

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**Evaluación de la eficiencia del sistema de riego en el sector
Tasta, comunidad de Huarapite, Ayacucho – 2018**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGRÍCOLA**

PRESENTADO POR:

Carlos Flores Soto

Ayacucho – Perú

2019

A Dios, que es fuente inagotable de mis fortalezas en el camino llamado Vida.

A mis Padres Anatolia y Rosalio, por el afecto que me brindaron y que me sigue brindando, por el apoyo permanente e incondicional, desde que decidí estudiar esta carrera.

A mis hermanos Luisa, Vilma, Willian, Aurora, Cristina y Ana, quienes me brindaron su incondicional apoyo en todo momento.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, alma mater por haberme formado en sus claustros como profesional.

A la Facultad de Ciencias Agrarias, por haber hecho de mí un profesional capaz de afrontar las adversidades de la vida académica y laboral.

A la Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola y mis docentes de mi alma mater Ing. Leónidas Arias Baltazar, Ing. M.Sc Sandra Del Águila Ríos, Ing. M.Sc Jorge Edmundo Pastor Watanabe, Ing. Eduardo Pacori Quispe por su dedicación y esfuerzo en la enseñanza que contribuyeron en mi formación profesional.

A los miembros del jurado el **Ing. Herbert Núñez Alfaro (asesor)**, Ing. Efraín Chuchón Prado, M.Sc Rubén Meneses Rojas e Ing. Vance G. Fernández Huamán, por ser el guía del presente trabajo de investigación.

A mis compañeros (as) y en especial a Ing. Eliseo Taquiri Quisoruco, quienes contribuyeron con su valioso apoyo y colaboración desinteresada, para la culminación de la investigación.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice general.....	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras.....	vi
Índice de anexos.....	viii
Resumen.....	1
Introducción	3
CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO	5
1.1. Antecedentes de la investigación	5
1.2. Fundamento teórico.....	6
CAPÍTULO II METODOLOGÍA.....	43
2.1. Descripción de la zona de estudio	43
2.2. Información del área de investigación.....	46
2.3. Equipos y materiales de investigación	48
2.4. Procedimiento y metodología.....	49
2.5. Metodología de investigación	53
CAPÍTULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN	74
3.1. Cálculo de la eficiencia de conducción entubada.....	74
3.2. Cálculo de la eficiencia de distribución en canal de tierra	77
3.3. Cálculo de la eficiencia de almacenamiento	80
3.4. Cálculo de la eficiencia de aplicación	83
3.5. Pérdida de agua en el sistema de riego sector tasta – Huarapite	89
3.6. Propuesta de mejoramiento de la gestión del agua, para el sector Huarapite.....	92
Conclusiones.....	97
Recomendaciones	99
Referencias bibliográficas.....	100
Anexos	102

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1.1.	Factor de corrección C.....	10
Tabla 1.2.	Profundidad para medir caudal con correntómetro.....	12
Tabla 1.3.	Caudal en litros/segundo, para varios diámetros de tuberías.....	13
Tabla 1.4.	Dimensiones de los cinco tipos de aforadores.....	15
Tabla 1.5.	Relación de caudal, para los cinco aforadores portátil RBC.....	17
Tabla 1.6.	Relación entre la distancia vertical e inclinada, de los trazos de un limnómetro, para un canal con taludes de 1 ,5: 1.....	20
Tabla 1.7.	Eficiencia del sistema de riego.....	22
Tabla 1.8.	Valores representativos de la densidad aparente.....	27
Tabla 1.9.	Coefficiente “C” de acuerdo al material.....	37
Tabla 1.10.	Valores de coeficiente “n” de Manning.....	40
Tabla 2.1.	Vía de acceso al lugar de la investigación.....	44
Tabla 2.2.	Resultado de caudales para el aforo con limnimetro.....	56
Tabla 2.3.	Resumen de los caudales obtenidos, para conducción entunada.....	61
Tabla 2.4.	Prueba de infiltración realizada en campo.....	67
Tabla 2.5.	Prueba de avance realizada en campo.....	68
Tabla 3.1.	Resultados de los aforos en la conducción por tramos.....	74
Tabla 3.2.	Resumen de la eficiencia de conducción en canal entubado.....	75
Tabla 3.3.	Resumen de aforos en la distribución.....	77
Tabla 3.4.	Resultados de la eficiencia de distribución en canal de tierra.....	78
Tabla 3.5.	Resumen de volúmenes en reservorio.....	80
Tabla 3.6.	Perdidas en el almacenamiento.....	82
Tabla 3.7.	Resultados de la lámina neta de riego.....	84
Tabla 3.8.	Valores de eficiencia de aplicación según método de riego %	86
Tabla 3.9.	Eficiencia de aplicación según método de riego y grado de manejo %	87
Tabla 3.10.	Resultados de la lámina de riego aplicada.....	88
Tabla 3.11.	Resultados de la lámina de riego requerido.....	88
Tabla 3.12.	Resultados de las pérdidas por compuerta en conducción.....	90
Tabla 3.13.	Resultados pérdidas de agua en el sistema.....	92

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1.1.	Aplicación de riego tradicional en campo.....	7
Figura 1.2.	Sección transversal típica de una acequia o canal de tierra.....	9
Figura 1.3.	Medición de caudal por volumen.....	11
Figura 1.4.	Medición de caudal por correntómetro, sección río.....	12
Figura 1.5.	Determinación del caudal en una tubería horizontal.....	13
Figura 1.6.	Medidor de caudal por vertedero.....	14
Figura 1.7.	Aforador portátil RBC.....	15
Figura 1.8.	Esquema grafico para construir aforadores portátil RBC.....	16
Figura 1.9.	Escala limnimétrica típica.....	19
Figura 1.10.	Multiplicadores de las unidades para escalas inclinadas.....	19
Figura 1.11.	Esquema de eficiencia del sistema de riego.....	21
Figura 1.12.	Esquema de eficiencia del sistema de riego.....	22
Figura 1.13.	Esquema de la eficiencia de distribución.....	24
Figura 1.14.	Esquema de percolación de agua a las raíces.....	26
Figura 1.15.	Relación de volumen y masa de los componentes del suelo.....	28
Figura 1.16.	Perfil de distribución de lámina infiltrada y de agua sobre el suelo.	29
Figura 1.17.	Representación de una prueba de avance con diferentes caudales...	30
Figura 1.18.	Variación de la lámina infiltrada y la velocidad de infiltración instantánea en función del tiempo de oportunidad.....	33
Figura 1.19.	Disposición del equipo para medir la variación del nivel de agua...	34
Figura 1.20.	Tanque de evaporación Clase “A”.....	36
Figura 1.21.	Flujo en conducción.....	37
Figura 1.22.	Secciones típicas de canal para la conducción de agua.....	38
Figura 2.1.	Ubicación nacional, regional, provincial y distrital del trabajo de investigación.....	45
Figura 2.2.	Localización en imagen satelital de la investigación.....	46
Figura 2.3.	Esquema de puntos de aforo del sistema de riego sector Tasta – Huarapite.....	50
Figura 2.4.	Evaluación de la bocatoma y el reservorio.....	51
Figura 2.5.	Esquema hidráulico para el cálculo de la eficiencia del sistema de riego Tasta Huarapite.....	52
Figura 2.6.	Canal ingreso a la tubería, donde se instaló el limnometro.....	53

Figura 2.7.	Determinación del desnivel en canal de ingreso a la tubería.....	53
Figura 2.8.	Cámara desarenador, para aforar por el método volumétrico.....	57
Figura 2.9.	Aforo por el método volumétrico en cada toma lateral.....	59
Figura 2.10.	Aforo ingreso del reservorio (volumétrico balde de 18 litros).....	60
Figura 2.11	Aforo en la distribución con aforador portátil RBC.....	62
Figura 2.12	Determinación del volumen reservorio, forma de un cono truncado	64
Figura 2.13.	Corte de suelo para su análisis.....	66
Figura 2.14.	Prueba de infiltración.....	67
Figura 2.15.	Medición de las dimensiones de la melga y estacado.....	69
Figura 2.16.	Prueba de avance realizado en campo.....	69
Figura 2.17.	Nivelación de las estacas en la parcela.....	70
Figura 2.18.	Volumen de ingreso a la parcela medido con aforador RBC.....	71
Figura 2.19.	Calicata para el muestreo de suelo.....	72
Figura 2.20.	Aplicación de agua en la parcela de pasto cultivado.....	72
Figura 3.1.	Determinación de la eficiencia de conducción en canal entubado...	74
Figura 3.2.	Eficiencia de conducción en canal entubado por tramo.....	75
Figura 3.3.	Porcentaje de agua aprovecha y perdida en conducción.....	76
Figura 3.4.	Eficiencia de distribución canal tierra.....	77
Figura 3.5.	Eficiencia de distribución por turnos de riego.....	79
Figura 3.6.	Porcentaje de agua perdida y aprovechada en distribución.....	79
Figura 3.7.	Agua en el reservorio de Huarapite.....	83
Figura 3.8.	Esquema para el cálculo de eficiencia aplicación.....	87
Figura 3.9.	Ganancia y perdida de agua en aplicación a la parcela.....	88
Figura 3.10.	Eficiencia del sistema de riego Huarapite 2018.....	89
Figura 3.11.	Canal de tierra en distribución su área hidráulica.....	91
Figura 3.12.	Pérdidas de agua en todo el sistema.....	93
Figura 3.13.	Medidor caudal; derecha caudalimetro, izquierda aforador cresta ancha.....	93
Figura 3.14.	Aforador portátil RBC, medición del caudal de ingresa a la parcela	94
Figura 3.15.	Croquis de las parcelas campaña chica 2018, Huarapite.....	95
Figura 3.16.	Organización comité de riego Huarapite.....	95
Figura 3.17.	Limpieza del reservorio de geomenbrana Huarapite.....	96
Figura 3.18.	Capacitación en manejo del agua.....	96

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Resultado de los aforos realizados, en canal de ingreso a la tubería...	103
Anexo 2. Resultado de los aforos realizados, en desarenador.....	104
Anexo 3. Resultado de los aforos realizados, en toma lateral.....	105
Anexo 4. Resultado de los aforos realizados, ingreso al reservorio.....	113
Anexo 5. Resultado del volumen almacenamiento reservorio.....	114
Anexo 6. Resultado aforo en la distribución.....	115
Anexo 7. Panel fotográfico.....	117
Anexo 8. Planos de ubicación y localización.....	123
Anexo 9. Planos clave del sistema de riego sector Tasta-Huarapite.....	124
Anexo 10. Planos de esquema hidráulico determinación eficiencia de riego.....	125

RESUMEN

El trabajo de investigación se realizó en el sistema de riego sector Tasta-Huarapite; cuyo objetivo principal es evaluar la eficiencia del sistema de riego, en el sector de Tasta de la localidad de Huarapite, del distrito de Chiara de la provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho durante el año 2018. Se evaluó durante el periodo de julio a octubre. Donde primero se elaboró un esquema hidráulico, ubicando los puntos de aforo; por el método volumétrico, método aforador portátil RBC y las pruebas de avance e infiltración. De otro lado en la conducción entubada de diámetro 10 pulgadas y una longitud de 2+600 km, se determinó una eficiencia de 84,11% con una pérdida de agua de $1,56 \text{ l.s}^{-1}$; en el reservorio circular de geomembrana de capacidad de 3500 m^3 , se determinó una eficiencia de almacenamiento de 80,06% con pérdidas de agua por evaporación de $8,23 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$; para canal de tierra con una longitud 2+740 km se halló una eficiencia de distribución de 84.31% con pérdidas de agua por infiltración e evaporación de $6,84 \text{ l.s}^{-1}$ y para un suelo franco areno arcilloso, para un riego por melgas en pasturas la eficiencia de aplicación fue de 37,29% Finalmente la eficiencia del sistema de riego sector Tasta-Huarapite, resulto 21,17%, hay perdida de agua por diversos factores de 78,83%. Se propone un plan de mejora, para un buen manejo del agua del comité de riego Huarapite.

Palabras clave: Eficiencia conducción, almacenamiento, distribución y aplicación

ÍNTRODUCCION

En el Perú el uso del agua, según la intendencia de recursos hídricos es: para el sector agrícola el 80%, uso poblacional un 12%, uso industrial es un 6% y el uso en la minería es un 2%. (INRENA 2006).

El agua es un elemento esencial para la vida, para la agricultura, la ganadería, y por ende para la economía de una población, pero con mucha frecuencia hacemos uso irracional e inadecuado, que finalmente contribuimos a su escasez a diario.

El sistema de riego en sector Tasta de la comunidad de Huarapite, del distrito de chiara provincia de huamanga del departamento de Ayacucho, es un proyecto integral que consiste en la captación del agua del riachuelo Tasta mediante una bocatoma de tipo convencional, para luego ser conducidas por una conducción entubada; de una longitud de 2,600 m (tubería 10 pulgadas) hasta el reservorio de geomembrana de tipo circular (tronco cónico), con la capacidad de almacenamiento de 3500 m³; que finalmente serán conducidos por un canal de tierra hasta la cabecera de las parcelas; para ambos turnos de riego; de una longitud total de 2,740.0 m.

En el sistema de riego del sector Tasta, el problema es el uso ineficiente del agua, producidas perdidas en la conducción entubada; por una mala operación de las compuertas metálicas e tipo válvula compuerta en la toma lateral, en el reservorio la perdida es por evaporación, en la distribución a partir del reservorio por un canal de tierra; las pérdidas son por evaporación e infiltración, y finalmente la mayor pérdida de agua es por un mal manejo en la distribución por parte de los beneficiarios.

