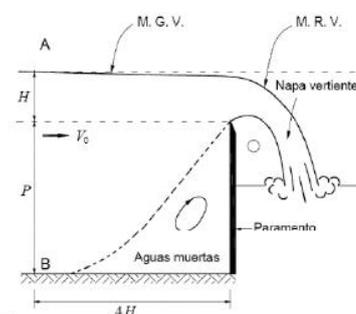
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE CAUDALES UTILIZANDO EL VERTEDERO DE PARED DELGADA DE SECCIÓN RECTANGULAR.

Esquema de vertedero sección rectangular

Sección de vertedero



Vista perfil de vertedero



Caudal de entrada (x)

Caudal de salida ()

PROGRESIVA :

KM - 04+000

HORA:

CONDICIÓN DE TIRANTE :

Vertedero airado (x)

Vertedero ahogado ()

DATOS PRELIMINARES

Longitud de cresta (L): 0.50 m
Umbral del vertedero (P): 0.20 m
Ancho de canal (B): 0.60 m
Número de contracciones: 2
Longitud de contracción (b): 0.05 m

N° de ensayo	H (cm)	Qgen. (m3/s)	Qgen. (l/s)
1	8.10	0.020	19.943
2	8.50	0.021	21.403
3	8.90	0.023	22.893
4	8.50	0.021	21.403
5	8.70	0.022	22.144
6	7.90	0.019	19.225
7	8.70	0.022	22.144
8	8.70	0.022	22.144
9	9.50	0.025	25.184
10	8.80	0.023	22.518
PROMEDIO	8.63	0.022	21.900

Ecuación para el cálculo por el metodo de Francis

$$Q_{real} = C_d * Q_{teorico}$$

$$Q_{teorico} = 1.84 * (b - (0.1 * n * H)) * H^{3/2}$$

$$C_d = 0.9718$$

TESISTA	TESISTA	ASESOR
 JULCAPOMA VARGAS HEBER E. DNI: 47844981	 VILCA FABIAN WILLIAM E. DNI: 48266445	 NÚÑEZ VÁSQUEZ KELY E. CIP: 161114

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL



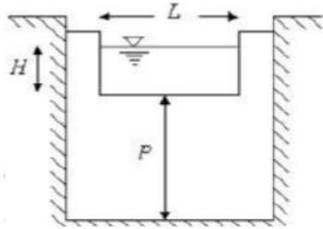
TESIS: Evaluación de la eficiencia técnica de conducción del canal de riego Tres Molinos, Margen Izquierdo del Río Mashcón utilizando vertederos de pared delgada Cajamarca 2021

TESISTAS: Heber Eli Julcapoma Vargas **ASESOR:** Ing. Mg. Kely Núñez Vásquez
William Edilberto Vilca Fabian **FECHA:** **N° FICHA:** 06

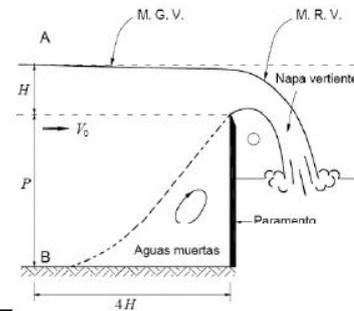
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE CAUDALES UTILIZANDO EL VERTEDERO DE PARED DELGADA DE SECCIÓN RECTANGULAR.

Esquema de vertedero sección rectangular

Sección de vertedero



Vista perfil de vertedero



Caudal de entrada ()

Caudal de salida (x)

PROGRESIVA :

KM - 05+000

HORA:

CONDICIÓN DE TIRANTE :

Vertedero airado (x)

Vertedero ahogado ()

DATOS PRELIMINARES

Longitud de cresta (L): 0.50 m
Umbral del vertedero (P): 0.20 m
Ancho de canal (B): 0.60 m
Número de contracciones: 2
Longitud de contracción (b): 0.05 m

N° de ensayo	H (cm)	Qgen. (m3/s)	Qgen. (l/s)
1	4.50	0.008	8.381
2	5.50	0.011	11.278
3	5.20	0.010	10.381
4	4.60	0.009	8.658
5	5.70	0.012	11.889
6	5.50	0.011	11.278
7	5.30	0.011	10.678
8	5.50	0.011	11.278
9	5.70	0.012	11.889
10	4.10	0.007	7.301
PROMEDIO	5.16	0.010	10.301

Ecuación para el cálculo por el metodo de Francis

$$Q_{real} = C_d * Q_{teorico}$$

$$Q_{teorico} = 1.84 * (b - (0.1 * n * H)) * H^{3/2}$$

$$C_d = 0.9718$$

TESISTA	TESISTA	ASESOR
 JULCAPOMA VARGAS HEBER E. DNI: 47844981	 VILCA FABIAN WILLIAM E. DNI: 48266445	 NÚÑEZ-VÁSQUEZ KELY E. CIP: 161114

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL



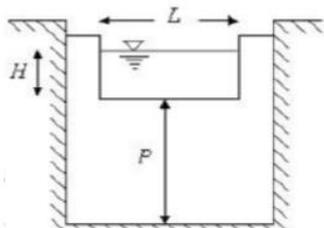
TESIS: Evaluación de la eficiencia técnica de conducción del canal de riego Tres Molinos, Margen Izquierdo del Río Mashcón utilizando vertederos de pared delgada Cajamarca 2021

TESISTAS: Heber Eli Julcapoma Vargas **ASESOR:** Ing. Mg. Kely Núñez Vásquez
William Edilberto Vilca Fabian **FECHA:** **N° FICHA:** 01

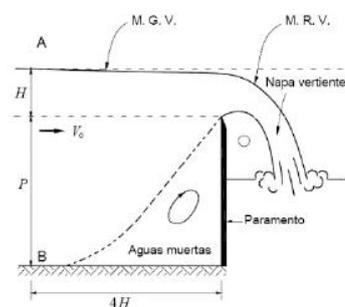
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE CAUDALES UTILIZANDO EL VERTEDERO DE PARED DELGADA DE SECCIÓN RECTANGULAR.

Esquema de vertedero sección rectangular

Sección de vertedero



Vista perfil de vertedero



Caudal de entrada (x)

Caudal de salida ()

PROGRESIVA :

KM - 00+000

HORA:

CONDICIÓN DE TIRANTE :

Vertedero airado (x)

Vertedero ahogado ()

DATOS PRELIMINARES

Longitud de cresta (L): 0.50 m
Umbral del vertedero (P): 0.20 m
Ancho de canal (B): 0.60 m
Número de contracciones: 2
Longitud de contracción (b): 0.05 m

N° de ensayo	H (cm)	Qgen. (m3/s)	Qgen. (l/s)
1	20.50	0.076	76.180
2	19.70	0.072	72.014
3	20.50	0.076	76.180
4	18.80	0.067	67.398
5	19.20	0.069	69.440
6	21.60	0.082	81.998
7	20.56	0.076	76.494
8	19.50	0.071	70.982
9	19.60	0.071	71.498
10	20.50	0.076	76.180
PROMEDIO	20.05	0.074	73.836

Ecuación para el cálculo por el metodo de Francis

$$Q_{real} = C_d * Q_{teorico}$$

$$Q_{teorico} = 1.84 * (b - (0.1 * n * H)) * H^{3/2}$$

$$C_d = 0.9718$$

TESISTA	TESISTA	ASESOR
 JULCAPOMA VARGAS HEBER E. DNI: 47844981	 VILCA FABIAN WILLIAM E. DNI: 48266445	 NÚÑEZ VÁSQUEZ KELY E. CIP: 161114

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL



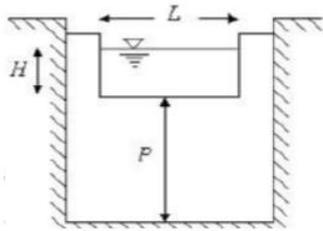
TESIS: Evaluación de la eficiencia técnica de conducción del canal de riego Tres Molinos, Margen Izquierdo del Río Mashcón utilizando vertederos de pared delgada Cajamarca 2021

TESISTAS: Heber Eli Julcapoma Vargas **ASESOR:** Ing. Mg. Kely Núñez Vásquez
William Edilberto Vilca Fabian **FECHA:** **N° FICHA:** 02

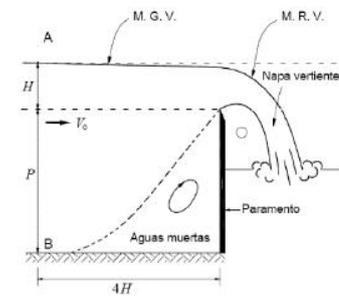
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE CAUDALES UTILIZANDO EL VERTEDERO DE PARED DELGADA DE SECCIÓN RECTANGULAR.

Esquema de vertedero sección rectangular

Sección de vertedero



Vista perfil de vertedero



Caudal de entrada ()

Caudal de salida (x)

PROGRESIVA :

KM - 01+000

HORA:

CONDICIÓN DE TIRANTE :

Vertedero airado (x)

Vertedero ahogado ()

DATOS PRELIMINARES

Longitud de cresta (L): 0.50 m
Umbral del vertedero (P): 0.20 m
Ancho de canal (B): 0.60 m
Número de contracciones: 2
Longitud de contracción (b): 0.05 m

N° de ensayo	H (cm)	Qgen. (m3/s)	Qgen. (l/s)
1	18.70	0.067	66.890
2	18.90	0.068	67.907
3	18.20	0.064	64.364
4	18.50	0.066	65.877
5	18.00	0.063	63.361
6	18.90	0.068	67.907
7	18.40	0.065	65.372
8	18.50	0.066	65.877
9	18.70	0.067	66.890
10	17.10	0.059	58.896
PROMEDIO	18.39	0.065	65.334

Ecuación para el cálculo por el metodo de Francis

$$Q_{real} = C_d * Q_{teorico}$$

$$Q_{teorico} = 1.84 * (b - (0.1 * n * H)) * H^{3/2}$$

$$C_d = 0.9718$$

TESISTA	TESISTA	ASESOR
 JULCAPOMA VARGAS HEBER E. DNI: 47844981	 VILCA FABIAN WILLIAM E. DNI: 48266445	 NÚÑEZ VÁSQUEZ KELY E. CIP: 161114

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL



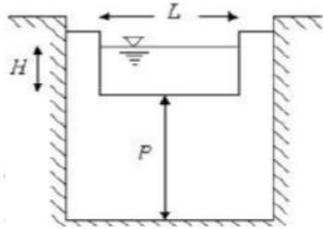
TESIS: Evaluación de la eficiencia técnica de conducción del canal de riego Tres Molinos, Margen Izquierdo del Río Mashcón utilizando vertederos de pared delgada Cajamarca 2021

TESISTAS: Heber Eli Julcapoma Vargas **ASESOR:** Ing. Mg. Kely Núñez Vásquez
 William Edilberto Vilca Fabian **FECHA:** **N° FICHA:** 03

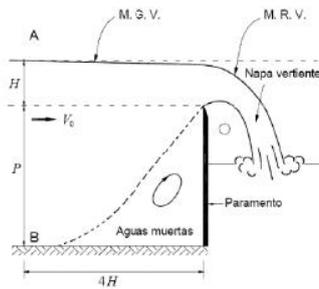
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE CAUDALES UTILIZANDO EL VERTEDERO DE PARED DELGADA DE SECCIÓN RECTANGULAR.