Esta investigación de evaluar la eficiencia de un sistema de riego, se da por saber qué cantidad de agua, desde la fuente de captación, llega realmente a las parcelas de riego y por ende consumidas por las plantas. Como experiencia personal que se tuvo,

participando en proyectos de riego, en nuestra región, se observó que hay infraestructuras de riego que no cumplen con su objetivo de incrementar la frontera agrícola, esto debido que hay falencias desde su diseño hasta puesta en funcionamiento, por desconocimiento de los beneficiarios y por poca información de la entidad ejecutora, es así que en el estudio no se consideran los puntos de aforo, en la ejecución no se hace la prueba de eficiencia de conducción, y finalmente la población beneficiaria desconoce de la gestión del sistema de riego en cuanto a: planificación, organización, operación y mantenimiento.

Cuyos objetivos específicos de esta investigación serían:

1. Determinar la eficiencia de conducción en canal cerrado con tubería PVC, de la bocatoma al reservorio en sector de Tasta, de la localidad de Huarapite del distrito de Chiara de la provincia de Huamanga.
2. Evaluar la eficiencia de distribución, en canal abierto de tierra, desde el reservorio hacia las parcelas de riego, en el sector de Tasta, de la localidad de Huarapite del distrito de Chiara de la provincia de Huamanga.
3. Evaluar la eficiencia de almacenamiento en el reservorio, en el sector de Tasta, de la localidad de Huarapite del distrito de Chiara de la provincia de Huamanga.
4. Determinar la eficiencia aplicación, en el sector de Tasta, de la localidad de Huarapite del distrito de Chiara de la provincia de Huamanga.
5. Plantear la propuesta de mejoramiento de la gestión del agua, para riego, en el sector estudiado.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Corral (2014), en su trabajo de investigación realizada en sonora - México, haciendo una comparación en parcelas de un riego intermitente en surcos y un riego continuo, determinándose con este método la disminución de la lámina aplicada. La prueba se realizó en tres parcelas, uno con riego continuo que fue el testigo en donde se calculó la lámina aplicada de 10,3cm y las otras dos parcelas con el método de riego intermitente donde los cálculos de lámina fueron 6,3cm y 6,90cm. En porcentajes del ahorro de agua es de 38,83% en la primera parcela, mientras en la segunda parcela el ahorro fue de 35,90%, finalmente se obtuvo un ahorro promedio de 35,9%, con estos resultados se concluye que el método de riego intermitente con sifones es recomendable para tener un mayor ahorro de agua.

Chique (2008), efectuó un trabajo de investigación, en el distrito de Juli, provincia de Chucuito del departamento de Puno - Perú. Esta evaluación que realizo, fue para determinar la eficiencia del sistema de riego y definir una propuesta con riego tecnificado para optimizar el uso del agua, con la cual se aumentara la frontera agrícola. El sistema de riego evaluado en este proyecto de investigación, cuenta con tramos de canales de tierra natural, canales revestidos con mortero de cemento y piedra en estado de deterioro, en las cuales hay pérdidas de agua por infiltración por el mal estado de la infraestructura de riego. Realizándose las cuantificaciones de los caudales en la conducción, distribución y una prueba de infiltración en las parcelas; se obtuvo una eficiencia del sistema riego de 18%; con este resultado el sistema de riego es demasiado bajo que cuenta con limitado y escaso recurso hídrico.

Goicochea (2013), evaluó la eficiencia de conducción, en el distrito de baños del inca Cajamarca - Perú, en un tramo de 1000 m, de una longitud total de 6,52 km cuya

sección era trapezoidal; $b = 0,60$ m; profundidad $0,45$ m. y un talud $Z = 1$, con un espesor $0,15$ m; con revestimiento de concreto simple; construido el canal abierto trapezoidal hace 20 años aproximadamente, su diseño del canal fue para transportar 180 l.s^{-1} . La metodología aplicada fue con las mediciones de caudales, utilizando un vertedero de pared delgada de sección rectangular, en el ingreso y salida. Estas mediciones se hicieron en las progresivas 0+500 al 1+500, en el mes de febrero del 2013. Como resultados de la investigación muestra que el canal de riego Huayrapongo, tiene una eficiencia de conducción de $91,40\%$ calificada como una eficiencia de conducción alta; también el canal presenta grietas, roturas y juntas en mal estado en regular cantidad, pero lo cual no permite pérdidas de agua significativas.

En la Región de Ayacucho se analizó la eficiencia de conducción y distribución, en el canal principal de cachi, tramo Cuchuquesera - Ichucruz el año 2016, que tienen una longitud de 48200 m; donde en este tramo se producen pérdidas por filtración, desborde, por evaporación, sustracción del agua por malos usuario, todos estos problemas lleva a una ineficiencia en la distribución y dotación de agua a las parcelas. En esta investigación para la medición de los caudales se usó el método de correntómetro, haciéndose las mediciones cada 5 km en el canal principal. Se determinó como resultado final una pérdida de agua en el canal principal de $66,49\%$, de eficiencia de conducción y $84,05\%$ de eficiencia de distribución en promedio, en los 19 sectores de riego, las cuales variaron de acuerdo a la condición del canal (**Carhuas, 2016**).

MINAGRI (2015), manifiesta en este manual la eficiencia de riego en el Perú no está definida y no existe sustento de ella, en muchos casos se menciona que la eficiencia es del 30% . El presente manual se da algunas pautas de como calcular la eficiencia de un sistema de riego, a través de las eficiencias de conducción, distribución y aplicación. También contiene algunos criterios de los cálculos de cada eficiencia de conducción, Distribución y aplicación, conteniendo en ella las metodologías de campo para su determinación.

1.2. FUNDAMENTO TEÓRICO

1.2.1. Sistema de riego

Broeks et al (1996), define que el sistema de riego es un conjunto en donde interactúan diferentes componentes técnicos, sociales y económicos-productivos. Se

refiere a la infraestructura de riego (la bocatoma; conducción; distribución). Por otro lado la interviene la organización y administración para la distribución del agua, el mantenimiento de la infraestructura y la parte social en la solución de conflictos.

1.2.2. Riego

Rossel (2000), manifiesta que el riego, es aporta el agua a la tierra por distintos métodos para el desarrollo de las plantas, esta actividad se realiza en todas aquellas partes del mundo donde las precipitaciones son insuficientes para el crecimiento de la planta.

Gurovich (1999), define que el riego es la aplicación oportuna y uniforme de agua a un perfil del suelo, para reponer el agua consumida por los cultivos entre dos riegos consecutivos.

Linsley (1992), menciona que el riego es la aplicación de agua al suelo para completar la lluvia deficiente y proporcionar humedad para el crecimiento de las plantas



Figura 1.1: Aplicación de riego tradicional en campo

1.2.3. Medición de caudales

Villón (1994), menciona que realizar las mediciones del caudal sirve, para asegurar que el agua este constante para el riego, para saber la cantidad de agua que es necesaria para el sistema de riego, descubrir las fallas del sistema de riego, para averiguar las pérdidas de agua que se produzcan en la conducción, distribución, almacenamiento y de esta forma controlar el desperdicio.

Caudal

Vásquez et al (2017), manifiesta que el caudal está definida, como la cantidad de agua que pasa por un lugar en un tiempo determinado. También lo define al caudal como un volumen de agua por unidad de tiempo, y la unidad de medida según el sistema internacional está expresada en “litros por segundo” y otras unidades similares.

Entre los métodos más utilizados para medir el caudal de agua, se tienen:

- ✓ Método del flotador
- ✓ Método volumétrico
- ✓ Método del correntómetro
- ✓ Método de la trayectoria del chorro de agua
- ✓ Estructuras de medición de agua
- ✓ Método del limnómetro o carga piezométrica

A) Método del flotador

Vásquez et al (2017), dice que el flotador es un método práctico que puede ser utilizado en canales, acequias y ríos, esta forma de aforar sólo sirve para dar una medida aproximada del caudal, por eso no es exacto. se aplica en un lugar recto de canal o acequia, con sección uniforme y una longitud de unos 20 a 50 m de largo, donde el agua corra en forma uniforme, tranquila y para su cálculo se tiene estos pasos:

Primer paso: determinación de la velocidad del flujo (V)

Vásquez et al (2017), manifiesta que para realizar el aforo debe tener dos puntos (inicial y final). Desde el punto inicial se suelta un flotador y con un cronómetro se mide el tiempo transcurrido hasta llegar al punto final; repitiéndose esta acción unos 4 a 5 veces; para sacar el tiempo promedio, conocido la longitud se determina velocidad superficial, con esta expresión:

$$V_s = \frac{l}{t} \quad (01)$$

Donde

V_s = velocidad superficial del flujo

l = longitud del tramo usado (m)

t = tiempo promedio transcurrido (s)

La velocidad promedio del agua (V_m) en el canal o río es igual a 0,85 V_s .

Se recomienda usar como flotador un corcho, un pedazo de madera, una hoja de árbol o cualquier otro material que no ofrezca resistencia al contacto con el aire y que se deje arrastrar, donde el flotador puede ser de 1 x 1 x 4 pulgadas

Según paso: Determinación del área del canal o río (A)

Vásquez et al (2017), menciona que se debe calcular el área transversal del canal o acequia, de acuerdo a la tipo de la sección de canal. Si se trata de una sección irregular, el área se determina según la figura 2.2, con esta expresión:

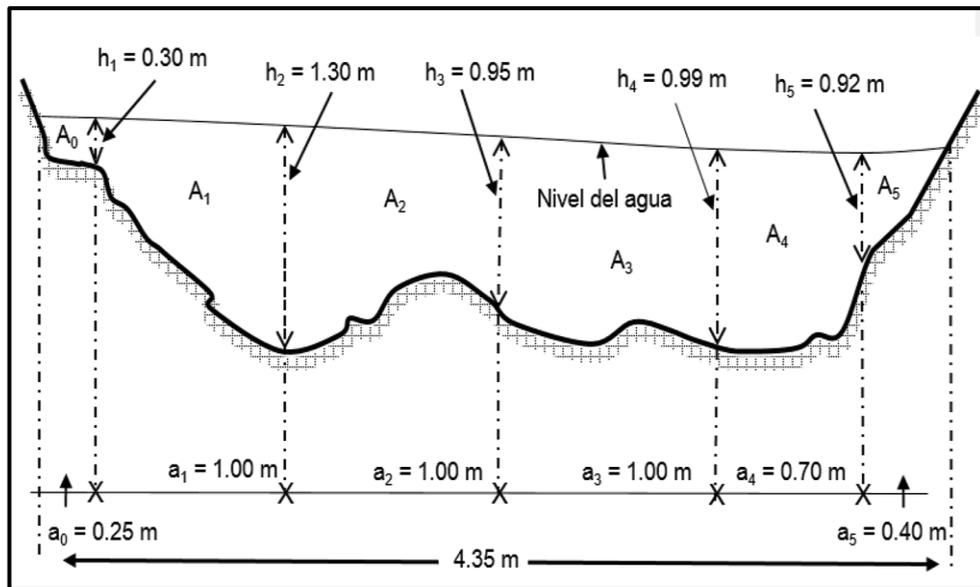


Figura 1.2: Sección transversal típica de una acequia o canal de tierra

Fuente: (Vásquez et al, 2017)

$$A_0 = \frac{(0+h_1)}{2} * a_0$$

$$A_1 = \frac{(h_1+h_2)}{2} * a_1$$

$$A_2 = \frac{(h_2+h_3)}{2} * a_2$$

$$A_3 = \frac{(h_3+h_4)}{2} * a_3$$

$$A_4 = \frac{(h_4+h_5)}{2} * a_4$$

$$A_5 = \frac{(h_5+0)}{2} * a_5$$

Donde el área de la sección será:

$$A = A_0 + A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 \quad (02)$$

Donde

A = área de la sección (m²)

A0, A1, A2, A3, A4, A5 = áreas de cada tramo (m²)

h1, h2, h3, h4, h5 = profundidad de cada sección (m)

Tercer paso: determinación del caudal (Q):

Vásquez et al (2017), dice que cuando ya se conoce la velocidad superficial promedio del agua y el área de la sección transversal de dicho canal, se aplica la siguiente fórmula para calcular el caudal:

$$Q = A * V_s * 0,85 \quad \text{ò} \quad Q = A * V_m \quad (03)$$
$$V_m = 0,85 V_s$$

Donde:

Q = Caudal en (l.s⁻¹)

A = Área de la sección del canal (m²)

V_s = Velocidad superficial promedio (m.s⁻¹)

V_m = Velocidad promedio del agua (m.s⁻¹)

Tabla 1.1: Factor de corrección C

Tipo de cause	factor de Corrección	Precisión velocidad
Canal rectangular con lados y lechos lisos	0.85	Buena
Rio profundo y lento	0.75	Razonable
Arroyo pequeño de lecho parejo y liso	0.65	Mala
Arroyo rápido y turbulento	0.45	Muy mala
Arroyo muy poco profundo de lecho rocoso	0.25	Muy mala

Fuente: (Vásquez et al, 2017)

B) Método volumétrico

Vásquez et al (2017), menciona que la forma de medir el caudal, se usa cuando se va a medir pequeños caudales que escurren por surcos, pequeños canales o acequias. Este método consiste en recibir el agua en un depósito de volumen conocido y en un determinado tiempo que demora en llenarse ese recipiente.

MINAGRI (2015), manifiesta que este método se emplea por lo general para caudales muy pequeños y se requiere de un recipiente para recibir el agua. Consiste en determinar el tiempo que tarda una corriente de agua en llenar un recipiente de volumen conocido. Y que el caudal resulta de dividir el volumen de agua que se recoge en el recipiente entre el tiempo que transcurre en coleccionar dicho volumen:

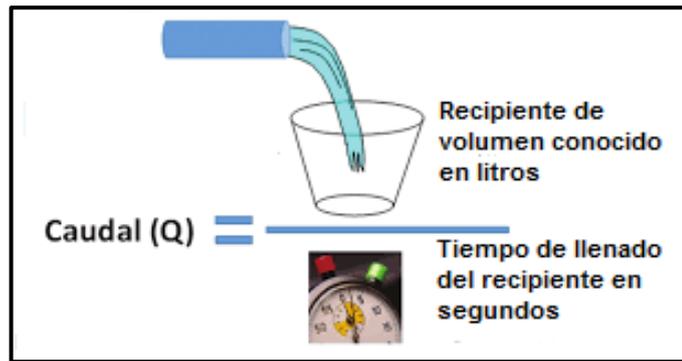


Figura 1.3: Medición de caudal por volumen

Fuente: (MINAGRI, 2015)

$$Q = \frac{V}{t} \quad (04)$$

$$\text{Tiempo promedio será} = \frac{(t_1+t_2+ t_3+t_4+t_5)}{N^\circ \text{ repiticiones}} \quad (05)$$

Donde:

Q = Caudal en ($l.s^{-1}$)

V = Volumen del recipiente en (l)

t = Tiempo promedio de llenado del recipiente en (s)

C) Método del correntómetro

Ochoa (1992), dice que primero se determina la velocidad, con la ayuda de un instrumento llamado correntómetro, la cual va medir la velocidad en un punto de la masa de agua. Este instrumento debe tener un certificado de calibración, en donde figura la fórmula para calcular la velocidad, sabiendo el número de vueltas de la hélice por segundo.

MINAGRI (2015), define que este método es utilizado en canales abiertos, donde se mide la velocidad del agua, por medio de un instrumento llamado correntómetro, la medida de la velocidad en un punto de la sección del canal. Cada correntómetro debe tener un certificado de calibración en el que figura la fórmula para calcular la velocidad sabiendo él número de vueltas de la hélice por segundo.

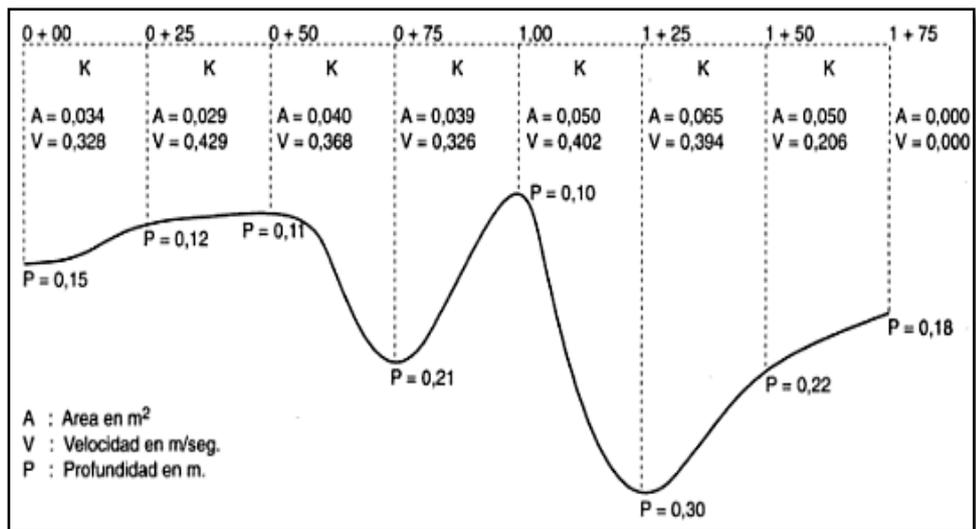


Figura 1.4: Medición de caudal por correntómetro, sección río

Fuente: (MINAGRI, 2015)

$$V = a * n + b \quad (06)$$

Donde:

V = Velocidad del agua (m.s⁻¹)

n = Numero de vueltas de la hélice por segundo.

a = Paso real de la hélice en metros.

b = es la llamada velocidad de frotamiento en (m.s⁻¹)

Las profundidades en las cuales se mide las velocidades con el correntómetro en función de la altura del tirante de agua (d). Conocidas las profundidades se calcula el área de la sección transversal, la que se utilizara para el cálculo del caudal.

Tabla 1.2: Profundidad para medir caudal con correntómetro

Tirante de agua(d)	profundidad de lectura del correntómetro (cm)
<15	d/2
15<d<45	0.6d
>45	0.2d y 0.8d
	0.2d, 0.6d y 0.8d

Fuente: (Ochoa, 1992)

$$Q = V \times A \quad (07)$$

Donde:

$$Q = \text{Caudal (m}^3 \cdot \text{s}^{-1}\text{)}$$

$$V = \text{Velocidad medida con el correntómetro (m} \cdot \text{s}^{-1}\text{)}$$

$$A = \text{Área de la sección transversal (m}^2\text{)}$$

D) Método de la trayectoria del chorro de agua

Vásquez et al (2017), señala que este método se usa para medir caudales en tuberías, que es más utilizado y cuenta con una precisión buena. Donde es necesaria una escuadra como la mostrada en la figura 2.5, y que el lado más pequeño de la escuadra mida 25 cm, mientras el lado más largo debe estar sobre el tubo, la distancia X del chorro será medido desde la boca del tubo hasta el punto donde el chorro de agua toque la regla. El caudal se determina según la tabla 2.3, conociendo el diámetro interior de la tubería y la distancia horizontal “X” de la escuadra. No olvidar que para este método, se debe cuidar que la tubería esté horizontal y que descargue totalmente llena:

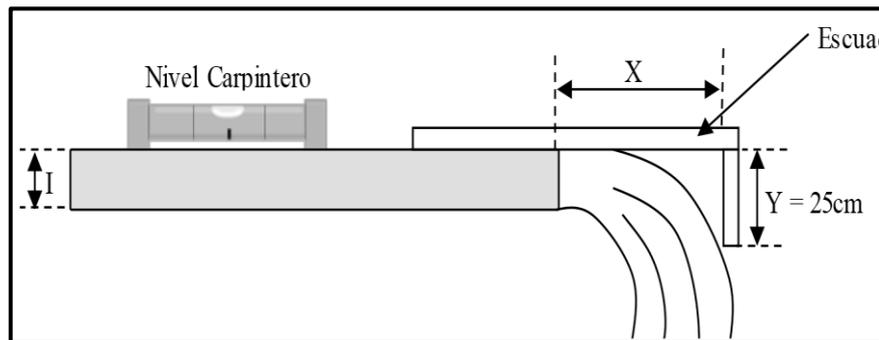


Figura 1.5: Determinación del caudal en una tubería horizontal

Fuente: (Vásquez et al, 2017)

Tabla 1.3: Caudal en litros/segundo, para varios diámetros de tuberías

Distancia de la trayectoria horizontal en cm (X)	Diámetro de la tubería en pulgadas						
	2"	3"	4"	5"	6"	8"	10"
5.0	0.4	1.0	1.8	2.7	4.0	7.0	11.0
7.5	0.7	1.5	2.6	4.1	5.1	10.6	16.5
10.0	0.9	2.0	3.5	5.5	7.9	14.1	22.0
12.5	1.1	2.5	4.4	6.9	9.9	17.6	27.4
15.0	1.3	3.0	5.3	8.3	11.8	21.2	33.0
17.5	1.5	3.5	6.2	9.6	13.9	24.6	38.6
20.0	1.8	4.0	7.0	11.0	15.8	28.2	44.0
22.5	2.0	4.4	7.9	12.4	17.8	31.6	49.5

25.0	2.2	4.9	8.8	13.8	19.8	35.2	55.0
27.5	2.4	5.4	9.7	15.1	21.8	38.6	60.5
30.0	2.6	5.9	10.6	16.5	23.7	42.3	66.0
35.0	3.0	6.9	12.4	19.2	27.7	49.4	77.0
40.0	3.5	7.9	14.2	22.0	31.7	56.4	88.0
45.0	4.0	8.9	15.7	24.8	35.7	63.5	99.0
50.0	4.4	9.9	17.7	27.5	39.6	70.5	110.0
55.0	4.8	10.9	19.4	30.2	43.6	77.5	121.0
60.0	5.3	11.9	21.2	33.0	47.6	84.5	132.0

Fuente: (Vásquez et al, 2017)

E) Estructuras de medición del caudal del agua

Vásquez et al (2017), define que por este método, los caudales son medidos con más eficiencia y exactos, porque se hace uso de estructuras especiales, que pueden ser usados para la medición de caudales, siempre que se calibre adecuadamente.

Para la medición del caudal de agua que pasa por un vertedero, es de importancia conocer el tipo de flujo del agua, ya sea flujo sumergido (flujo ahogado) o flujo libre. Para el cálculo del caudal en otros tipos de vertedero se tienen las siguientes formulas según la figura:

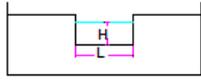
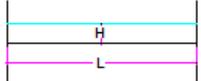
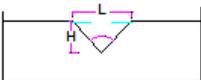
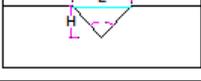
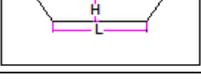
Tipo de vertedero	Diagrama	Ecuacion
Rectangular con contraccion		$Q=1.83 \cdot L \cdot H^{1.5}$ Q= caudal, m ³ /s L= longitud de la cresta, m H= cabeza, m
Rectangular sin contraccion (cuando cae por una pared)		$Q=3.3 \cdot L \cdot H^{1.5}$ Q= caudal, m ³ /s L= longitud de la cresta, m H= cabeza, m
Triangular de 90°		$Q=1.4 \cdot H^{5/2}$ Q= caudal, m ³ /s H= cabeza, m
Triangular de 60°		$Q=0.775 \cdot H^{2.74}$ Q= caudal, m ³ /s H= cabeza, m
Trapezoidal		$Q=1.859 \cdot L \cdot H^{1.5}$ Q= caudal, m ³ /s L= longitud de la cresta, m H= cabeza, m
Cresta gruesa		$Q=1.67 \cdot L \cdot H^{1.5}$ Q= caudal, m ³ /s L= longitud de la cresta, m H= cabeza, m

Figura 1.6: Medidor de caudal por vertedero

Fuente: (MINAGRI, 2015)

Aforador portátil (Replogle, Bos y Clemmens) RBC

MINAGRI (2015), menciona que este tipo aforador fue desarrollado por Replogle, Bos y Clemmens en 1984. El cual constituye una estructura portátil para la medición de caudales basada en el funcionamiento de provocar un flujo de régimen crítico. El Aforador RBC tiene varias aplicaciones, en canales pequeños de tierra, canales parcelarios, pequeños cursos de agua; con el propósito de realizar estudios y/o evaluaciones sobre eficiencias en sistemas de riego. Su uso es muy aplicado a nivel parcelario y en pequeños canales cuyo caudal máximo a medir es de 50 l.s^{-1} :

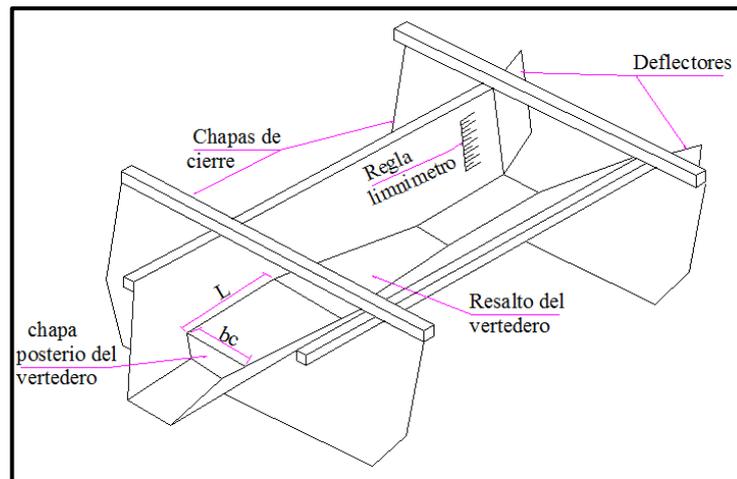


Figura 1.7: Aforador portátil RBC

Fuente: (MINAGRI, 2015)

Replogle, Bos y Clemmens, hizo cinco diseños de aforadores portátiles llamados RBC, que son modelos a escala, en donde la anchura de la solera de la sección de control “bc”, va desde 50 mm hasta 200 mm, donde los demás aforadores son proporcionales a bc, cada estructura sirve para medir diferentes caudales, según la tabla 1.4, y la construcción es de acuerdo al esquema de la figura 1.8:

Tabla 1.4: Dimensiones de los cinco tipos de aforadores

Ancho de la garganta bc (mm)	Lentitud de la garganta (mm)	Rango de caudales (l.s^{-1})		Largo del aforador (cm)	Ancho del aforador (cm)
		Mínimo	Máximo		
50	75	0.03	1.5	--	--
75	112.5	0.07	4.3*	55	40
100	150	0.16	8.7*	70	50
150	225	0.4	24.0*	105	75
200	300	0.94	49.0	--	--

Fuente: (MINAGRI, 2015)