Esquema de vertedero sección rectangular

Sección de vertedero



Vista perfil de vertedero



Caudal de entrada (x)

Caudal de salida ()

PROGRESIVA :

KM - 02+000

HORA:

CONDICIÓN DE TIRANTE :

Vertedero airado (x)

Vertedero ahogado ()

DATOS PRELIMINARES

Longitud de cresta (L): 0.50 m
 Umbral del vertedero (P): 0.20 m
 Ancho de canal (B): 0.60 m
 Número de contracciones: 2
 Longitud de contracción (b): 0.05 m

N° de ensayo	H (cm)	Qgen. (m3/s)	Qgen. (l/s)
1	15.70	0.052	52.125
2	16.20	0.055	54.518
3	17.70	0.062	61.863
4	16.80	0.057	57.427
5	17.00	0.058	58.406
6	16.30	0.055	55.000
7	15.40	0.051	50.703
8	16.80	0.057	57.427
9	16.50	0.056	55.968
10	16.90	0.058	57.916
PROMEDIO	16.53	0.056	56.135

Ecuación para el cálculo por el metodo de Francis

$$Q_{real} = C_d * Q_{teorico}$$

$$Q_{teorico} = 1.84 * (b - (0.1 * n * H)) * H^{3/2}$$

$$C_d = 0.9718$$

TESISTA	TESISTA	ASESOR
 JULCAPOMA VARGAS HEBER E. DNI: 47844981	 VILCA FABIAN WILLAM E. DNI: 48266445	 NÚÑEZ VÁSQUEZ KELY E. CIP: 161114

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL



TESIS: Evaluación de la eficiencia técnica de conducción del canal de riego Tres Molinos, Margen Izquierdo del Río Mashcón utilizando vertederos de pared delgada Cajamarca 2021

TESISTAS: Heber Eli Julcapoma Vargas **ASESOR:** Ing. Mg. Kely Núñez Vásquez
 William Edilberto Vilca Fabian **FECHA:** **N° FICHA:** 04

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE CAUDALES UTILIZANDO EL VERTEDERO DE PARED DELGADA DE SECCIÓN RECTANGULAR.

Esquema de vertedero sección rectangular		Caudal de entrada ()	Caudal de salida (x)
Vista perfil de vertedero		PROGRESIVA :	KM - 03+000
		HORA:	
		CONDICIÓN DE TIRANTE :	
		Vertedero airado (x) Vertedero ahogado ()	
		DATOS PRELIMINARES	
		Longitud de cresta (L):	0.50 m
		Umbral del vertedero (P):	0.20 m
		Ancho de canal (B):	0.60 m
		Número de contracciones:	2
		Longitud de contracción (b):	0.05 m

N° de ensayo	H (cm)	Qgen. (m3/s)	Qgen. (l/s)
1	11.30	0.032	32.426
2	12.50	0.038	37.536
3	12.70	0.038	38.409
4	12.80	0.039	38.847
5	11.30	0.032	32.426
6	12.20	0.036	36.239
7	12.70	0.038	38.409
8	11.20	0.032	32.010
9	11.10	0.032	31.596
10	12.40	0.037	37.103
PROMEDIO	12.02	0.035	35.500

Ecuación para el cálculo por el metodo de Francis

$$Q_{real} = C_d * Q_{teorico}$$

$$Q_{teorico} = 1.84 * (b - (0.1 * n * H)) * H^{3/2}$$

$C_d = 0.9718$

TESISTA	TESISTA	ASESOR
 JULCAPOMA VARGAS HEBER E. DNI: 47844981	 VILCA FABIAN WILLIAM E. DNI: 48266445	 NÚÑEZ VÁSQUEZ KELY E. CIP: 161114

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL



TESIS: Evaluación de la eficiencia técnica de conducción del canal de riego Tres Molinos, Margen Izquierdo del Río Mashcón utilizando vertederos de pared delgada Cajamarca 2021

TESISTAS: Heber Eli Julcapoma Vargas

ASESOR:

Ing. Mg. Kely Núñez Vásquez

William Edilberto Vilca Fabian

FECHA:

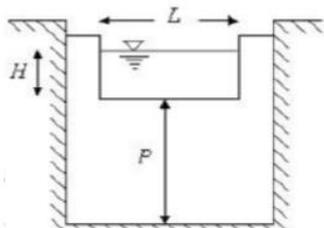
N° FICHA:

05

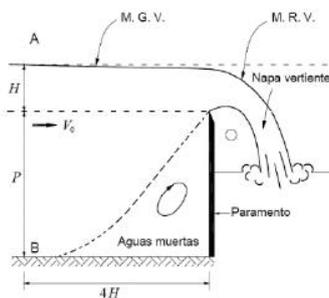
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE CAUDALES UTILIZANDO EL VERTEDERO DE PARED DELGADA DE SECCIÓN RECTANGULAR.

Esquema de vertedero sección rectangular

Sección de vertedero



Vista perfil de vertedero



Caudal de entrada (x)

Caudal de salida ()

PROGRESIVA :

KM - 04+000

HORA:

CONDICIÓN DE TIRANTE :

Vertedero airado (x)

Vertedero ahogado ()

DATOS PRELIMINARES

Longitud de cresta (L): 0.50 m
Umbral del vertedero (P): 0.20 m
Ancho de canal (B): 0.60 m
Número de contracciones: 2
Longitud de contracción (b): 0.05 m

N° de ensayo	H (cm)	Qgen. (m3/s)	Qgen. (l/s)
1	8.10	0.020	19.943
2	7.90	0.019	19.225
3	8.80	0.023	22.518
4	8.30	0.021	20.669
5	8.70	0.022	22.144
6	7.50	0.018	17.813
7	8.20	0.020	20.305
8	8.70	0.022	22.144
9	9.50	0.025	25.184
10	8.80	0.023	22.518
PROMEDIO	8.45	0.021	21.246

Ecuación para el cálculo por el metodo de Francis

$$Q_{real} = C_d * Q_{teorico}$$

$$Q_{teorico} = 1.84 * (b - (0.1 * n * H)) * H^{3/2}$$

$$C_d = 0.9718$$

TESISTA

TESISTA

ASESOR

JULCAPOMA VARGAS HEBER E.

DNI: 47844981

VILCA FABIAN WILLIAM E.

DNI: 48266445

NÚÑEZ VÁSQUEZ KELY E.

CIP: 161114



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

TESIS:	Evaluación de la eficiencia técnica de conducción del canal de riego Tres Molinos, Margen Izquierdo del Río Mashcón utilizando vertederos de pared delgada Cajamarca 2021		
TESISTAS:	Heber Eli Julcapoma Vargas	ASESOR:	Ing. Mg. Kely Núñez Vásquez
	William Edilberto Vilca Fabian	FECHA:	N° FICHA: 06

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE CAUDALES UTILIZANDO EL VERTEDERO DE PARED DELGADA DE SECCIÓN RECTANGULAR.

<p>Esquema de vertedero sección rectangular</p> <p>Sección de vertedero</p> <p>Vista perfil de vertedero</p>		<p>Caudal de entrada ()</p> <p>PROGRESIVA :</p> <p>HORA:</p> <p>CONDICIÓN DE TIRANTE :</p> <p>Vertedero airado (x) Vertedero ahogado ()</p>	<p>Caudal de salida (x)</p> <p align="center">KM - 05+000</p>
	<p>DATOS PRELIMINARES</p> <p>Longitud de cresta (L): 0.50 m</p> <p>Umbral del vertedero (P): 0.20 m</p> <p>Ancho de canal (B): 0.60 m</p> <p>Número de contracciones: 2</p> <p>Longitud de contracción (b): 0.05 m</p>		

N° de ensayo	H (cm)	Qgen. (m3/s)	Qgen. (l/s)
1	5.30	0.011	10.678
2	4.50	0.008	8.381
3	4.10	0.007	7.301
4	5.60	0.012	11.583
5	5.40	0.011	10.977
6	5.40	0.011	10.977
7	5.10	0.010	10.087
8	5.60	0.012	11.583
9	5.40	0.011	10.977
10	4.20	0.008	7.566
PROMEDIO	5.06	0.010	10.011

Ecuación para el cálculo por el metodo de Francis

$$Q_{real} = C_d * Q_{teorico}$$

$$Q_{teorico} = 1.84 * (b - (0.1 * n * H)) * H^{3/2}$$

$C_d = 0.9718$

TESISTA	TESISTA	ASESOR
 JULCAPOMA VARGAS HEBER E. DNI: 47844981	 VILCA FABIAN WILLIAM E. DNI: 48266445	 NÚÑEZ VÁSQUEZ KELY E. CIP: 161114

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL



TESIS: Evaluación de la eficiencia técnica de conducción del canal de riego Tres Molinos, Margen Izquierdo del Río Mashcón utilizando vertederos de pared delgada Cajamarca 2021

TESISTAS: Heber Eli Julcapoma Vargas **ASESOR:** Ing. Mg. Kely Núñez Vásquez
William Edilberto Vilca Fabian **FECHA:** **N° FICHA:** 01

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE CAUDALES UTILIZANDO EL VERTEDERO DE PARED DELGADA DE SECCIÓN RECTANGULAR.