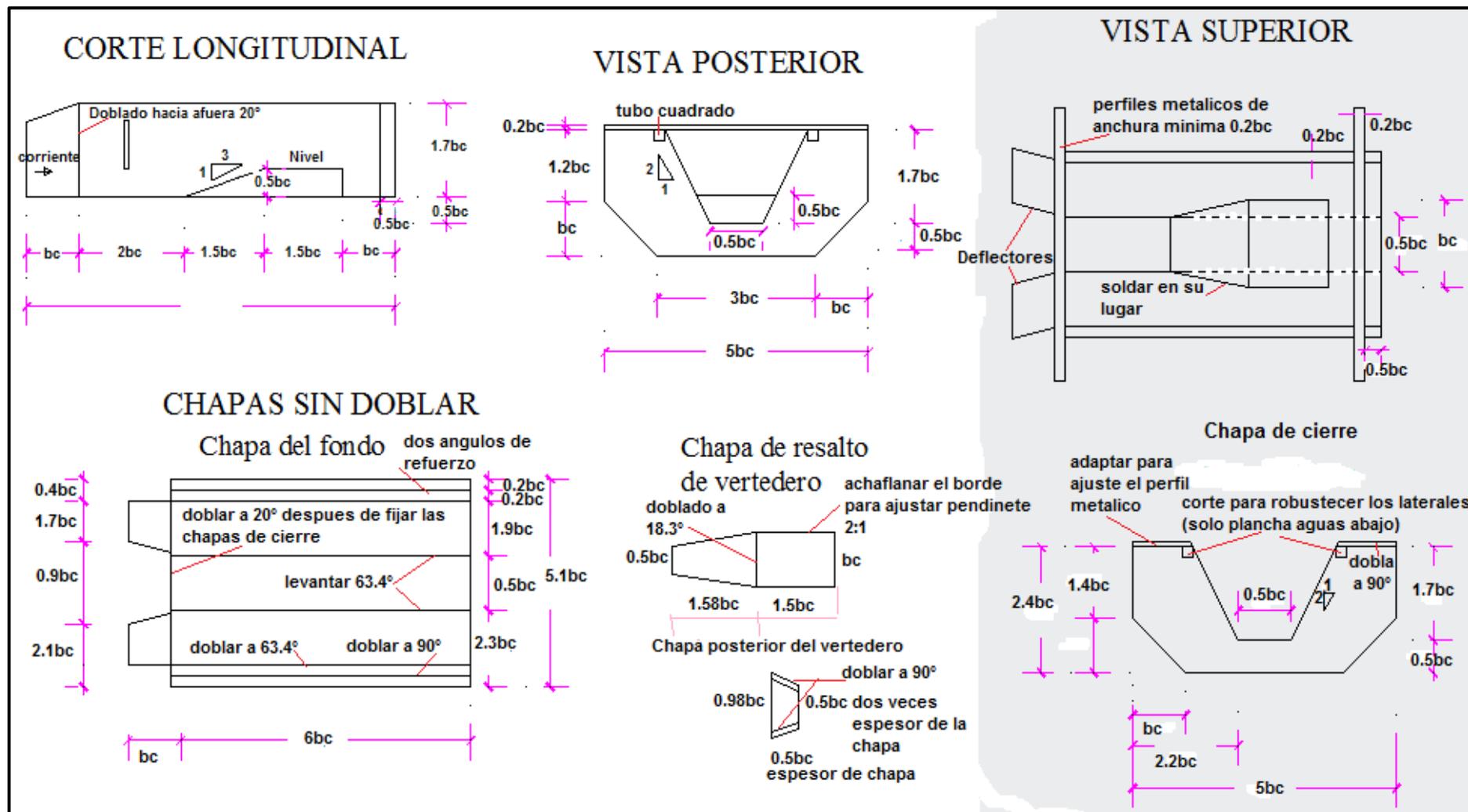


Figura 1.8: Esquema grafico para construir aforadores portátil RBC

Fuente: (MINAGRI, 2015)

Para la medición de los caudales directamente, se han hecho los cálculos correspondientes, para los cinco tipos de aforadores portátil RBC, según la tabla 1.5, donde el error es del 2%.

Tabla 1.5: Relación de caudal, para los cinco aforadores portátil RBC

bc = 50 mm		bc = 75 mm		bc = 100 mm		bc = 150 mm		bc = 200 mm	
h1	Q	h1	Q	h1	Q	h1	Q	h1	Q
(m)	(l.s ⁻¹)	(m)	(l.s ⁻¹)	(m)	(l.s ⁻¹)	(m)	(l.s ⁻¹)	(m)	(l.s ⁻¹)
0.005	0.026	--	--	0.010	0.159	--	--	0.020	0.935
0.006	0.036	--	--	0.012	0.216	--	--	0.022	1.092
0.007	0.047	0.007	0.067	0.014	0.278	0.014	0.401	0.024	1.258
0.008	0.059	0.008	0.084	0.016	0.347	0.016	0.500	0.026	1.433
0.009	0.072	0.009	0.103	0.018	0.422	0.018	0.606	0.028	1.617
0.010	0.086	0.010	0.123	0.020	0.503	0.020	0.720	0.030	1.809
0.011	0.101	0.011	0.144	0.022	0.590	0.022	0.842	0.032	2.010
0.012	0.118	0.012	0.167	0.024	0.682	0.024	0.971	0.034	2.219
0.013	0.135	0.013	0.181	0.026	0.780	0.026	1.108	0.036	2.436
0.014	0.153	0.014	0.216	0.028	0.884	0.028	1.251	0.038	2.662
0.015	0.172	0.015	0.242	0.030	0.994	0.030	1.402	0.040	2.896
0.016	0.192	0.016	0.270	0.032	1.109	0.032	1.560	0.042	3.139
0.017	0.214	0.017	0.299	0.034	1.230	0.034	1.725	0.044	3.389
0.018	0.236	0.018	0.329	0.036	1.357	0.036	1.897	0.046	3.648
0.019	0.259	0.019	0.361	0.038	1.490	0.038	2.077	0.048	3.915
0.020	0.283	0.020	0.393	0.040	1.628	0.040	2.263	0.050	4.190
0.021	0.309	0.021	0.427	0.042	1.773	0.042	2.456	0.055	4.913
0.022	0.335	0.022	0.463	0.044	1.923	0.044	2.656	0.060	5.688
0.023	0.363	0.023	0.499	0.046	2.080	0.046	2.864	0.065	6.513
0.024	0.391	0.024	0.537	0.048	2.242	0.048	3.078	0.070	7.389
0.025	0.421	0.025	0.576	0.050	2.410	0.050	3.300	0.075	8.317
0.026	0.451	0.026	0.616	0.052	2.584	0.052	3.528	0.080	9.297
0.027	0.483	0.027	0.657	0.054	2.765	0.054	3.764	0.085	10.330
0.028	0.516	0.028	0.700	0.056	2.951	0.056	4.007	0.090	11.410
0.029	0.549	0.029	0.744	0.058	3.144	0.058	4.257	0.095	12.550
0.030	0.584	0.030	0.789	0.060	3.343	0.060	4.514	0.100	13.740
0.031	0.620	0.032	0.883	0.062	3.548	0.062	4.779	0.105	14.980
0.032	0.657	0.034	0.983	0.064	3.759	0.064	5.050	0.110	16.280
0.033	0.696	0.036	1.087	0.066	3.976	0.066	5.329	0.115	17.630
0.034	0.735	0.038	1.197	0.068	4.200	0.068	5.615	0.120	19.040
0.035	0.775	0.040	1.312	0.070	4.431	0.070	5.909	0.125	20.500
0.036	0.817	0.040	1.432	0.072	4.667	0.072	6.210	0.130	22.010
0.037	0.860	0.044	1.557	0.074	4.911	0.074	6.518	0.135	23.590

0.038	0.904	0.046	1.688	0.076	5.160	0.076	6.833	0.140	25.220
0.039	0.949	0.048	1.824	0.078	5.417	0.078	7.157	0.145	26.900
0.040	0.995	0.050	1.966	0.080	5.680	0.080	7.487	0.150	28.650
0.041	1.042	0.052	2.113	0.082	5.949	0.082	7.825	0.155	30.450
0.042	1.091	0.054	2.266	0.084	6.226	0.084	8.169	0.160	32.310
0.043	1.140	0.056	2.424	0.086	6.509	0.086	8.522	0.165	34.230
0.044	1.191	0.058	2.588	0.088	6.798	0.088	8.883	0.170	36.210
0.045	1.243	0.060	2.758	0.090	7.095	0.090	9.251	0.175	38.250
0.046	1.297	0.062	2.933	0.092	7.399	0.092	9.626	0.180	40.350
0.047	1.351	0.064	3.115	0.094	7.709	0.094	10.010	0.185	42.510
0.048	1.407	0.066	3.302	0.096	8.026	0.096	10.400	0.190	44.730
0.049	1.464	0.068	3.495	0.098	8.350	0.098	10.800	0.195	47.010
0.050	1.522	0.070	3.693	0.100	8.682	0.100	11.210	0.200	49.350
		0.072	3.898			0.105	12.260		
		0.074	4.109			0.110	13.360		
		0.076	4.326			0.115	14.510		
						0.120	15.710		
						0.125	16.960		
						0.130	18.260		
						0.135	19.620		
						0.140	21.020		
						0.145	22.490		
						0.150	24.000		

Fuente: (MINAGRI, 2015)

F) Método del limnómetro o carga piezométrica

IMTA (1992), define al limnómetro como una regla graduada, que está pintada en cualquier material como madera; concreto o metal y su instalación debe ser en forma vertical en lugares visible de los bordes de los ríos o muros del canal, para que se pueda realizar la lectura con facilidad desde la orillas (en ríos), esta lectura puede estar en función del tirante y también con este sistema se determina en forma directa el caudal que paso por ese punto. Cuando se trata de canales revestidos, las escalas se pintan sobre las paredes de los taludes.

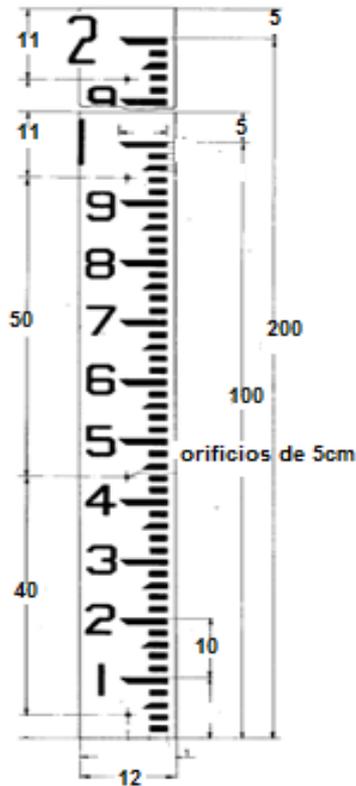


Figura 1.9: Escala limnimétrica típica

Fuente: (IMTA, 1992)

Marinus et al (1986), menciona que el limnómetros pueden colocarse directamente en la pared vertical del canal, empotrándolos. Si las paredes del canal están inclinadas, por tanto según la figura 2.9 se dan las longitudes de pendiente relativas para los taludes más usuales. Estos limnómetros de lectura directa pueden emplearse también en los vertederos móviles como los aforadores portátiles RBC. La mayoría de las escalas limnimétricas fijas son de chapa de acero esmaltado, de aluminio:

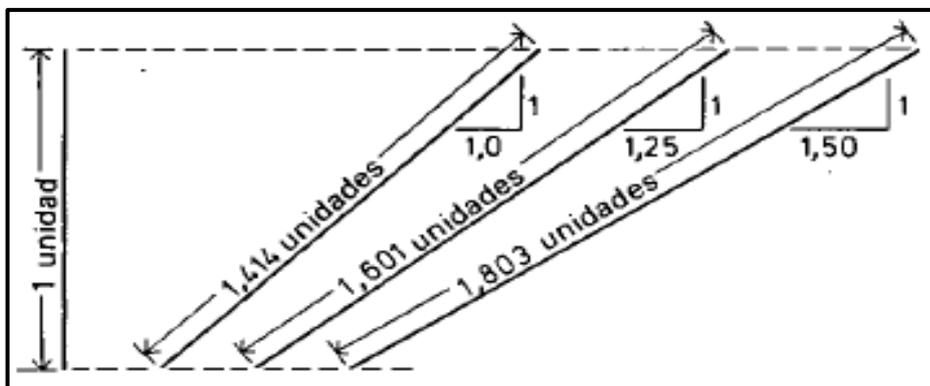


Figura 1.10: Multiplicadores de las unidades para escalas inclinadas

Fuente: (Marinus et al, 1986)

Tabla 1.6: Relación entre la distancia vertical e inclinada, de los trazos de un limnómetro, para un canal con taludes de 1 ,5: 1

Caudal, Q (m ³ .s-1)	Altura de carga vertical, h1 (m)	Distancia sobre la pared, hs (m)
0.20	0.117	0.211
0.40	0.179	0.323
0.60	0.229	0.413
0.80	0.273	0.492
1.00	0.311	0.561
1.20	0.347	0.626
1.40	0.379	0.683
1.60	0.41	0.739
1.80	0.439	0.792
2.00	0.466	0.84
2.20	0.492	0.887
2.40	0.517	0.932
2.60	0.541	0.975
2.80	0.564	1.016
3.00	0.586	1.057

Fuente: (Marinus et al, 1986)

1.2.4. Eficiencia de riego

MINAGRI (2015), define a la eficiencia de un sistema de riego como la relación entre la cantidad de agua utilizada por las plantas y la cantidad de agua suministrada desde la bocatoma, esta cantidad de agua captada de una fuente natural de un sistema de riego, es conducida a través de un canal principal (abierto o cerrado) para ser luego derivada a un canal de distribución, para finalmente ser deriva a las parcela:

$$Er (\%) = Ec * Ed * Ea * 100 \quad (08)$$

Donde:

Er: Eficiencia de riego.

Ec: Eficiencia de conducción.

Ed: Eficiencia de distribución.

Ea: Eficiencia de aplicación.

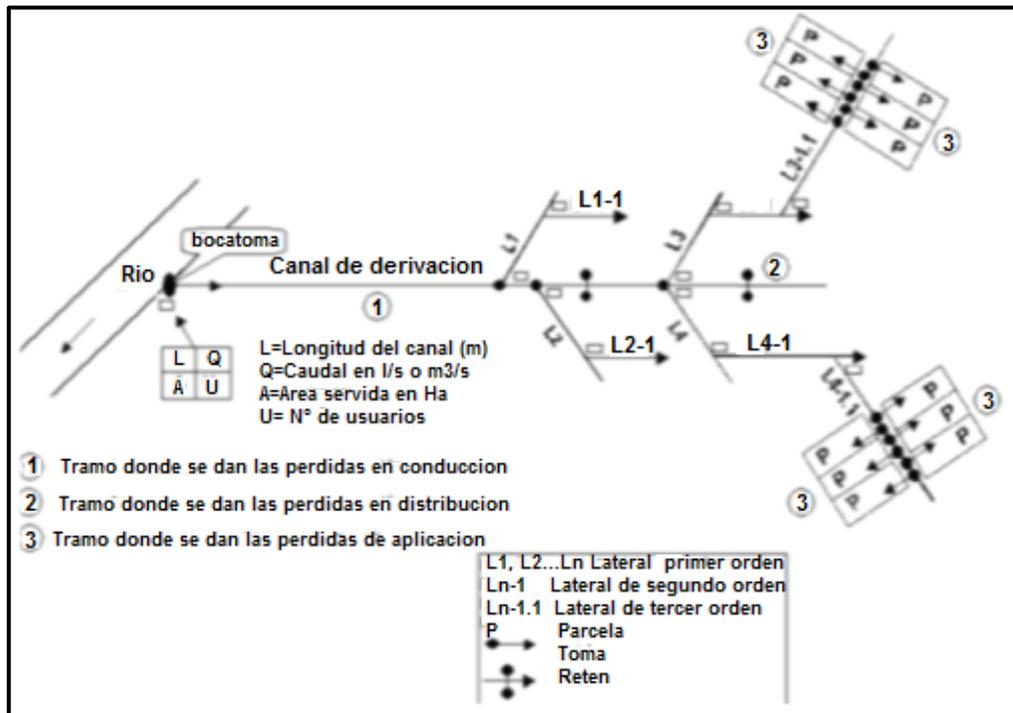


Figura 1.111: Esquema de eficiencia del sistema de riego

Fuente: (MINAGRI, 2015)

Vásquez et al (2017), manifiesta que, cuando funciona un sistema de riego se producen pérdidas, en almacenamiento, conducción, distribución y la aplicación a las parcelas. Donde al agua le considera como un recurso vital y por ende escaso, por eso su manejo de este recurso debe ser eficiente a fin de preservar y conservar.

$$Er(\%) = \frac{Va}{Vex} (100) \tag{09}$$

Donde:

Er (%) = Eficiencia de riego (%).

Va = Volumen de agua necesario para el cultivo o usado por el cultivo (m³).

Vex = Volumen de agua captado de la fuente de abastecimiento (m³).

En un sistema con reservorio

$$Er (\%) = (Ec * Es * Ed * Ea)*(100) \tag{10}$$

Donde:

Er (%) = Eficiencia de riego (%).

- Es = Eficiencia de conducción
- Es = Eficiencia de almacenamiento
- Ecd = Eficiencia de distribución
- Ea = Eficiencia de aplicación

Tabla 1.7: Eficiencia del sistema de riego

Eficiencia de riego	%
Ef. Riego (gravedad)	40
Ef. Riego (aspersión)	70
Ef. Riego (goteo)	90

Fuente: (MEF, 2003)

1.2.5. Eficiencia de conducción (Ec)

MINAGRI (2015), define la eficiencia de conducción, donde se puede evaluar la pérdida de agua en una línea de conducción, que está comprendido desde la bocatoma hasta el punto final, para medir es de acuerdo a esta relación caudal de ingreso dividido entre el caudal de salida multiplicado por 100, donde si el porcentaje es alto, significa que las pérdidas son mínimas:

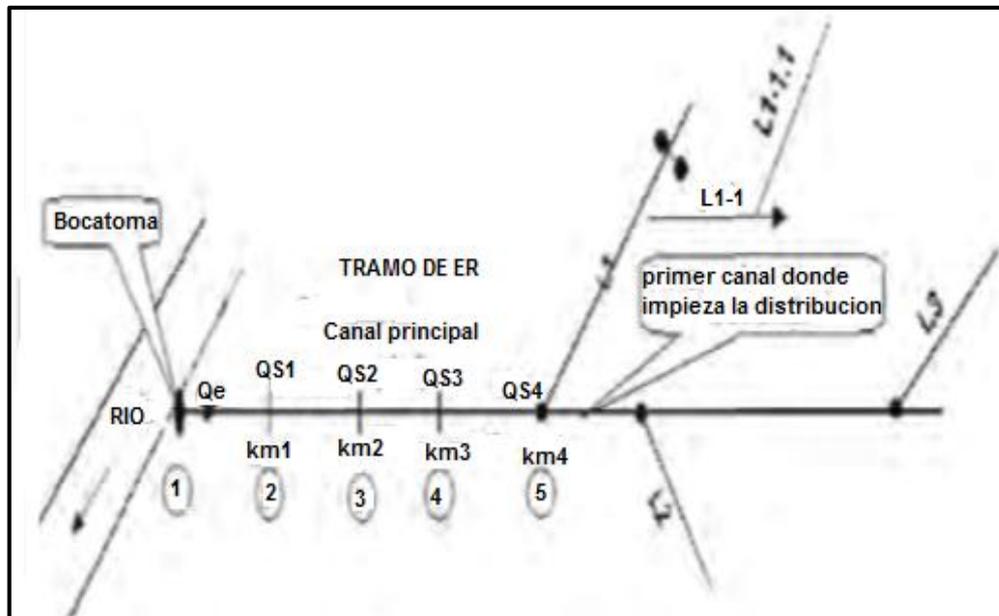


Figura 1.12: Esquema de eficiencia del sistema de riego

Fuente: (MINAGRI, 2015)

$$Ec = \frac{Qs}{Qe} \quad \text{ó} \quad Ec(\%) = \frac{Qs}{Qe} * 100 \quad (11)$$

Otra forma de cálculo de la eficiencia de conducción es utilizando los conceptos de pérdidas mediante las siguientes expresiones:

$$Qp = \frac{Qe - Qs}{Qe} \quad \text{ó} \quad Qp(\%) = \frac{(Qe - Qs)}{Qe} * 100 \quad (12)$$

Donde:

Ec = Eficiencia de conducción.

Qp = Pérdidas de agua en el canal expresadas en caudal.

Qs = Caudal que sale del canal o tramo de canal.

Qe = Caudal que entra al canal o tramo de canal.

1.2.6. Eficiencia de conducción y distribución (Ecd)

Vásquez et al (2017), manifiesta que, dentro de un sistema de riego se puede distinguir dos tipos de canales, canal de conducción y canal de distribución.

Como los canales de conducción, que se refieren al canal principal y canales laterales o de distribución, que se refieren a los canales de menor orden hasta nivel parcelario mismo. Para determinar la eficiencia en conjunto se efectúa mediante las siguientes relaciones:

$$Ec(\%) = \frac{Vcd}{Vex} * 100 \quad \quad \quad Ed(\%) = \frac{Vcc}{Vcd} * 100 \quad (13)$$

$$Ecd = Ec * Cd \quad (14)$$

Donde:

Ec = Eficiencia de conducción

Ed = Eficiencia de distribución

Ecd = Eficiencia de conducción y distribución

Vcc = Cantidad de agua entregada a nivel de cabecera de los campos de cultivos

Vex = Cantidad de agua extraída del reservorio

Vcd = Cantidad de agua entregada a los canales de distribución

La eficiencia de distribución

MINAGRI (2015), define a la eficiencia de distribución, como la relación entre el caudal del agua entregada en la cabecera de un canal lateral y la sumatoria de los caudales o volúmenes distribuidos en las parcelas, que tiene la siguiente expresión:

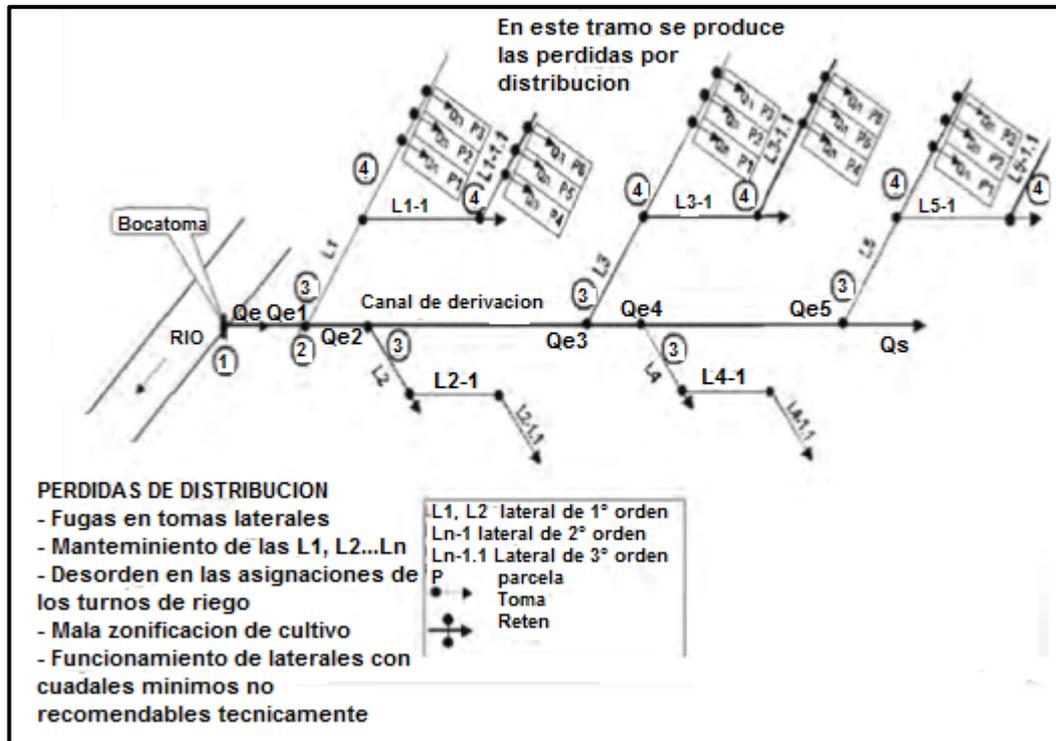


Figura 1.13: Esquema de la eficiencia de Distribución

Fuente: (MINAGRI, 2015)

Eficiencia de distribución dentro de un sistema de distribución

$$Ed = \frac{\sum Qn}{Qe} * 100 \quad (15)$$

Las pérdidas serán con esta expresión:

$$Qp = Qe - \sum(Qn) \quad (16)$$

Otra forma de cálculo es empleando caudales discriminados según el número de parcelas o usuarios.

$$Ed = \frac{Qs}{Qe - \sum(Qn)} * 100 \quad (17)$$

Las pérdidas serán con esta expresión:

$$Qp = Qe - (Qs - \sum(Qn)) \quad (18)$$

Donde:

Ed = Eficiencia de distribución en %.

Qe = Caudal que entra en el canal lateral.

Qn = Suma de los caudales que entran a las parcelas o predios.

Qs = Caudal que sale del canal lateral

1.2.7. Eficiencia de almacenamiento (Es)

Vásquez et al (2017), menciona que para evaluar la eficiencia de almacenamiento del reservorio, donde el agua proviene de diferentes fuentes como ríos, riachuelos, los cuales lleva una importante cantidad de elementos sólidos en suspensión producto de la erosión del suelo, que al sedimentarse colmatan el reservorio, disminuyendo su capacidad de almacenamiento. Las pérdidas de agua en un reservorio ocurren por percolación y evaporación:

$$Es(\%) = \frac{Vex}{Vo} * (100) \quad (19)$$

Donde:

Es (%) = Eficiencia de almacenamiento.

Vex: Cantidad de agua extraída del reservorio

Vo: Cantidad de agua que ingresa al reservorio.

1.2.8. Eficiencia de aplicación (Eap)

Israelsen (1975), define que la eficiencia de aplicación es la relación entre el agua que realmente queda almacenada en la zona de las raíces del cultivo (y por lo tanto puede ser aprovechada por ellas) y el agua total aplicada con el riego:

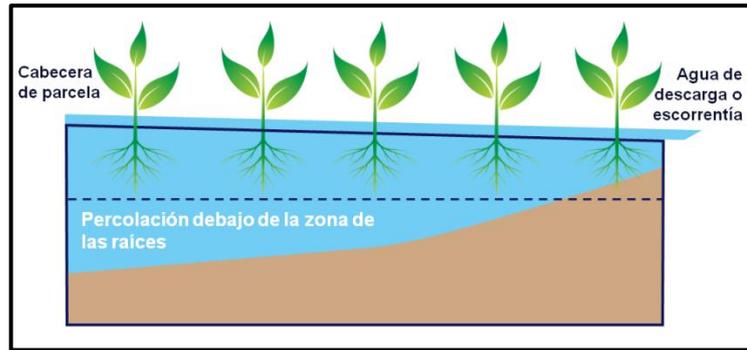


Figura 1.14: Esquema de percolación de agua a las raíces

Fuente: (MINAGRI, 2015)

Vásquez (1992), define que la eficiencia de aplicación está dada por la relación entre la cantidad de agua almacenada directamente para el cultivo y la cantidad total de agua aplicada al terreno, o sea esta relación se refiere a la cantidad de agua con que se riega el interior de la parcela:

$$E_{ap} = \frac{V_e}{V_a} \times 100 \quad (20)$$

Donde:

E_{ap} = Eficiencia de aplicación (%).