<p>Esquema de vertedero sección rectangular</p> <p>Vista perfil de vertedero</p>	<p>Caudal de entrada (x) Caudal de salida ()</p> <p>PROGRESIVA : KM - 00+000</p> <p>HORA: </p> <p>CONDICIÓN DE TIRANTE :</p> <p style="text-align: center;">Vertedero airado (x) Vertedero ahogado ()</p> <p align="center">DATOS PRELIMINARES</p> <p>Longitud de cresta (L): 0.50 m</p> <p>Umbral del vertedero (P): 0.20 m</p> <p>Ancho de canal (B): 0.60 m</p> <p>Número de contracciones: 2</p> <p>Longitud de contracción (b): 0.05 m</p>
--	---

N° de ensayo	H (cm)	Qgen. (m3/s)	Qgen. (l/s)
1	20.40	0.076	75.656
2	19.70	0.072	72.014
3	20.70	0.077	77.230
4	18.50	0.066	65.877
5	19.20	0.069	69.440
6	21.60	0.082	81.998
7	21.60	0.082	81.998
8	18.80	0.067	67.398
9	19.60	0.071	71.498
10	20.50	0.076	76.180
PROMEDIO	20.06	0.074	73.929

Ecuación para el cálculo por el metodo de Francis

$$Q_{real} = C_d * Q_{teorico}$$

$$Q_{teorico} = 1.84 * (b - (0.1 * n * H)) * H^{3/2}$$

$$C_d = 0.9718$$

TESISTA	TESISTA	ASESOR
 <hr/> JULCAPOMA VARGAS HEBER E. DNI: 47844981	 <hr/> VILCA FABIAN WILLIAM E. DNI: 48266445	 <hr/> NÚÑEZ VÁSQUEZ KELY E. CIP: 161114

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL



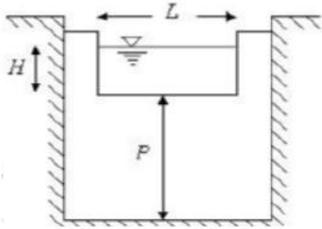
TESIS: Evaluación de la eficiencia técnica de conducción del canal de riego Tres Molinos, Margen Izquierdo del Río Mashcón utilizando vertederos de pared delgada Cajamarca 2021

TESISTAS: Heber Eli Julcapoma Vargas **ASESOR:** Ing. Mg. Kely Núñez Vásquez
 William Edilberto Vilca Fabian **FECHA:** **N° FICHA:** 02

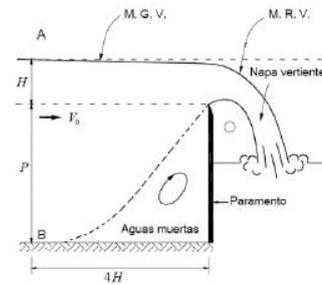
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE CAUDALES UTILIZANDO EL VERTEDERO DE PARED DELGADA DE SECCIÓN RECTANGULAR.

Esquema de vertedero sección rectangular

Sección de vertedero



Vista perfil de vertedero



Caudal de entrada ()

Caudal de salida (x)

PROGRESIVA :

KM - 01+000

HORA:

CONDICIÓN DE TIRANTE :

Vertedero airado (x)

Vertedero ahogado ()

DATOS PRELIMINARES

Longitud de cresta (L): 0.50 m
 Umbral del vertedero (P): 0.20 m
 Ancho de canal (B): 0.60 m
 Número de contracciones: 2
 Longitud de contracción (b): 0.05 m

N° de ensayo	H (cm)	Qgen. (m3/s)	Qgen. (l/s)
1	18.30	0.065	64.868
2	18.80	0.067	67.398
3	18.40	0.065	65.372
4	19.00	0.068	68.417
5	18.90	0.068	67.907
6	18.10	0.064	63.862
7	18.50	0.066	65.877
8	18.60	0.066	66.383
9	18.80	0.067	67.398
10	17.20	0.059	59.388
PROMEDIO	18.46	0.066	65.687

Ecuación para el cálculo por el metodo de Francis

$$Q_{real} = C_d * Q_{teorico}$$

$$Q_{teorico} = 1.84 * (b - (0.1 * n * H)) * H^{3/2}$$

$$C_d = 0.9718$$

TESISTA	TESISTA	ASESOR
 JULCAPOMA VARGAS HEBER E. DNI: 47844981	 VILCA FABIAN WILLIAM E. DNI: 48266445	 NÚÑEZ VÁSQUEZ KELY E. CIP: 161114

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL



TESIS: Evaluación de la eficiencia técnica de conducción del canal de riego Tres Molinos, Margen Izquierdo del Río Mashcón utilizando vertederos de pared delgada Cajamarca 2021

TESISTAS: Heber Eli Julcapoma Vargas **ASESOR:** Ing. Mg. Kely Núñez Vásquez
 William Edilberto Vilca Fabian **FECHA:** **N° FICHA:** 04

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE CAUDALES UTILIZANDO EL VERTEDERO DE PARED DELGADA DE SECCIÓN RECTANGULAR.

<p>Esquema de vertedero sección rectangular</p> <p>Vista perfil de vertedero</p>	<p>Caudal de entrada () Caudal de salida (x)</p> <p>PROGRESIVA : KM - 03+000</p> <p>HORA: </p> <p>CONDICIÓN DE TIRANTE :</p> <p style="text-align: center;">Vertedero airado (x) Vertedero ahogado ()</p> <p align="center">DATOS PRELIMINARES</p> <p>Longitud de cresta (L): 0.50 m</p> <p>Umbral del vertedero (P): 0.20 m</p> <p>Ancho de canal (B): 0.60 m</p> <p>Número de contracciones: 2</p> <p>Longitud de contracción (b): 0.05 m</p>
--	---

N° de ensayo	H (cm)	Qgen. (m3/s)	Qgen. (l/s)
1	11.70	0.034	34.106
2	11.50	0.033	33.263
3	11.90	0.035	34.955
4	12.70	0.038	38.409
5	12.30	0.037	36.670
6	11.20	0.032	32.010
7	11.50	0.033	33.263
8	12.50	0.038	37.536
9	12.30	0.037	36.670
10	11.40	0.033	32.844
PROMEDIO	11.90	0.035	34.973

Ecuación para el cálculo por el metodo de Francis

$$Q_{real} = C_d * Q_{teorico}$$

$$Q_{teorico} = 1.84 * (b - (0.1 * n * H)) * H^{3/2}$$

$C_d = 0.9718$

TESISTA	TESISTA	ASESOR
 JULCAPOMA VARGAS HEBER E. DNI: 47844981	 VILCA FABIAN WILLIAM E. DNI: 48266445	 NÚÑEZ VÁSQUEZ KELY E. CIP: 161114

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL



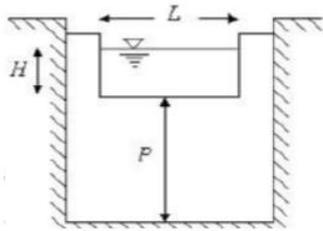
TESIS: Evaluación de la eficiencia técnica de conducción del canal de riego Tres Molinos, Margen Izquierdo del Río Mashcón utilizando vertederos de pared delgada Cajamarca 2021

TESISTAS: Heber Eli Julcapoma Vargas **ASESOR:** Ing. Mg. Kely Núñez Vásquez
William Edilberto Vilca Fabian **FECHA:** **N° FICHA:** 05

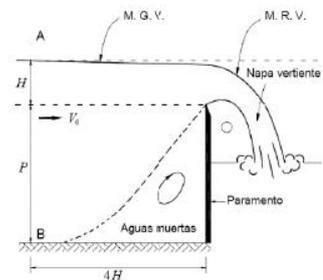
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE CAUDALES UTILIZANDO EL VERTEDERO DE PARED DELGADA DE SECCIÓN RECTANGULAR.

Esquema de vertedero sección rectangular

Sección de vertedero



Vista perfil de vertedero



Caudal de entrada (x)

Caudal de salida ()

PROGRESIVA :

KM - 04+000

HORA:

CONDICIÓN DE TIRANTE :

Vertedero airado (x)

Vertedero ahogado ()

DATOS PRELIMINARES

Longitud de cresta (L): 0.50 m
Umbral del vertedero (P): 0.20 m
Ancho de canal (B): 0.60 m
Número de contracciones: 2
Longitud de contracción (b): 0.05 m

N° de ensayo	H (cm)	Qgen. (m3/s)	Qgen. (l/s)
1	8.40	0.021	21.035
2	9.70	0.026	25.962
3	8.90	0.023	22.893
4	8.40	0.021	21.035
5	8.60	0.022	21.773
6	8.00	0.020	19.583
7	8.50	0.021	21.403
8	8.80	0.023	22.518
9	8.50	0.021	21.403
10	7.80	0.019	18.869
PROMEDIO	8.56	0.022	21.647

Ecuación para el cálculo por el metodo de Francis

$$Q_{real} = C_d * Q_{teorico}$$

$$Q_{teórico} = 1.84 * (b - (0.1 * n * H)) * H^{3/2}$$

$$C_d = 0.9718$$

TESISTA	TESISTA	ASESOR
 JULCAPOMA VARGAS HEBER E. DNI: 47844981	 VILCA FABIAN WILLIAM E. DNI: 48266445	 NÚÑEZ VÁSQUEZ KELY E. CIP: 161114

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL



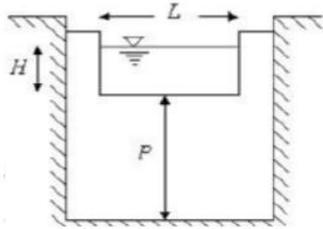
TESIS: Evaluación de la eficiencia técnica de conducción del canal de riego Tres Molinos, Margen Izquierdo del Río Mashcón utilizando vertederos de pared delgada Cajamarca 2021

TESISTAS: Heber Eli Julcapoma Vargas **ASESOR:** Ing. Mg. Kely Núñez Vásquez
 William Edilberto Vilca Fabian **FECHA:** **N° FICHA:** 06

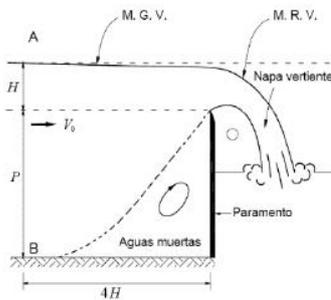
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE CAUDALES UTILIZANDO EL VERTEDERO DE PARED DELGADA DE SECCIÓN RECTANGULAR.