V_e = Volumen evaluado (m^3).

V_a = Volumen aplicado (m^3).

1.2.9. Densidad aparente (DAP)

Vásquez (1992), menciona que la densidad aparente esta representa por la relación que existe entre el peso del suelo seca o peso de sólidos y el volumen total de una muestra de suelo no disturbada, cuyos valores se expresan generalmente en gramos por centímetro cubico:

$$D_{ap} = \frac{M_s}{V_t} \quad (21)$$

Donde:

D_{ap} = Densidad aparente ($gr.cm^{-3}$).

M_s = Peso de suelo seco.

V_t = Volumen total.

Tabla 1.8: Valores representativos de la densidad aparente

Textura	Densidad aparente. (D_{ap}) ($g.cm^{-3}$)
Suelo arenoso	1.51 - 1.70
Suelo franco	1.31 - 1.50
Suelo arcilloso	1.00 - 1.30
Suelo volcánico	< 1.00

Fuente: (Vásquez et al, 2017)

1.2.10. Disponibilidad del agua en el suelo

Vásquez (1992), manifiesta que la cantidad de agua disponible, que se encuentra en el suelo para ser utilizada por las plantas, comprendida entre el rango de humedad a capacidad de campo y el punto de marchitez permanente. Donde sí este nivel de humedad persiste las plantas morirán:

A) Capacidad de campo (CC)

Vásquez (1992), manifiesta que la capacidad de campo, es la máxima capacidad de retención de agua de un suelo sin problema de drenaje, también se puede decir que el contenido de humedad a capacidad de campo, es aquel que corresponde a un estado energético de 0.33 bares:

B) Punto de marchitez permanente

Vásquez (1992), menciona que a partir de la capacidad de campo, el agua del suelo se va perdiendo progresivamente, por evaporación y es adsorbida por las plantas. El punto de marchitamiento depende más de la textura, que de la estructura del suelo:

C) Humedad aprovechable total (HAT)

Benites (1998), menciona que la lámina encontrada anteriormente es la que corresponde a la necesaria para pasar del nivel mínimo al máximo. Pero como mencionamos, no es recomendable que el suelo llegue a niveles mínimos, sino que el riego se aplique dentro de un cierto nivel de agotamiento:

$$L = \frac{(Cc - PMP) * D_{ap} * H}{100} \quad (22)$$

Donde:

L = Lámina de agua a cubrir humedad fácilmente utilizable (cm).

CC = Contenido de humedad capacidad de campo (%).

PMP = contenido de humedad punto de marchites permanente (%).

Dap = Densidad aparente del suelo (gr.cm^{-3}).

H = Profundidad de raíces (cm).

1.2.11. Almacenamiento del agua en el suelo

Vásquez et al (2017), define que el almacenamiento del agua en el suelo y su distribución en la zona de raíces es de suma importancia para el crecimiento, manejo y producción de los cultivos:

A) Expresiones del contenido de humedad

El contenido de humedad que tiene una muestra de suelo se puede expresar en términos de masa o peso, volumen o lámina de agua, como se muestra en la figura 1.15



Figura 1.15: Relación de volumen y masa de los componentes del suelo

Fuente: (Vásquez et al, 2017)

Contenido de humedad expresada en base a masa o peso de agua (θ_{masa})

$$\theta_{\text{masa}} = \frac{\text{Masa de agua}}{\text{Masa de suelo seco}} \quad (23)$$

Contenido de humedad expresado en base a volumen (θ_{Vol})

$$\theta_{\text{Vol}} = \frac{\text{Volumen de agua}}{\text{Volumen total de suelo}} \quad (24)$$

Contenido de humedad expresada como lámina de agua (L_a)

$$L_a = \frac{(\theta_{masa}) * D_{ap} * prof}{100} \quad (25)$$

Donde:

L_a = Lámina de agua expresada en las mismas unidades (cm).

prof = profundidad del suelo a evaluar contenido humedad (cm)

θ_{masa} = contenido de humedad expresado en masa (%).

D_{ap} = Densidad aparente del suelo ($gr.cm^{-3}$).

1.2.12. Movimiento de agua en el riego

Vásquez et al (2017), define que el movimiento de agua para el riego es de importancia, ya que así se lograra una buena eficiencias, en el uso del agua para este fin. Cuando se realiza el riego por gravedad, se presenta un fenómeno combinado desplazamiento que el avance y la infiltración de agua en el suelo.

$$6Q * t_a = B * (hI + hS) * X \quad (26)$$

Donde

Q = Caudal que ingresa al surco o melga (/seg)

t_a = Tiempo de aplicación de Q (min)

B = Ancho del espejo de agua superficial en el surco o melga (m)

hI = Lámina de agua infiltrada promedio a lo largo del surco o melga (cm)

hS = Lámina de agua promedio sobre la superficie del suelo (cm)

X = Longitud del surco o melga cubierta por agua (m)

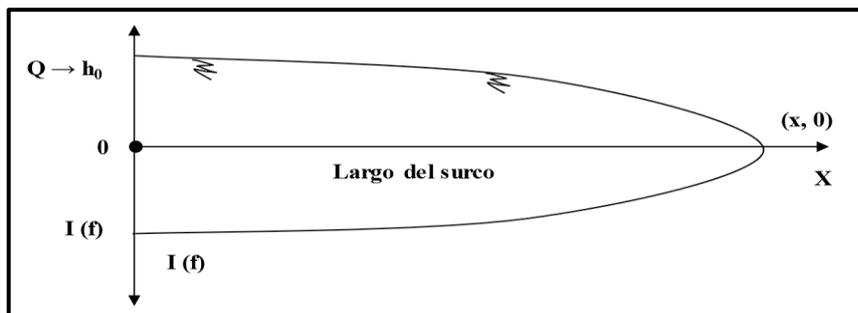


Figura 1.16: Perfil de distribución de lámina infiltrada y de agua sobre el suelo

Fuente: (Vásquez et al, 2017)

A) El avance del agua en el riego por gravedad

Vásquez (1992), define en un riego por gravedad el avance es importante conocerlo, ya que para realizar un diseño adecuado del sistema de riego. Los factores más importantes que determinan la velocidad de avance son:

- ✓ Pendiente longitudinal del fondo del surco o melga
- ✓ Cantidad de flujo, por surco o metro de ancho de melga
- ✓ Forma del surco o melga
- ✓ Rugosidad de la superficie del terreno
- ✓ Nivel de humedad del suelo
- ✓ Características físico-químicas del suelo
- ✓ Otros parámetros de menor significación.

$$X = PTa^m \quad (27)$$

Donde:

X = Longitud de avance (m) al tiempo T_x ; $0 \leq x \leq L$

p = Coeficiente empírico de la función de avance

T_a = Tiempo de avance (min)

m = Coeficiente empírico de la función de avance; $0 < m < 1$

L = Longitud del surco o melga (m).

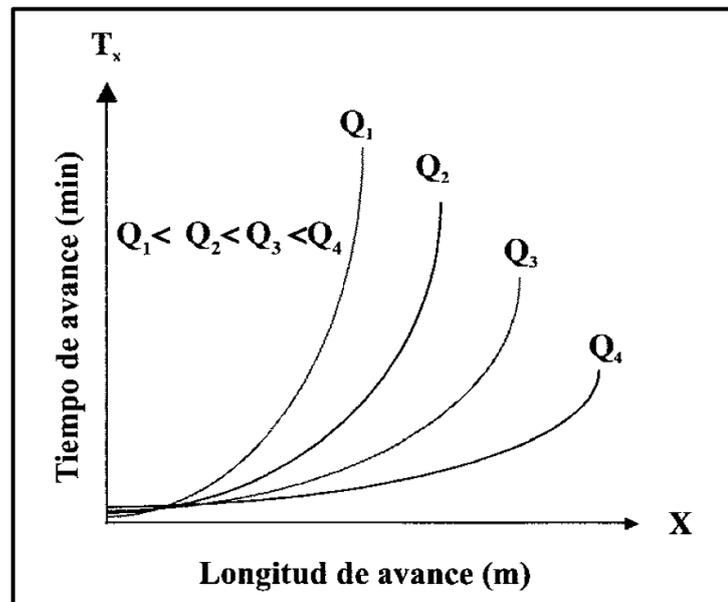


Figura 1.17: Representación de una prueba de avance con diferentes caudales

Fuente: (Vásquez et al, 2017)

B) Curvas de recesión de riego

Benites (1998), menciona que una vez finalizado el riego en cada estaca se registra el tiempo en que el agua desaparece de la superficie (merma), obteniéndose pares de valores que puedan ser llevados a una gráfica aritmética (curva de recesión) conjuntamente con la curva de avance:

$$L = aTm^b \quad (28)$$

Donde:

L = Longitud de avance en un tiempo determinado Tm (m).

Tm = Tiempo de merma (min.).

a = Coeficiente para Tm = 1 min.

b = Exponente que varía entre 0 y 1.

C) Caudal máximo no erosivo

Benites (1998), manifiesta que el caudal máximo no erosivo, corresponde al mayor caudal empleado que no cauce erosión ni destruya el cauce, se indica que se puede aproximar a la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{38}{S} \quad (29)$$

$$Q = \frac{0.63}{S} \quad (30)$$

Donde:

Q = Caudal máximo no erosivo (l.min⁻¹)

S = Pendiente del fondo del surco (%).

D) Infiltración

Vásquez (1992), define que la infiltración es la entrada vertical (gravitacional) del agua en el perfil del suelo. Los factores más importantes que afectan la velocidad de infiltración son:

- ✓ Características físicas del suelo
- ✓ Carga hidrostática usada en la prueba

- ✓ Contenido de materia orgánica y carbonatos
- ✓ Características de humedad del suelo
- ✓ Método de riego y manejo del agua
- ✓ Acción microbiana en el suelo
- ✓ Temperatura del suelo y del agua
- ✓ Prácticas culturales realizadas
- ✓ Otros de menor significación

Velocidad de infiltración instantánea, es la velocidad de entrada vertical de agua en el perfil del suelo, cuando la superficie del terreno se cubra con una lámina delgada de agua, tiene un modelo exponencial de esta forma:

$$i = aT_o^b \quad (31)$$

Donde:

i = Velocidad de Infiltración ($L.T^{-1}$), expresada en mm/hora, cm/hora

T_o = Tiempo de oportunidad expresado en minutos u horas

a = Coeficiente que representa la velocidad de infiltración $T_o = 1$ min

b = Exponente que varía entre 0 y -1.

Infiltración acumulada o lámina de infiltración acumulada, Integrando la ecuación (31) entre los límites 0 y T_o , se obtiene la función de la infiltración acumulada:

$$I_{cum} = AT^B \quad (32)$$

Donde:

I_{cum} = Lamina infiltrada acumulada en cm.

T = Tiempo de infiltración.

A = Coeficiente para $T = 1$.

B = Exponente que varía entre 0 y 1.

$$A = \frac{a}{b+1}$$

$$B = b + 1$$

Velocidad de infiltración básica, es el valor instantáneo cuando la velocidad de infiltración es menor o igual que el 1% de su valor

Derivando la ecuación (31) se tiene:

$$Tb = -10b \quad \text{en horas} \quad (33)$$

$$Tb = -600b \quad \text{en minutos} \quad (34)$$

Velocidad de infiltración promedio, es la relación entre la infiltración acumulada y el tiempo acumulado:

$$Ip = \frac{a}{b+1} Tb \quad (35)$$

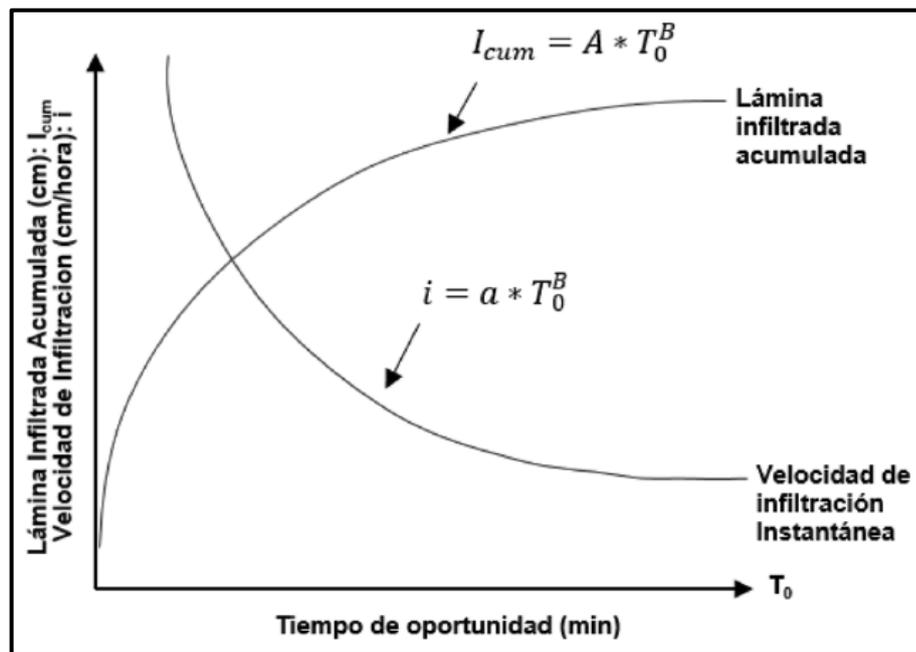


Figura 1.18: Variación de la lámina infiltrada y la velocidad de infiltración instantánea en función del tiempo de oportunidad