Esquema de vertedero sección rectangular

Sección de vertedero



Vista perfil de vertedero



Caudal de entrada ()

Caudal de salida (x)

PROGRESIVA :

KM - 05+000

HORA:

CONDICIÓN DE TIRANTE :

Vertedero airado (x)

Vertedero ahogado ()

DATOS PRELIMINARES

Longitud de cresta (L): 0.50 m
 Umbral del vertedero (P): 0.20 m
 Ancho de canal (B): 0.60 m
 Número de contracciones: 2
 Longitud de contracción (b): 0.05 m

N° de ensayo	H (cm)	Qgen. (m3/s)	Qgen. (l/s)
1	4.30	0.008	7.835
2	4.50	0.008	8.381
3	5.80	0.012	12.199
4	4.70	0.009	8.939
5	5.40	0.011	10.977
6	5.70	0.012	11.889
7	5.30	0.011	10.678
8	4.80	0.009	9.222
9	4.75	0.009	9.080
10	4.10	0.007	7.301
PROMEDIO	4.94	0.010	9.650

Ecuación para el cálculo por el metodo de Francis

$$Q_{real} = C_d * Q_{teorico}$$

$$Q_{teorico} = 1.84 * (b - (0.1 * n * H)) * H^{3/2}$$

$$C_d = 0.9718$$

TESISTA	TESISTA	ASESOR
 JULCAPOMA VARGAS HEBER E. DNI: 47844981	 VILCA FABIAN WILLIAM E. DNI: 48266445	 NÚÑEZ VÁSQUEZ KELY E. CIP: 161114

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL



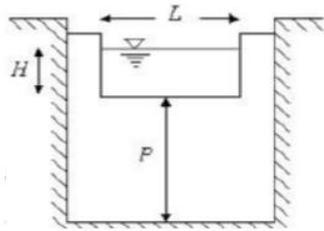
TESIS: Evaluación de la eficiencia técnica de conducción del canal de riego Tres Molinos, Margen Izquierdo del Río Mashcón utilizando vertederos de pared delgada Cajamarca 2021

TESISTAS: Heber Eli Julcapoma Vargas **ASESOR:** Ing. Mg. Kely Núñez Vásquez
William Edilberto Vilca Fabian **FECHA:** **N° FICHA:** 01

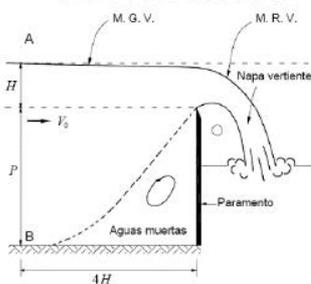
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE CAUDALES UTILIZANDO EL VERTEDERO DE PARED DELGADA DE SECCIÓN RECTANGULAR.

Esquema de vertedero sección rectangular

Sección de vertedero



Vista perfil de vertedero



Caudal de entrada (x)

Caudal de salida ()

PROGRESIVA :

KM - 00+000

HORA:

CONDICIÓN DE TIRANTE :

Vertedero airado (x)

Vertedero ahogado ()

DATOS PRELIMINARES

Longitud de cresta (L): 0.50 m
Umbral del vertedero (P): 0.20 m
Ancho de canal (B): 0.60 m
Número de contracciones: 2
Longitud de contracción (b): 0.05 m

N° de ensayo	H (cm)	Qgen. (m3/s)	Qgen. (l/s)
1	21.10	0.079	79.340
2	20.80	0.078	77.756
3	21.50	0.081	81.465
4	19.70	0.072	72.014
5	20.50	0.076	76.180
6	22.40	0.086	86.292
7	22.60	0.087	87.373
8	19.50	0.071	70.982
9	20.90	0.078	78.283
10	22.50	0.087	86.832
PROMEDIO	21.15	0.080	79.652

Ecuación para el cálculo por el metodo de Francis

$$Q_{real} = C_d * Q_{teorico}$$

$$Q_{teorico} = 1.84 * (b - (0.1 * n * H)) * H^{3/2}$$

$$C_d = 0.9718$$

TESISTA	TESISTA	ASESOR
 JULCAPOMA VARGAS HEBER E. DNI: 47844981	 VILCA FABIAN WILLIAM E. DNI: 48266445	 NÚÑEZ-VÁSQUEZ KELY E. CIP: 161114

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL



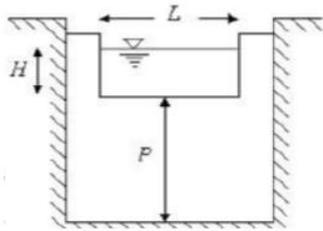
TESIS: Evaluación de la eficiencia técnica de conducción del canal de riego Tres Molinos, Margen Izquierdo del Río Mashcón utilizando vertederos de pared delgada Cajamarca 2021

TESISTAS: Heber Eli Julcapoma Vargas **ASESOR:** Ing. Mg. Kely Núñez Vásquez
William Edilberto Vilca Fabian **FECHA:** **N° FICHA:** 02

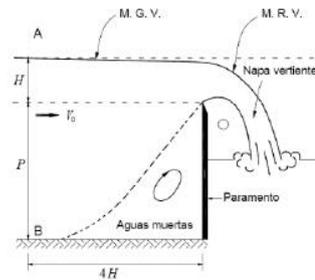
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE CAUDALES UTILIZANDO EL VERTEDERO DE PARED DELGADA DE SECCIÓN RECTANGULAR.

Esquema de vertedero sección rectangular

Sección de vertedero



Vista perfil de vertedero



Caudal de entrada ()

Caudal de salida (x)

PROGRESIVA :

KM - 01+000

HORA:

CONDICIÓN DE TIRANTE :

Vertedero airado (x)

Vertedero ahogado ()

DATOS PRELIMINARES

Longitud de cresta (L): 0.50 m
Umbral del vertedero (P): 0.20 m
Ancho de canal (B): 0.60 m
Número de contracciones: 2
Longitud de contracción (b): 0.05 m

N° de ensayo	H (cm)	Qgen. (m3/s)	Qgen. (l/s)
1	19.20	0.069	69.440
2	19.70	0.072	72.014
3	19.30	0.070	69.953
4	19.50	0.071	70.982
5	19.90	0.073	73.050
6	19.50	0.071	70.982
7	19.50	0.071	70.982
8	19.50	0.071	70.982
9	19.70	0.072	72.014
10	18.10	0.064	63.862
PROMEDIO	19.39	0.070	70.426

Ecuación para el cálculo por el metodo de Francis

$$Q_{real} = C_d * Q_{teorico}$$

$$Q_{teorico} = 1.84 * (b - (0.1 * n * H)) * H^{3/2}$$

$$C_d = 0.9718$$

TESISTA	TESISTA	ASESOR
 JULCAPOMA VARGAS HEBER E. DNI: 47844981	 VILCA FABIAN WILLIAM E. DNI: 48266445	 NÚÑEZ VÁSQUEZ KELY E. CIP: 161114

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL



TESIS: Evaluación de la eficiencia técnica de conducción del canal de riego Tres Molinos, Margen Izquierdo del Río Mashcón utilizando vertederos de pared delgada Cajamarca 2021

TESISTAS: Heber Eli Julcapoma Vargas **ASESOR:** Ing. Mg. Kely Núñez Vásquez
 William Edilberto Vilca Fabian **FECHA:** **N° FICHA:** 03

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE CAUDALES UTILIZANDO EL VERTEDERO DE PARED DELGADA DE SECCIÓN RECTANGULAR.

<p>Esquema de vertedero sección rectangular</p>		<p>Caudal de entrada (x)</p>	<p>Caudal de salida ()</p>
<p>Vista perfil de vertedero</p>		<p>PROGRESIVA : KM - 02+000</p> <p>HORA: </p> <p>CONDICIÓN DE TIRANTE :</p> <p style="padding-left: 20px;">Vertedero airado (x) Vertedero ahogado ()</p> <p align="center">DATOS PRELIMINARES</p> <p>Longitud de cresta (L): 0.50 m</p> <p>Umbral del vertedero (P): 0.20 m</p> <p>Ancho de canal (B): 0.60 m</p> <p>Número de contracciones: 2</p> <p>Longitud de contracción (b): 0.05 m</p>	

N° de ensayo	H (cm)	Qgen. (m3/s)	Qgen. (l/s)
1	17.70	0.062	61.863
2	17.10	0.059	58.896
3	18.50	0.066	65.877
4	17.50	0.061	60.870
5	17.50	0.061	60.870
6	17.30	0.060	59.881
7	18.40	0.065	65.372
8	18.70	0.067	66.890
9	17.30	0.060	59.881
10	17.90	0.063	62.861
PROMEDIO	17.79	0.062	62.326

Ecuación para el cálculo por el metodo de Francis

$$Q_{real} = C_d * Q_{teorico}$$

$$Q_{teorico} = 1.84 * (b - (0.1 * n * H)) * H^{3/2}$$

$C_d = 0.9718$

TESISTA	TESISTA	ASESOR
 <hr/> JULCAPOMA VARGAS HEBER E. DNI: 47844981	 <hr/> VILCA FABIAN WILLIAM E. DNI: 48266445	 <hr/> NÚÑEZ VÁSQUEZ KELY E. CIP: 161114

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL



TESIS: Evaluación de la eficiencia técnica de conducción del canal de riego Tres Molinos, Margen Izquierdo del Río Mashcón utilizando vertederos de pared delgada Cajamarca 2021

TESISTAS: Heber Eli Julcapoma Vargas **ASESOR:** Ing. Mg. Kely Núñez Vásquez
William Edilberto Vilca Fabian **FECHA:** **N° FICHA:** 04

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE CAUDALES UTILIZANDO EL VERTEDERO DE PARED DELGADA DE SECCIÓN RECTANGULAR.

<p>Esquema de vertedero sección rectangular</p>		<p>Caudal de entrada ()</p>	<p>Caudal de salida (x)</p>
<p>Vista perfil de vertedero</p>		<p>PROGRESIVA : KM - 03+000</p> <p>HORA: </p> <p>CONDICIÓN DE TIRANTE :</p> <p style="text-align: center;">Vertedero airado (x) Vertedero ahogado ()</p>	
DATOS PRELIMINARES			
Longitud de cresta (L):		0.50 m	
Umbral del vertedero (P):		0.20 m	
Ancho de canal (B):		0.60 m	
Número de contracciones:		2	
Longitud de contracción (b):		0.05 m	

N° de ensayo	H (cm)	Qgen. (m3/s)	Qgen. (l/s)
1	12.50	0.038	37.536
2	13.50	0.042	41.952
3	13.90	0.044	43.757
4	13.70	0.043	42.852
5	12.30	0.037	36.670
6	13.20	0.041	40.613
7	13.70	0.043	42.852
8	12.50	0.038	37.536
9	12.10	0.036	35.809
10	13.40	0.042	41.505
PROMEDIO	13.08	0.040	40.108

Ecuación para el cálculo por el metodo de Francis

$$Q_{real} = C_d * Q_{teorico}$$

$$Q_{teórico} = 1.84 * (b - (0.1 * n * H)) * H^{3/2}$$

$$C_d = 0.9718$$

TESISTA	TESISTA	ASESOR
 <hr/> JULCAPOMA VARGAS HEBER E. DNI: 47844981	 <hr/> VILCA FABIAN WILLIAM E. DNI: 48266445	 <hr/> NÚÑEZ VÁSQUEZ KELY E. CIP: 161114

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL



TESIS: Evaluación de la eficiencia técnica de conducción del canal de riego Tres Molinos, Margen Izquierdo del Río Mashcón utilizando vertederos de pared delgada Cajamarca 2021

TESISTAS: Heber Eli Julcapoma Vargas **ASESOR:** Ing. Mg. Kely Núñez Vásquez
 William Edilberto Vilca Fabian **FECHA:** **N° FICHA:** 05

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE CAUDALES UTILIZANDO EL VERTEDERO DE PARED DELGADA DE SECCIÓN RECTANGULAR.

<p>Esquema de vertedero sección rectangular</p>		<p>Caudal de entrada (x)</p>	<p>Caudal de salida ()</p>
<p>Sección de vertedero</p>		<p>PROGRESIVA : KM - 04+000</p> <p>HORA: </p> <p>CONDICIÓN DE TIRANTE :</p> <p style="text-align: center;">Vertedero airado (x) Vertedero ahogado ()</p>	
<p>Vista perfil de vertedero</p>		<p>DATOS PRELIMINARES</p>	
		<p>Longitud de cresta (L): 0.50 m</p> <p>Umbral del vertedero (P): 0.20 m</p> <p>Ancho de canal (B): 0.60 m</p> <p>Número de contracciones: 2</p> <p>Longitud de contracción (b): 0.05 m</p>	

N° de ensayo	H (cm)	Qgen. (m3/s)	Qgen. (l/s)
1	9.20	0.024	24.031
2	10.50	0.029	29.142
3	9.80	0.026	26.353
4	9.30	0.024	24.413
5	9.50	0.025	25.184
6	8.90	0.023	22.893
7	9.50	0.025	25.184
8	9.70	0.026	25.962
9	10.50	0.029	29.142
10	9.80	0.026	26.353
PROMEDIO	9.67	0.026	25.866

Ecuación para el cálculo por el metodo de Francis

$$Q_{real} = C_d * Q_{teorico}$$

$$Q_{teorico} = 1.84 * (b - (0.1 * n * H)) * H^{3/2}$$

$C_d = 0.9718$

TESISTA	TESISTA	ASESOR
 JULCAPOMA VARGAS HEBER E. DNI: 47844981	 VILCA FABIAN WILLIAM E. DNI: 48266445	 NÚÑEZ VÁSQUEZ KELY E. CIP: 161114

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL



TESIS: Evaluación de la eficiencia técnica de conducción del canal de riego Tres Molinos, Margen Izquierdo del Río Mashcón utilizando vertederos de pared delgada Cajamarca 2021

TESISTAS: Heber Eli Julcapoma Vargas **ASESOR:** Ing. Mg. Kely Núñez Vásquez
 William Edilberto Vilca Fabian **FECHA:** **N° FICHA:** 06

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE CAUDALES UTILIZANDO EL VERTEDERO DE PARED DELGADA DE SECCIÓN RECTANGULAR.

<p>Esquema de vertedero sección rectangular</p>		<p>Caudal de entrada ()</p>	<p>Caudal de salida (x)</p>
<p>Vista perfil de vertedero</p>		<p>PROGRESIVA : KM - 05+000</p> <p>HORA: </p> <p>CONDICIÓN DE TIRANTE :</p> <p style="text-align: center;">Vertedero airado (x) Vertedero ahogado ()</p>	<p align="center">DATOS PRELIMINARES</p> <p>Longitud de cresta (L): 0.50 m</p> <p>Umbral del vertedero (P): 0.20 m</p> <p>Ancho de canal (B): 0.60 m</p> <p>Número de contracciones: 2</p> <p>Longitud de contracción (b): 0.05 m</p>

N° de ensayo	H (cm)	Qgen. (m3/s)	Qgen. (l/s)
1	5.30	0.011	10.678
2	6.60	0.015	14.759
3	6.10	0.013	13.141
4	5.60	0.012	11.583
5	6.50	0.014	14.431
6	6.50	0.014	14.431
7	6.30	0.014	13.781
8	6.50	0.014	14.431
9	6.70	0.015	15.090
10	5.10	0.010	10.087
PROMEDIO	6.12	0.013	13.241

Ecuación para el cálculo por el metodo de Francis

$$Q_{real} = C_d * Q_{teorico}$$

$$Q_{teorico} = 1.84 * (b - (0.1 * n * H)) * H^{3/2}$$

$C_d = 0.9718$

TESISTA	TESISTA	ASESOR
 JULCAPOMA VARGAS HEBER E. DNI: 47844981	 VILCA FABIAN WILLIAM E. DNI: 48266445	 NÚÑEZ VÁSQUEZ KELY E. CIP: 161114

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL



TESIS: Evaluación de la eficiencia técnica de conducción del canal de riego Tres Molinos, Margen Izquierdo del Río Mashcón utilizando vertederos de pared delgada Cajamarca 2021

TESISTAS: Heber Eli Julcapoma Vargas **ASESOR:** Ing. Mg. Kely Núñez Vásquez
 William Edilberto Vilca Fabian **FECHA:** **N° FICHA:** 01

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE CAUDALES UTILIZANDO EL VERTEDERO DE PARED DELGADA DE SECCIÓN RECTANGULAR.

<p>Esquema de vertedero sección rectangular</p>		<p>Caudal de entrada (x)</p> <p>PROGRESIVA : KM - 00+000</p> <p>HORA: </p> <p>CONDICIÓN DE TIRANTE :</p> <p style="text-align: center;">Vertedero airado (x) Vertedero ahogado ()</p>	<p>Caudal de salida ()</p>
<p>Vista perfil de vertedero</p>		<p>DATOS PRELIMINARES</p> <p>Longitud de cresta (L): 0.50 m</p> <p>Umbral del vertedero (P): 0.20 m</p> <p>Ancho de canal (B): 0.60 m</p> <p>Número de contracciones: 2</p> <p>Longitud de contracción (b): 0.05 m</p>	

N° de ensayo	H (cm)	Qgen. (m3/s)	Qgen. (l/s)
1	22.10	0.085	84.675
2	18.80	0.067	67.398
3	21.65	0.082	82.265
4	19.75	0.072	72.273
5	20.25	0.075	74.872
6	20.46	0.076	75.970
7	21.56	0.082	81.784
8	19.50	0.071	70.982
9	21.96	0.084	83.902
10	21.80	0.083	83.066
PROMEDIO	20.78	0.078	77.719

Ecuación para el cálculo por el metodo de Francis

$$Q_{real} = C_d * Q_{teorico}$$

$$Q_{teorico} = 1.84 * (b - (0.1 * n * H)) * H^{3/2}$$

$C_d = 0.9718$

TESISTA	TESISTA	ASESOR
 JULCAPOMA VARGAS HEBER E. DNI: 47844981	 VILCA FABIAN WILLIAM E. DNI: 48266445	 NÚÑEZ VÁSQUEZ KELY E. CIP: 161114

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL



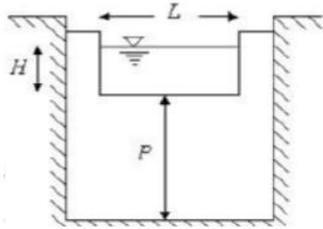
TESIS: Evaluación de la eficiencia técnica de conducción del canal de riego Tres Molinos, Margen Izquierdo del Río Mashcón utilizando vertederos de pared delgada Cajamarca 2021

TESISTAS: Heber Eli Julcapoma Vargas **ASESOR:** Ing. Mg. Kely Núñez Vásquez
 William Edilberto Vilca Fabian **FECHA:** **N° FICHA:** 02

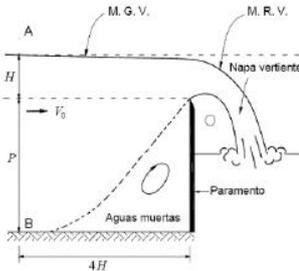
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE CAUDALES UTILIZANDO EL VERTEDERO DE PARED DELGADA DE SECCIÓN RECTANGULAR.