Fuente: (Vásquez et al, 2017)

Determinación de la velocidad de infiltración método de cilindro infiltración, se siguen los siguientes pasos:

- ✓ Selección y descripción del lugar
- ✓ Materiales usados
- ✓ Ejecución de la prueba

- ✓ Instalación de los cilindros
- ✓ Llenado de los cilindros
- ✓ Lecturas del nivel de agua
- ✓ Cálculo y registro de datos

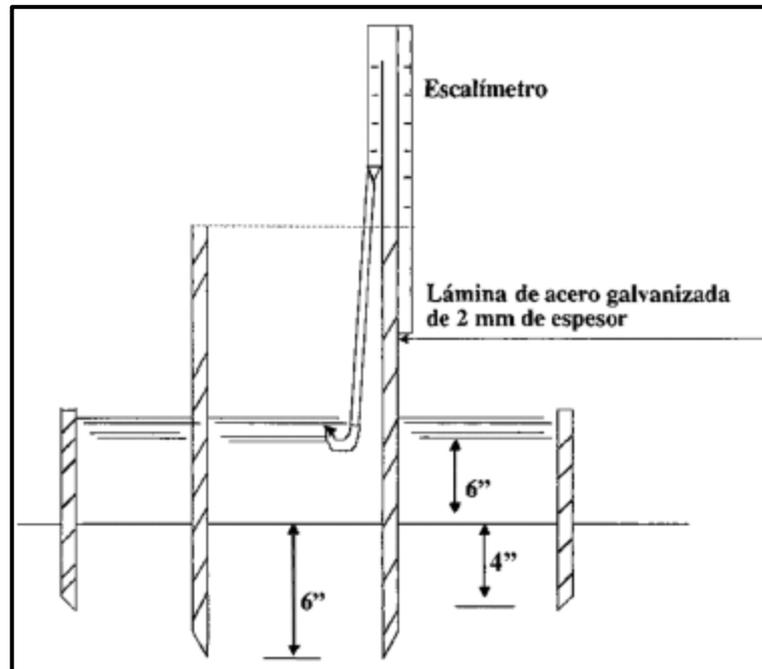


Figura 1.19: Disposición del equipo para medir la variación del nivel de agua

Fuente: (Vásquez et al, 2017)

1.2.13. Tiempo de riego

García (1997), define que el tiempo de riego, constituye el tiempo necesario para incorporar la lámina aplicada al suelo, teniendo en cuenta la cantidad de agua o volumen que se dispone por unidad de tiempo o caudal:

$$T = \frac{(A * Lap)}{q} \quad (36)$$

Donde:

T = Tiempo de riego en (s).

A = Área de riego en (m²)

Lap = Lámina a aplicar (m).

1.2.14. Pérdida de agua en el riego

Ugarte (2004), define que la pérdida de agua en el riego, ocurre cuando el agua aplicada en los cultivos de riego, hasta que llegue a las parcelas enfrenta muchos tipos de pérdidas, y estas pérdidas son mayores en:

- ✓ Suelos con textura gruesa
- ✓ Canales con una elevación relativa
- ✓ Mayor que la tierra circundante
- ✓ Canales que son relativamente largos
- ✓ Canales con un mantenimiento deficiente

A) Evaporación

Vásquez et al (2017), define a la evaporación como cambio físico donde el agua pasa del estado líquido a vapor, la evaporación constituye una de las fases del ciclo hidrológico, y está influenciada por diversos factores como el viento, temperatura, humedad relativa, radiación, composición y color del suelo, entre otros. En el caso de los cultivos, cuando se habla de evaporación, nos estamos refiriendo a la evaporación del agua que se encuentra en el suelo.

Vásquez (1992), menciona que las pérdidas de agua por evaporación o la evapotranspiración, cantidad de agua evaporada y transpirada por un cultivo de tamaños cortos generalmente pastos, para el cálculo de esta pérdida por evaporación, es haciendo uso de un tanque de evaporación.

Método de tanque de evaporación clase “A”

Vásquez et al (2017), menciona que este método consiste en hallar una relación entre la tasa de evapotranspiración producida en un lisímetro, y la tasa de evaporación en un tanque de evaporación de tipo clase “A”, con las medidas de 1.20 m de diámetro, 0.25 m de profundidad, y se instala a 0.15 m por sobre el nivel de terreno.

Según la FAO (1976), la evapotranspiración potencial (ETP) se estima de la siguiente manera:

$$ETP = f_t * E_o \quad (33)$$

Donde:

ETP = Evapotranspiración potencial, (mm/día),

Eo = Evaporación libre de tanque clase “A”, (mm/día)

Ft = Coeficiente empírico, válido para las condiciones ambientales del tanque.



Figura 1.20: Tanque de evaporación Clase “A”

Fuente: (Vásquez et al, 2017)

B) Pérdida por infiltración

Villón (2007), menciona que las pérdidas producidas por infiltración en los canales de conducción reducen su eficiencia y que el agua perdida puede ser utilizado en la agricultura, entre los principales factores de la pérdida de agua pueden ser:

- La permeabilidad del lecho del canal, que depende de la permeabilidad del suelo y es mayor cuando el suelo es porosa y gruesa.
- Edad del canal, al inicio de la construcción es máxima y disminuye gradualmente con el pasar del tiempo, donde las paredes y el fondo son cubiertos por el fango
- Caudal, son proporcionalmente menores en grandes canales que en los pequeños.

Para calcular esta pérdida se hace uso de la fórmula de E. A. Mortiz, para un canal abierto, de acuerdo al tipo de material por donde se va conducir el agua:

$$p = 0.0375 * C * A^{0.5} \quad (34)$$

Donde:

P = pérdida en $m^3 \cdot s^{-1} \cdot km$

A = área hidráulica, en $m^2 = (Q/v)$

C = coeficiente que depende del material donde se encuentra en canal

Q = caudal en $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

v = velocidad en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

Tabla 1.9: Coeficiente “C” de acuerdo al material

MATERIAL	C
franco arcilloso impermeable	0.08 - 0.11
franco arcillas semi impermeable sobre arcilla compactada, a profundidad no mayor de 1m bajo el fondo del canal	0.11 - 0.15
franco arcilloso ordinario limo	0.15 - 0.23
franco arcilloso con arena o grava, grava cementada (conglomerados), arcilla y arena	0.23 - 0.30
franco arenoso	0.30 - 0.45
suelos arenoso sueltos	0.45 - 0.55
suelos arenosos con grava	0.55 - 0.75
roca desintegrada con grava	0.75 - 0.90
suelo con mucha grava	0.90 - 1.90

Fuente: (Villón, 2007)

1.2.15. Definición de canales de riego

Villón (2007), define a los canales de riego, como los cauces artificiales de forma rectangular, que sirven para transportar el agua. Donde el flujo del agua está sin presión, que siempre existe una superficie libre, en donde se tiene una presión atmosférica. También se puede considerar a canal a cualquier conducto cerrado, como puede ser un tubo o túnel, que funcione parcialmente lleno al 75%.

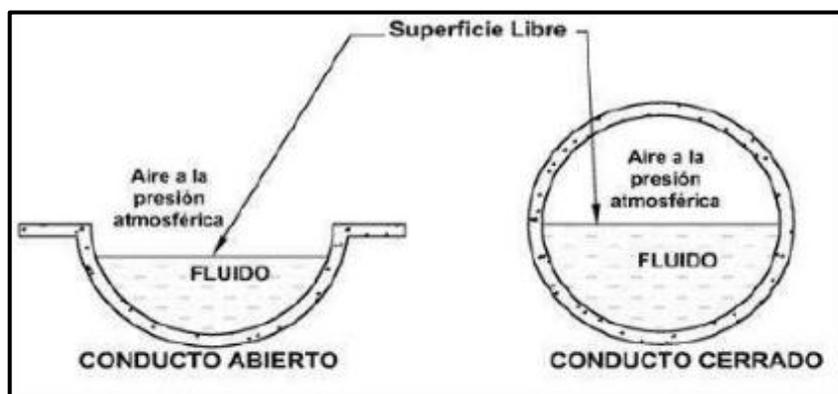


Figura 1.21: Flujo en conducción

Fuente: (Rodríguez, 2008)

A) Clasificación de los canales

Estos canales de riego se califican se acuerdo a su origen y tenemos:

Canales naturales, son aquellos canales que incluyen los curso de agua, que existen en forma natural en la tierra, que tiene una variación en tamaño desde pequeños arroyuelos en zonas montañosas, hasta quebradas, ríos pequeños y grandes, etc. La sección transversal de estos canales naturales, generalmente es de forma muy irregular y variable durante su recorrido, lo mismo su alineación, (Rodríguez, 2008)

Canales artificiales, son todos aquellos canales construidos, mediante la intervención de la mano del hombre. Los canales artificiales se diseñan, de formas geométricas regulares, donde el termino de sección de canal se refiere a la sección transversal tomado en forma perpendicular a la dirección del flujo y las secciones más comunes de los canales son, (Rodríguez, 2008):

- ✓ Trapezoidal, usado mayormente en canales de tierra
- ✓ Rectangular, se utiliza para canales construidos con material estable
- ✓ Triangular, usado mayormente en cunetas revestidas en carreteras
- ✓ Parabólico, en caso usado para canales revestidos
- ✓ Cerradas, circulares más usados para alcantarillas

B) Elementos geométricos de un canal

Los elementos geométricos de los canales de conducción de agua son propiedades de una sección, que pueden ser definidas por la geometría de la sección y profundidad del flujo. Donde estos elementos son de importancia que son utilizados con amplitud en el cálculo del flujo, las formas más conocidas de las secciones transversales son los que se muestra en la figura:

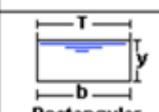
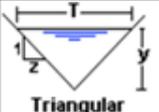
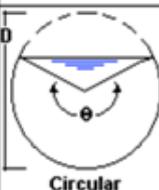
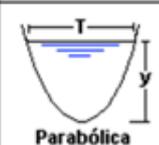
Tipo de sección	Área A (m ²)	Perímetro mojado P (m)	Radio hidráulico Rh (m)	Espejo de agua T (m)
 Rectangular	by	$b+2y$	$\frac{by}{b+2y}$	b
 Trapezoidal	$(b+zy)y$	$b+2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+z^2}}$	$b+2zy$
 Triangular	zy^2	$2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1+z^2}}$	$2zy$
 Circular	$\frac{(\theta - \text{sen}\theta)D^2}{8}$	$\frac{\theta D}{2}$	$(1 - \frac{\text{sen}\theta}{\theta})\frac{D}{4}$	$(\frac{\text{sen}\theta}{2})D$ ó
 Parabólica	$\frac{2}{3}Ty$	$T + \frac{8y^2}{3T}$	$\frac{2T^2y}{3T+8y^2}$	$\frac{3A}{2y}$

Figura 1.22: Secciones típicas de canal para la conducción de agua

Fuente: (Rodríguez, 2008)

C) Diseño de secciones hidráulicas

Villón (2007), menciona que para su diseño del canal, se debe tener en cuenta ciertos factores, tales como: tipo de material del cuerpo del canal, coeficiente de rugosidad, velocidad máxima y mínima permitida, pendiente del canal, taludes, etc.

Ecuación de Manning. En 1889 el ingeniero irlandés Robert Manning presenta una ecuación para determinar el valor de “C”, en función del radio Hidráulico y la rugosidad del material de que se construya el canal. (Rodríguez, 2008)

$$V = C \sqrt{SR}$$

Ecuación de Chezy

Donde

V = velocidad

C = coeficiente de resistencia

S = Pendiente

R = Radio hidráulico

Sustituyendo el valor de “C” de Manning en la ecuación de Chezy, para calcular la velocidad se tiene la expresión:

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad (35)$$

La ecuación más utilizada es la de Manning, y su expresión es

$$Q = A \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad (36)$$

Donde

Q = Caudal (m³.s-1)

V = velocidad (m.s⁻¹)

n = Rugosidad

S = Pendiente

A = Área hidráulica (m²)

R = Radio hidráulico = Área de la sección húmeda / Perímetro húmedo (m)

En el diseño de nos da valores de “n” estimados, estos valores pueden ser refutados con investigaciones.