Esquema de vertedero sección rectangular

Sección de vertedero



Vista perfil de vertedero



Caudal de entrada ()

Caudal de salida (x)

PROGRESIVA :

KM - 01+000

HORA:

CONDICIÓN DE TIRANTE :

Vertedero airado (x)

Vertedero ahogado ()

DATOS PRELIMINARES

Longitud de cresta (L): 0.50 m
 Umbral del vertedero (P): 0.20 m
 Ancho de canal (B): 0.60 m
 Número de contracciones: 2
 Longitud de contracción (b): 0.05 m

N° de ensayo	H (cm)	Qgen. (m3/s)	Qgen. (l/s)
1	17.20	0.059	59.388
2	17.90	0.063	62.861
3	19.30	0.070	69.953
4	17.10	0.059	58.896
5	19.90	0.073	73.050
6	17.20	0.059	59.388
7	18.50	0.066	65.877
8	17.30	0.060	59.881
9	18.80	0.067	67.398
10	17.90	0.063	62.861
PROMEDIO	18.11	0.064	63.955

Ecuación para el cálculo por el metodo de Francis

$$Q_{real} = C_d * Q_{teorico}$$

$$Q_{teorico} = 1.84 * (b - (0.1 * n * H)) * H^{3/2}$$

$$C_d = 0.9718$$

TESISTA	TESISTA	ASESOR
 JULCAPOMA VARGAS HEBER E. DNI: 47844981	 VILCA FABIAN WILLIAM E. DNI: 48266445	 NÚÑEZ VÁSQUEZ KELY E. CIP: 161114

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL



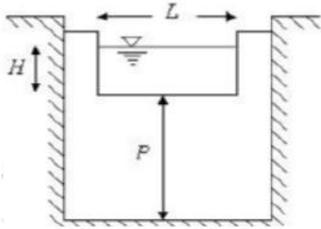
TESIS: Evaluación de la eficiencia técnica de conducción del canal de riego Tres Molinos, Margen Izquierdo del Río Mashcón utilizando vertederos de pared delgada Cajamarca 2021

TESISTAS: Heber Eli Julcapoma Vargas **ASESOR:** Ing. Mg. Kely Núñez Vásquez
William Edilberto Vilca Fabian **FECHA:** **N° FICHA:** 03

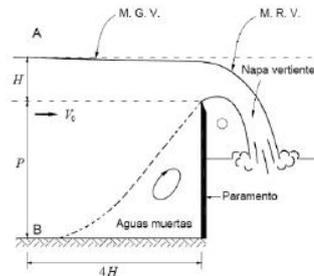
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE CAUDALES UTILIZANDO EL VERTEDERO DE PARED DELGADA DE SECCIÓN RECTANGULAR.

Esquema de vertedero sección rectangular

Sección de vertedero



Vista perfil de vertedero



Caudal de entrada (x)

Caudal de salida ()

PROGRESIVA :

KM - 02+000

HORA:

CONDICIÓN DE TIRANTE :

Vertedero airado (x)

Vertedero ahogado ()

DATOS PRELIMINARES

Longitud de cresta (L): 0.50 m
Umbral del vertedero (P): 0.20 m
Ancho de canal (B): 0.60 m
Número de contracciones: 2
Longitud de contracción (b): 0.05 m

N° de ensayo	H (cm)	Qgen. (m3/s)	Qgen. (l/s)
1	16.90	0.058	57.916
2	15.90	0.053	53.079
3	17.60	0.061	61.366
4	16.40	0.055	55.483
5	16.10	0.054	54.037
6	15.30	0.050	50.231
7	16.40	0.055	55.483
8	17.80	0.062	62.362
9	16.50	0.056	55.968
10	17.00	0.058	58.406
PROMEDIO	16.59	0.056	56.433

Ecuación para el cálculo por el metodo de Francis

$$Q_{real} = C_d * Q_{teorico}$$

$$Q_{teorico} = 1.84 * (b - (0.1 * n * H)) * H^{3/2}$$

$$C_d = 0.9718$$

TESISTA	TESISTA	ASESOR
 JULCAPOMA VARGAS HEBER E. DNI: 47844981	 VILCA FABIAN WILLIAM E. DNI: 48266445	 NÚÑEZ VÁSQUEZ KELY E. CIP: 161114

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL



TESIS: Evaluación de la eficiencia técnica de conducción del canal de riego Tres Molinos, Margen Izquierdo del Río Mashcón utilizando vertederos de pared delgada Cajamarca 2021

TESISTAS: Heber Eli Julcapoma Vargas **ASESOR:** Ing. Mg. Kely Núñez Vásquez
William Edilberto Vilca Fabian **FECHA:** **N° FICHA:** 04

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE CAUDALES UTILIZANDO EL VERTEDERO DE PARED DELGADA DE SECCIÓN RECTANGULAR.

Esquema de vertedero sección rectangular		Caudal de entrada ()	
Vista perfil de vertedero		PROGRESIVA : HORA: CONDICIÓN DE TIRANTE : Vertedero airado (x) Vertedero ahogado ()	Caudal de salida (x) <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; color: red; font-weight: bold;">KM - 03+000</div> <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>
DATOS PRELIMINARES			
		Longitud de cresta (L):	0.50 m
		Umbral del vertedero (P):	0.20 m
		Ancho de canal (B):	0.60 m
		Número de contracciones:	2
		Longitud de contracción (b):	0.05 m

N° de ensayo	H (cm)	Qgen. (m3/s)	Qgen. (l/s)
1	10.50	0.029	29.142
2	11.50	0.033	33.263
3	12.80	0.039	38.847
4	11.70	0.034	34.106
5	11.35	0.033	32.635
6	12.90	0.039	39.286
7	12.50	0.038	37.536
8	12.25	0.036	36.454
9	11.10	0.032	31.596
10	12.10	0.036	35.809
PROMEDIO	11.87	0.035	34.867

Ecuación para el cálculo por el metodo de Francis

$$Q_{real} = C_d * Q_{teorico}$$

$$Q_{teorico} = 1.84 * (b - (0.1 * n * H)) * H^{3/2}$$

$$C_d = 0.9718$$

TESISTA	TESISTA	ASESOR
 _____ JULCAPOMA VARGAS HEBER E. DNI: 47844981	 _____ VILCA FABIAN WILLIAM E. DNI: 48266445	 _____ NÚÑEZ VÁSQUEZ KELY E. CIP: 161114

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL



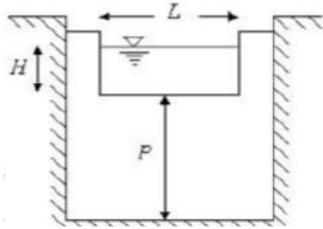
TESIS: Evaluación de la eficiencia técnica de conducción del canal de riego Tres Molinos, Margen Izquierdo del Río Mashcón utilizando vertederos de pared delgada Cajamarca 2021

TESISTAS: Heber Eli Julcapoma Vargas **ASESOR:** Ing. Mg. Kely Núñez Vásquez
 William Edilberto Vilca Fabian **FECHA:** **N° FICHA:** 05

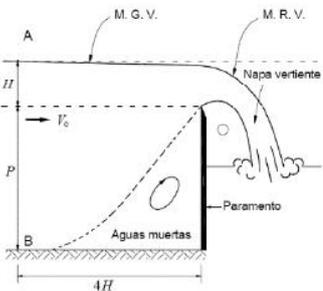
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE CAUDALES UTILIZANDO EL VERTEDERO DE PARED DELGADA DE SECCIÓN RECTANGULAR.

Esquema de vertedero sección rectangular

Sección de vertedero



Vista perfil de vertedero



Caudal de entrada (x)

Caudal de salida ()

PROGRESIVA :

KM - 04+000

HORA:

CONDICIÓN DE TIRANTE :

Vertedero airado (x)

Vertedero ahogado ()

DATOS PRELIMINARES

Longitud de cresta (L): 0.50 m
 Umbral del vertedero (P): 0.20 m
 Ancho de canal (B): 0.60 m
 Número de contracciones: 2
 Longitud de contracción (b): 0.05 m

N° de ensayo	H (cm)	Qgen. (m3/s)	Qgen. (l/s)
1	7.20	0.017	16.775
2	8.60	0.022	21.773
3	9.80	0.026	26.353
4	8.30	0.021	20.669
5	8.40	0.021	21.035
6	7.70	0.019	18.515
7	8.20	0.020	20.305
8	7.76	0.019	18.727
9	9.90	0.027	26.747
10	8.50	0.021	21.403
PROMEDIO	8.44	0.021	21.230

Ecuación para el cálculo por el metodo de Francis

$$Q_{real} = C_d * Q_{teorico}$$

$$Q_{teorico} = 1.84 * (b - (0.1 * n * H)) * H^{3/2}$$

$$C_d = 0.9718$$

TESISTA	TESISTA	ASESOR
 JULCAPOMA VARGAS HEBER E. DNI: 47844981	 VILCA FABIAN WILLIAM E. DNI: 48266445	 NUÑEZ VÁSQUEZ KELY E. CIP: 161114

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL



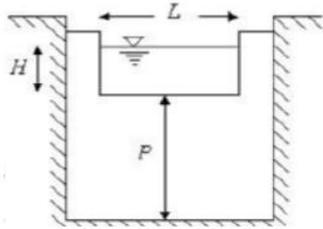
TESIS: Evaluación de la eficiencia técnica de conducción del canal de riego Tres Molinos, Margen Izquierdo del Río Mashcón utilizando vertederos de pared delgada Cajamarca 2021

TESISTAS: Heber Eli Julcapoma Vargas **ASESOR:** Ing. Mg. Kely Núñez Vásquez
 William Edilberto Vilca Fabian **FECHA:** **N° FICHA:** 06

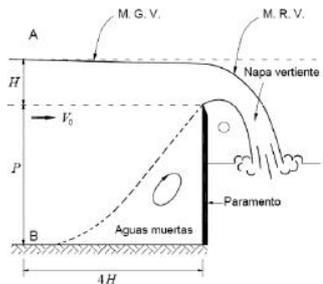
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE CAUDALES UTILIZANDO EL VERTEDERO DE PARED DELGADA DE SECCIÓN RECTANGULAR.

Esquema de vertedero sección rectangular

Sección de vertedero



Vista perfil de vertedero



Caudal de entrada ()

Caudal de salida (x)

PROGRESIVA :

KM - 05+000

HORA:

CONDICIÓN DE TIRANTE :

Vertedero airado (x)

Vertedero ahogado ()

DATOS PRELIMINARES

Longitud de cresta (L): 0.50 m
 Umbral del vertedero (P): 0.20 m
 Ancho de canal (B): 0.60 m
 Número de contracciones: 2
 Longitud de contracción (b): 0.05 m

N° de ensayo	H (cm)	Qgen. (m3/s)	Qgen. (l/s)
1	5.90	0.013	12.510
2	4.40	0.008	8.106
3	5.80	0.012	12.199
4	4.90	0.010	9.507
5	4.50	0.008	8.381
6	5.90	0.013	12.510
7	4.80	0.009	9.222
8	5.20	0.010	10.381
9	6.30	0.014	13.781
10	5.20	0.010	10.381
PROMEDIO	5.29	0.011	10.698

Ecuación para el cálculo por el metodo de Francis

$$Q_{real} = C_d * Q_{teorico}$$

$$Q_{teorico} = 1.84 * (b - (0.1 * n * H)) * H^{3/2}$$

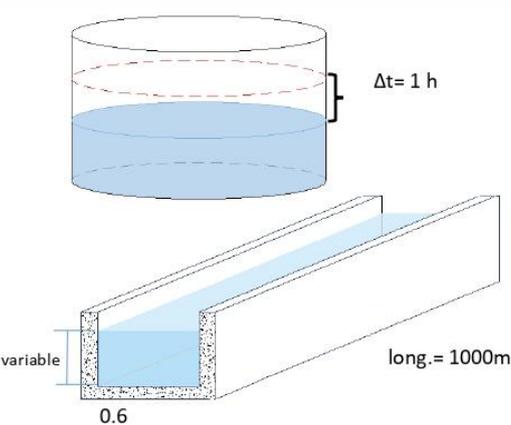
$$C_d = 0.9718$$

TESISTA	TESISTA	ASESOR
 JULCAPOMA VARGAS HEBER E. DNI: 47844981	 VILCA FABIAN WILLIAM E. DNI: 48266445	 NÚÑEZ VÁSQUEZ KELY E. CIP: 161114

ANEXO n.º 7. Ficha de recolección de datos para la
determinación de caudales de evaporación e
infiltración

	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
	CARRERA DE INGENIERIA CIVIL			
TESIS:	Evaluación de la eficiencia técnica de conducción del canal de riego Tres Molinos, Margen Izquierdo del Río Mashcón utilizando vertederos de pared delgada Cajamarca 2021			
TESISTAS:	Heber Eli Julcapoma Vargas	ASESOR:	Ing. Mg. Kely Núñez Vásquez	
	William Edilberto Vilca Fabian	FECHA:		N° FICHA: 01

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE EVAPORACIÓN E INFILTRACIÓN.

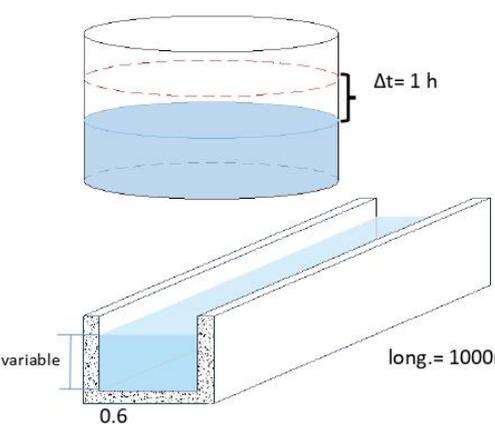
Determinación de pérdida por evaporación						
	N° de ensayo	TRAMO	Δh (m)	t (horas)	Vol. Evp. (m3)	Q evp (m3/s)
	1	Km 00+000 AL	0.001	0.585	0.351	0.000167
	2	Km 01+000 AL	0.002	0.625	0.563	0.000250
	3	Km 02+000 AL	0.001	0.665	0.479	0.000200
	4	Km 03+000 AL	0.001	0.780	0.515	0.000183
	5	Km 04+000 AL	0.001	0.458	0.303	0.000183

Determinación de pérdida por infiltración						
	TRAMO	H de agua del canal (m)	P _w (m)	H _w (m)	V (m/s)	SL (m3)
$S_L = 0.45C \frac{P_w \times L}{4 \times 10^6 + 3650\sqrt{v}} H_w^{1/3}$ <p>L: Longitud del canal (m)</p> <p>P_w: Perímetro mojado (m)</p> <p>H_w: Altura del agua en el canal (m)</p> <p>V: Velocidad del agua en el canal (m/s)</p> <p>C: Constante que depende del tipo de revestimiento = 10 Mortero de cemento o asfalto</p>	Km 00+000 AL	0.320	1.240	0.320	0.475	0.0010
	Km 01+000 AL	0.300	1.200	0.300	0.444	0.0009
	Km 02+000 AL	0.260	1.120	0.260	0.418	0.0008
	Km 03+000 AL	0.260	1.120	0.260	0.356	0.0008
	Km 04+000 AL	0.210	1.020	0.210	0.606	0.0007
	Km 05+000					

TESISTA	TESISTA	ASESOR
 JULCAPOMA VARGAS HEBER E. DNI: 47844981	 VILCA FABIÁN WILLIAM E. DNI: 48266445	 NÚÑEZ VÁSQUEZ KELY E. CP: 161114

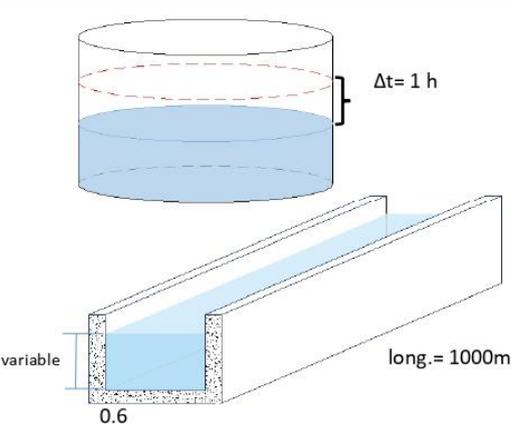
	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
	CARRERA DE INGENIERIA CIVIL			
TESIS:	Evaluación de la eficiencia técnica de conducción del canal de riego Tres Molinos, Margen Izquierdo del Río Mashcón utilizando vertederos de pared delgada Cajamarca 2021			
TESISTAS:	Heber Eli Julcapoma Vargas	ASESOR:	Ing. Mg. Kely Núñez Vásquez	
	William Edilberto Vilca Fabian	FECHA:		N° FICHA: 02

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE EVAPORACIÓN E INFILTRACIÓN.

Determinación de pérdida por evaporación						
	N° de ensayo	TRAMO	Δh (m)	t (horas)	Vol. Evp. (m3)	Q evp (m3/s)
	1	Km 00+000 AL	0.001	0.593	0.392	0.000183
	2	Km 01+000 AL	0.002	0.618	0.742	0.000333
	3	Km 02+000 AL	0.001	0.698	0.377	0.000150
	4	Km 03+000 AL	0.001	0.775	0.465	0.000167
5	Km 04+000 AL	0.001	0.455	0.382	0.000233	
		Km 05+000				
Determinación de pérdida por infiltración						
	TRAMO	H de agua del canal (m)	P _w (m)	H _w (m)	V (m/s)	SL (m3)
$S_L = 0.45C \frac{P_w \times L}{4 \times 10^6 + 3650\sqrt{v}} H_w^{1/3}$ <p>L: Longitud del canal (m)</p> <p>P_w: Perímetro mojado (m)</p> <p>H_w: Altura del agua en el canal (m)</p> <p>V: Velocidad del agua en el canal (m/s)</p> <p>C: Constante que depende del tipo de revestimiento = 10 Mortero de cemento o asfalto</p>	Km 00+000 AL	0.310	1.220	0.310	0.468	0.0009
	Km 01+000 AL	0.295	1.190	0.295	0.449	0.0009
	Km 02+000 AL	0.260	1.120	0.260	0.398	0.0008
	Km 03+000 AL	0.250	1.100	0.250	0.358	0.0008
	Km 04+000 AL	0.200	1.000	0.200	0.611	0.0007
Km 05+000						
TESISTA		TESISTA		ASESOR		
 JULCAPOMA VARGAS HEBER E. DNI: 47844981		 VILCA FABIAN WILLIAM E. DNI: 48266445		 NÚÑEZ VÁSQUEZ KELY E. CIP: 161114		

	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
	CARRERA DE INGENIERIA CIVIL			
TESIS:	Evaluación de la eficiencia técnica de conducción del canal de riego Tres Molinos, Margen Izquierdo del Río Mashcón utilizando vertederos de pared delgada Cajamarca 2021			
TESISTAS:	Heber Eli Julcapoma Vargas	ASESOR:	Ing. Mg. Kely Núñez Vásquez	
	William Edilberto Vilca Fabian	FECHA:		N° FICHA: 03

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE EVAPORACIÓN E INFILTRACIÓN.

Determinación de pérdida por evaporación						
	N° de ensayo	TRAMO	Δh (m)	t (horas)	Vol. Evp. (m3)	Q evp (m3/s)
	1	Km 00+000 AL	0.002	0.588	0.706	0.000333
	2	Km 01+000 AL	0.001	0.627	0.489	0.000217
	3	Km 02+000 AL	0.001	0.703	0.422	0.000167
	4	Km 03+000 AL	0.001	0.779	0.514	0.000183
	5	Km 04+000 AL	0.002	0.452	0.434	0.000267

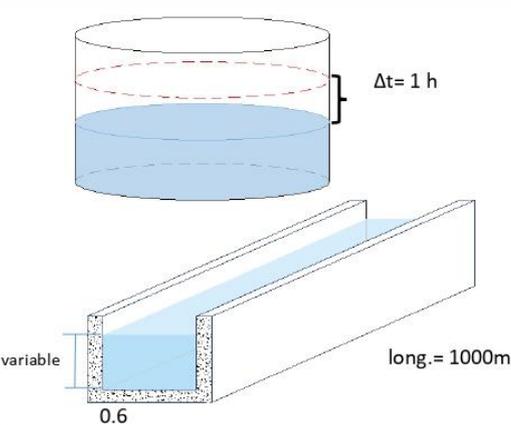
Determinación de pérdida por infiltración						
	TRAMO	H de agua del canal (m)	P _w (m)	H _w (m)	V (m/s)	SL (m3)
$S_L = 0.45C \frac{P_w \times L}{4 \times 10^6 + 3650\sqrt{v}} H_w^{1/3}$	Km 00+000 AL	0.315	1.230	0.315	0.472	0.0009
	Km 01+000 AL	0.290	1.180	0.290	0.443	0.0009
L: Longitud del canal (m)	Km 02+000 AL	0.250	1.100	0.250	0.395	0.0008
P _w : Perímetro mojado (m)	Km 03+000 AL	0.240	1.080	0.240	0.357	0.0008
H _w : Altura del agua en el canal (m)	Km 04+000 AL	0.195	0.990	0.195	0.615	0.0006
V: Velocidad del agua en el canal (m/s)	Km 05+000					

C: Constante que depende del tipo de revestimiento = 10 Mortero de cemento o asfalto

TESISTA	TESISTA	ASESOR
 JULCAPOMA VARGAS HEBER E. DNI: 47844981	 VILCA FABIAN WILLIAM E. DNI: 48266445	 NÚÑEZ VÁSQUEZ KELY E. CIP: 161114

 <p>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</p>	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
	CARRERA DE INGENIERIA CIVIL			
	TESIS: <i>Evaluación de la eficiencia técnica de conducción del canal de riego Tres Molinos, Margen Izquierdo del Río Mashcón utilizando vertederos de pared delgada Cajamarca 2021</i>			
	TESISISTAS: <i>Heber Eli Julcapoma Vargas</i> <i>William Edilberto Vilca Fabian</i>	ASESOR: <i>Ing. Mg. Kely Núñez Vásquez</i>	FECHA:	N° FICHA: 04

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE EVAPORACIÓN E INFILTRACIÓN.

Determinación de pérdida por evaporación						
	N° de ensayo	TRAMO	Δh (m)	t (horas)	Vol. Evp. (m3)	Q evp (m3/s)
	1	Km 00+000 AL	0.001	0.595	0.357	0.000167
	2	Km 01+000 AL	0.001	0.622	0.373	0.000167
	3	Km 02+000 AL	0.001	0.708	0.340	0.000133
	4	Km 03+000 AL	0.001	0.772	0.509	0.000183
	5	Km 04+000 AL	0.001	0.465	0.251	0.000150

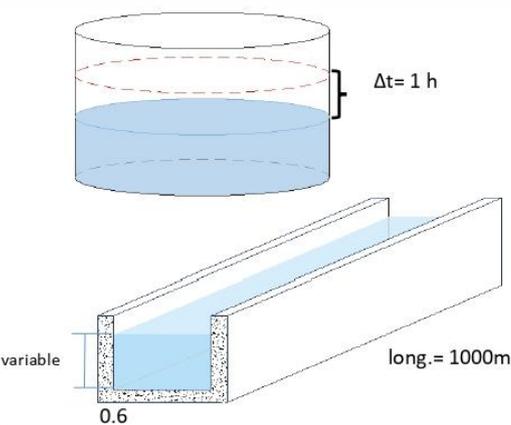
Determinación de pérdida por infiltración						
$S_L = 0.45C \frac{P_w \times L}{4 \times 10^5 + 3650\sqrt{v}} H_w^{1/3}$	TRAMO	H de agua del canal (m)	P _w (m)	H _w (m)	V (m/s)	SL (m3)
L: Longitud del canal (m) P _w : Perímetro mojado (m) H _w : Altura del agua en el canal (m) V: Velocidad del agua en el canal (m/s)	Km 00+000 AL	0.310	1.220	0.310	0.467	0.0009
	Km 01+000 AL	0.300	1.200	0.300	0.447	0.0009
	Km 02+000 AL	0.270	1.140	0.270	0.392	0.0008
	Km 03+000 AL	0.250	1.100	0.250	0.360	0.0008
	Km 04+000 AL	0.220	1.040	0.220	0.597	0.0007
	Km 05+000					

C: Constante que depende del tipo de revestimiento = 10 Mortero de cemento o asfalto

TESISISTA  JULCAPOMA VARGAS HEBER E. DNI: 47844981	TESISISTA  VILCA FABIAN WILLIAM E. DNI: 48266445	ASESOR  NÚÑEZ VÁSQUEZ KELY E. CIP: 101114
--	--	---

	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
	CARRERA DE INGENIERIA CIVIL			
	TESIS: Evaluación de la eficiencia técnica de conducción del canal de riego Tres Molinos, Margen Izquierdo del Río Mashcón utilizando vertederos de pared delgada Cajamarca 2021			
TESISTAS:	Heber Eli Julcapoma Vargas	ASESOR:	Ing. Mg. Kely Núñez Vásquez	
	William Edilberto Vilca Fabian	FECHA:		N° FICHA: 05

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE EVAPORACIÓN E INFILTRACIÓN.

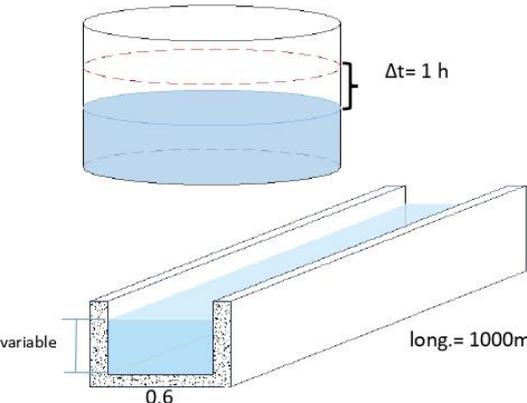
Determinación de pérdida por evaporación						
	N° de ensayo	TRAMO	Δh (m)	t (horas)	Vol. Evp. (m3)	Q evp (m3/s)
	1	Km 00+000 AL	0.001	0.586	0.352	0.000167
	2	Km 01+000 AL	0.001	0.620	0.484	0.000217
	3	Km 02+000 AL	0.001	0.700	0.336	0.000133
	4	Km 03+000 AL	0.001	0.768	0.507	0.000183
	5	Km 04+000 AL	0.001	0.464	0.306	0.000183

Determinación de pérdida por infiltración						
	TRAMO	H de agua del canal (m)	P _w (m)	H _w (m)	V (m/s)	SL (m3)
$S_L = 0.45C \frac{P_w \times L}{4 \times 10^5 + 3650\sqrt{v}} H_w^{1/3}$ <p>L: Longitud del canal (m)</p> <p>P_w: Perímetro mojado (m)</p> <p>H_w: Altura del agua en el canal (m)</p> <p>V: Velocidad del agua en el canal (m/s)</p> <p>C: Constante que depende del tipo de revestimiento = 10 Mortero de cemento o asfalto</p>	Km 00+000 AL	0.315	1.230	0.315	0.474	0.0009
	Km 01+000 AL	0.310	1.220	0.310	0.448	0.0009
	Km 02+000 AL	0.255	1.110	0.255	0.397	0.0008
	Km 03+000 AL	0.251	1.102	0.251	0.362	0.0008
	Km 04+000 AL	0.180	0.960	0.180	0.598	0.0006
	Km 05+000					

TESISTA	TESISTA	ASESOR
 JULCAPOMA VARGAS HEBER E. DNI: 47844981	 VILCA FABIAN WILLIAM E. DNI: 48266445	 NÚÑEZ VÁSQUEZ KELY E. CIP: 161114

 <p>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</p>	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
	CARRERA DE INGENIERIA CIVIL			
TESIS:	Evaluación de la eficiencia técnica de conducción del canal de riego Tres Molinos, Margen Izquierdo del Río Mashcón utilizando vertederos de pared delgada Cajamarca 2021			
TESISTAS:	Heber Eli Julcapoma Vargas	ASESOR:	Ing. Mg. Kely Núñez Vásquez	
	William Edilberto Vilca Fabian	FECHA:		N° FICHA:
				06

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE EVAPORACIÓN E INFILTRACIÓN.

Determinación de pérdida por evaporación						
	N° de ensayo	TRAMO	Δh (m)	t (horas)	Vol. Evp. (m ³)	Q evp (m ³ /s)
	1	Km 00+000 AL	0.001	0.591	0.461	0.000217
	2	Km 01+000 AL	0.002	0.625	0.563	0.000250
	3	Km 02+000 AL	0.000	0.705	0.076	0.000030
	4	Km 03+000 AL	0.001	0.778	0.420	0.000150
	5	Km 04+000 AL	0.002	0.454	0.408	0.000250
		Km 05+000				

	TRAMO	H de agua del canal (m)	P _w (m)	H _w (m)	V (m/s)	SL (m ³)
$S_L = 0.45C \frac{P_w \times L}{4 \times 10^6 + 3650\sqrt{V}} H_w^{1/3}$	Km 00+000 AL	0.325	1.250	0.325	0.470	0.0010
L: Longitud del canal (m)	Km 01+000 AL	0.305	1.210	0.305	0.444	0.0009
P_w: Perímetro mojado (m)	Km 02+000 AL	0.245	1.090	0.245	0.394	0.0008
H_w: Altura del agua en el canal (m)	Km 03+000 AL	0.240	1.080	0.240	0.357	0.0008
V: Velocidad del agua en el canal (m/s)	Km 04+000 AL	0.182	0.964	0.182	0.612	0.0006
	Km 05+000					

C: Constante que depende del tipo de revestimiento = 10 Mortero de cemento o asfalto

TESISTA	TESISTA	ASESOR
 JULCAPOMA VARGAS HEBER E. DNI: 47844981	 VILCA FABIAN WILLIAM E. DNI: 48266445	 NÚÑEZ VÁSQUEZ KELY E. CIP: 161114

ANEXO n.º 8. Panel Fotográfico.



Levantamiento topográfico con GPS Diferencial R10.
KM-(00+000 AL 05+000)



Ensayos para la Calibración de vertedero de pared delgada de sección rectangular.
(Laboratorio de hidráulica de Universidad privada del norte)



Cierre de compuertas del canal de riego tres molinos.
KM-(00+000 AL 05+000)



Toma de datos en campo por el método flotador.
(KM-00+000)



Toma de datos en campo por el método flotador.
(KM-01+000)



Toma de datos en campo por el método flotador.
(KM-02+000)



Toma de datos en campo por el método flotador.
(KM-03+000)



Toma de datos en campo por el método flotador.
(KM-04+000)



Toma de datos en campo por el método flotador.
(KM-05+000)



Toma de datos mediante vertedero de sección rectangular (carga hidráulica) **KM-00+000.**

Y

Ensayo de recolección de datos para la evaporación (**KM-00+000 AL KM-01+000**).



Toma de datos mediante vertedero de sección rectangular (carga hidráulica) **KM-01+000.**

Y

Ensayo de recolección de datos para la evaporación (**KM-01+000 AL KM-02+000**).



Toma de datos mediante vertedero de sección rectangular (carga hidráulica) **KM-02+000**.

Y

Ensayo de recolección de datos para la evaporación (**KM-02+000 AL KM-03+000**).



Toma de datos mediante vertedero de sección rectangular (carga hidráulica) **KM-03+000**.

Y

Ensayo de recolección de datos para la evaporación (**KM-03+000 AL KM-04+000**).



Toma de datos mediante vertedero de sección rectangular (carga hidráulica) **KM-04+000**.

Y

Ensayo de recolección de datos para la evaporación (**KM-04+000 AL KM-05+000**).



Toma de datos mediante vertedero de sección rectangular (carga hidráulica) **KM-05+000**.