Tabla 1.10: Valores de coeficiente “n” de Manning

Material	Valores		
	Mínimo	Normal	Máximo
Arroyos de montaña con muchas piedras	0.035	0.040	0.050
Tepetate (liso y uniforme)	0.025	0.035	0.040
Tierra en buenas condiciones	0.017	0.020	0.025
Tierra libre de vegetación	0.020	0.025	0.033
Mampostería seca	0.025	0.030	0.033
Mampostería con cemento	0.017	0.020	0.025
Concreto	0.013	0.017	0.020
Asbesto cemento	0.090	0.010	0.011
Polietileno y PVC	0.007	0.008	0.009
hierro fundido (fo.fo)	0.011	0.014	0.016
Acero	0.013	0.015	0.017
Vidrio, cobre.	0.009	0.010	0.010

Fuente: (Rodríguez, 2008)

Rugosidad. Esta depende del cauce y el talud, dado a las paredes laterales del mismo, vegetación, irregularidad y trazado del canal, radio hidráulico y obstrucciones en el canal, generalmente cuando se diseñan canales en tierra se supone que el canal está recientemente abierto, limpio y con un trazado uniforme, sin embargo el valor de rugosidad inicialmente asumido difícilmente se conservará con el tiempo, lo que quiere decir que en la práctica constantemente se hará frente a un continuo cambio de la rugosidad

Velocidades máxima y mínima permisible. La velocidad mínima permisible es aquella velocidad que no permite sedimentación, este valor es muy variable y no puede ser determinado con exactitud, cuando el agua fluye sin limo este valor carece de importancia, pero la baja velocidad favorece el crecimiento de las plantas, en canales de tierra, da el valor de 0.762 m.s^{-1} . Como la velocidad apropiada que no permite sedimentación y además impide el crecimiento de plantas en el canal.

La velocidad máxima permisible, algo bastante complejo y generalmente se estima empleando la experiencia local o el juicio del ingeniero.

CAPÍTULO II

METODOLOGIA

2.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El lugar donde se realizó la investigación titulado “Evaluar la eficiencia del sistema de riego, en el sector de Tasta, de la localidad de Huarapite del distrito de Chiara de la provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho 2018”, evaluando primero la eficiencia de conducción entubada de la progresiva 2+600 km, luego las 5 tomas laterales (bocatoma – reservorio), mientras tanto la eficiencia de almacenamiento en un reservorio circular de 3500m³, también se determinó la eficiencia de distribución en canal de tierra (reservorio – parcelas de riego) y finalmente con la evaluación de la eficiencia de aplicación en las parcelas.

2.1.1. Ubicación política

El sistema de riego en el sector Tasta – Huarapite, se encuentra ubicado políticamente, en localidad del mismo nombre, del Distrito de Chiara, Provincia de Huamanga, Departamento de Ayacucho, como se muestra en la figura.

Departamento : Ayacucho
Provincia : Huamanga
Distrito : Chiara
Localidad : Niño Jesús de Huarapite

2.2.2. Ubicación geográfica

El sistema de riego en el sector Tasta - Huarapite, se ubica en la parte sierra zona sur central, de los andes del Perú, al sur de la ciudad de Ayacucho, en estas coordenadas.

Latitud : 13° 16' 13" S
Longitud : 74° 12' 12" W
Altitud : 3743.50 m. s. n. m.
Coordenadas UTM : 8514167.23N 600427.08 E
Altitud promedio : 3575.0 m.s.n.m

2.2.3. Vías de acceso

La vía de acceso principal a la localidad de Niño Jesús de Huarapite, donde se plantea el proyecto de investigación, es a Través de la carretera asfaltada; comprendido entre la ciudad de Ayacucho – Toccto, carretera afirmada, con un recorrido de 42 km, Toccto – repartición para sachabamba, con un recorrido 40 Km. Y de la repartición a sachabamba a huarapite con un recorrido de 7 km, se realiza un aprox. a 2 horas de viaje (con auto), el sistema de riego está ubicada a 2 km. de la localidad de Niño Jesús de Huarapite caminado. A continuación se detalla las distancias y tiempos de recorrido hacia a la zona del proyecto de investigación.

Tabla 2.1: Vía de acceso al lugar de la investigación

De	A	Distancia (km)	Tiempo (min)	tipo vía	frecuencia	Servicio transp.
Ayacucho	Toccto	42 Km	50 min	Carret. Asf.	Diaria	auto
Toccto	Repartición a Sachabamba	40 Km	40 min	Carret. Asf.	Diaria	auto
Repartición a Sachabamba	Huarapite	7 km.	30 min	Carret. afir	Diaria	auto

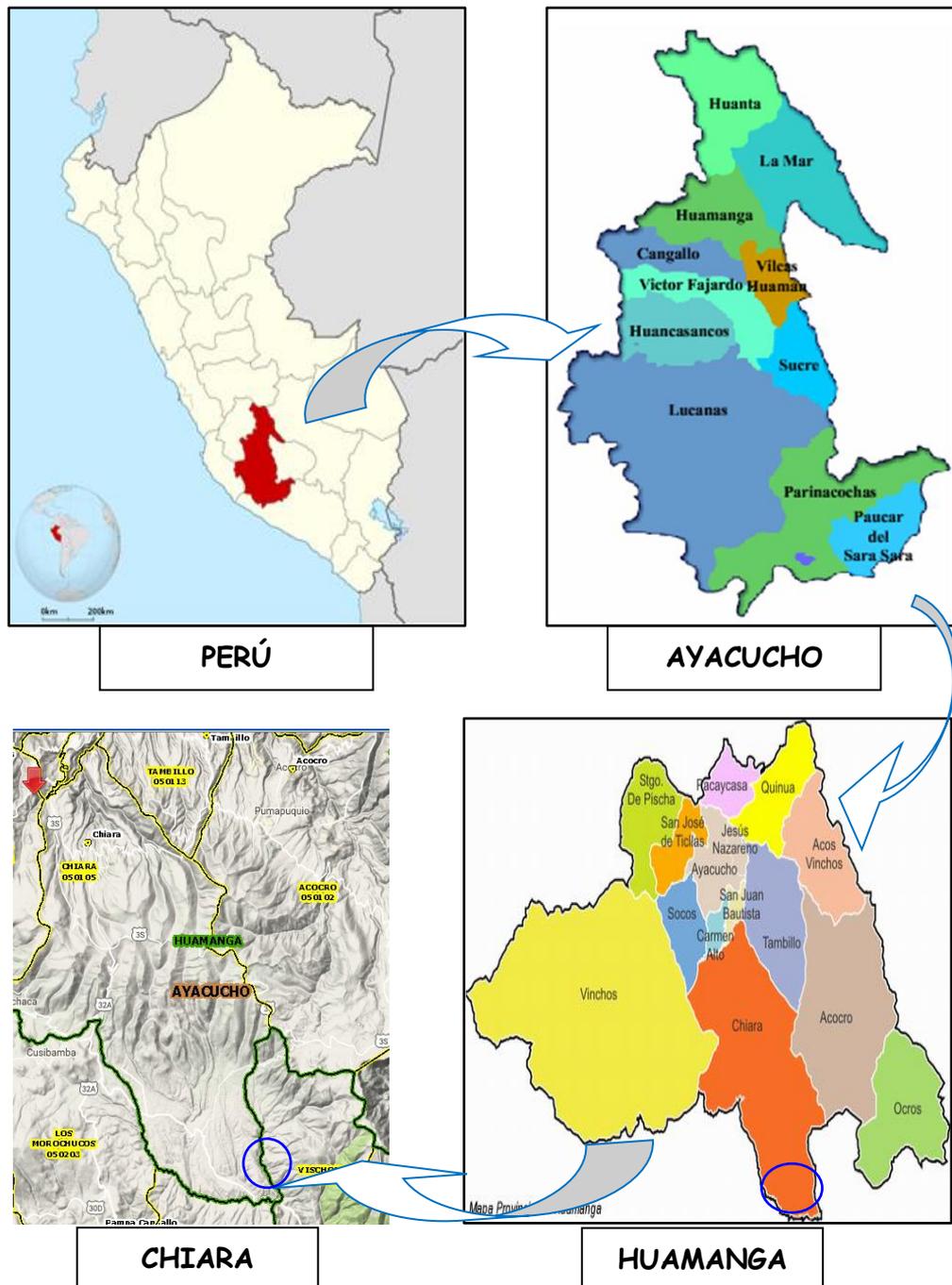


Figura 2.1: Ubicación nacional, regional, provincial y distrital del trabajo de investigación

Fuente: <http://www.go2peru.com>, mapas del Perú.

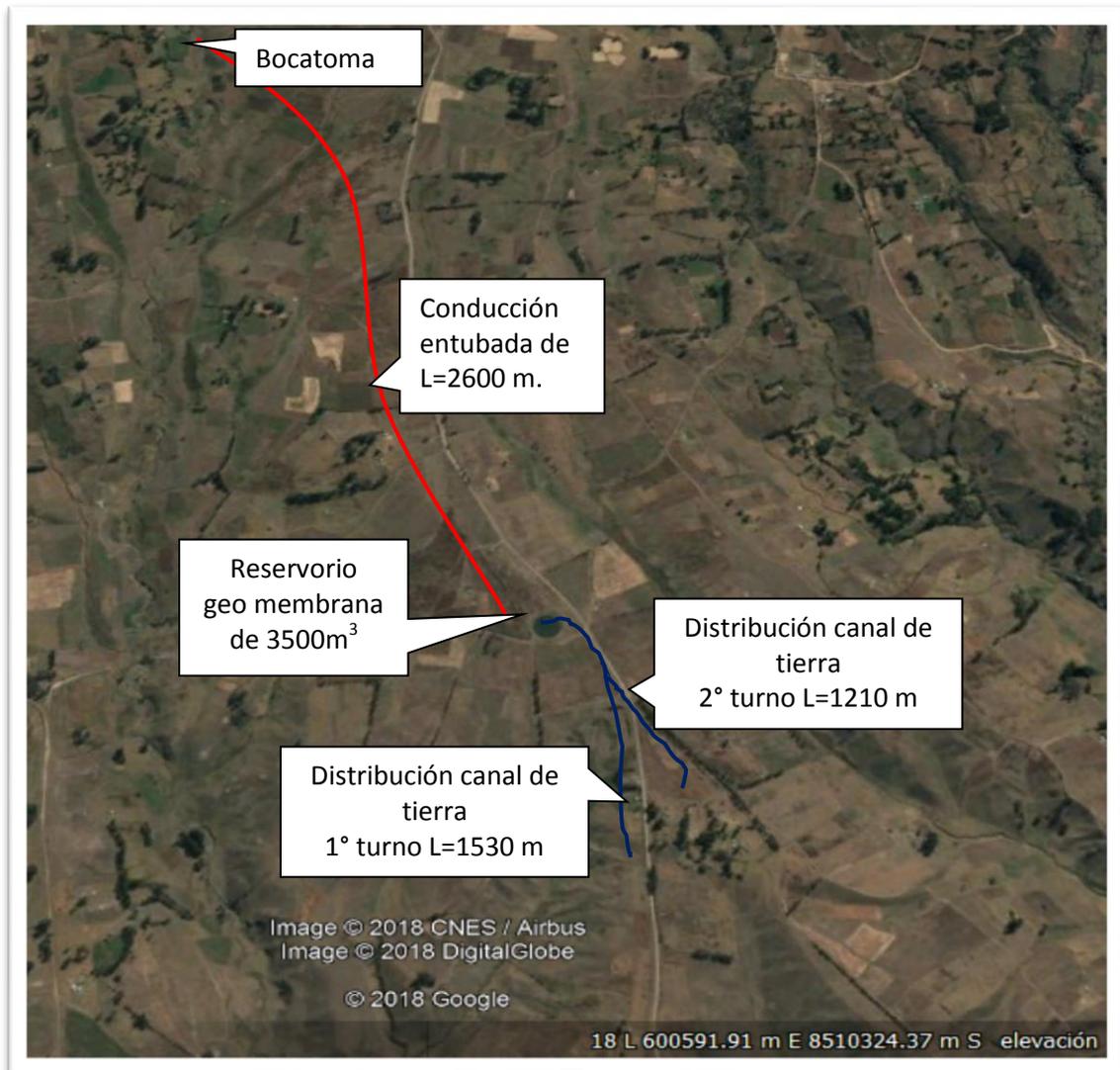


Figura 2.2: Localización en imagen satelital de la investigación

Fuente: Imagen de Google Earth pro-2017.

2.2. INFORMACIÓN DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN

2.2.1. Características generales

El área agrícola de la localidad de Niño Jesús de Huarapite, se encuentra en la parte media de la localidad, el cual presenta una topografía variable, que oscilan entre 5 a 30 %. Sin embargo el área de cultivo actual es apta para cultivos diversos. Los suelos con erosiones moderadas a fuertes y afloramientos subterráneos (bofedales) que alimentan a los ríos y riachuelos de la zona.

2.2.2. Características agroeconómicas

La localidad de Niño Jesús de Huarapite del distrito de Chiara tiene la actividad principal la agricultura y la ganadería considerada como una actividad secundaria

debido a un incipiente desarrollo, cabe mencionar que la mayor parte de la población está dedicada a la agricultura y en menor cantidad la ganadería, los principales cultivos que se pueden observar son el maíz, arveja, cebada, papa, trigo, pastos naturales y cultivados cuyos rendimientos es mínimo debido a la escasez del recurso hídrico.

La pequeña producción agropecuaria, de la zona se destina en gran parte al autoconsumo y de subsistencia. En su mayoría la población es en edad escolar, que están dedicados básicamente al estudio y en tiempos libres realizan labores en la chacra y pastar ganados

La responsabilidad del hogar está a cargo de la madre, quien realiza cotidianamente las labores domésticas y en algunos casos también realiza las labores de chacra y pastoreo, como jefe de familia el padre que se dedica a labores agrícolas.

2.2.3. Topografía

La Localidad de Niño Jesús de Huarapite es caracterizada por una topografía llana ondulada, situada entre los 3555 a 3580 m.s.n.m, posee una combinación de condiciones favorables de terreno así como de clima templado.

2.2.4. Aspectos climáticos

En la localidad de Niño Jesús de Huarapite del Distrito de Chiara, presenta un clima templado frígido y seco, con temperaturas que varían entre los 3.5° - 15.5° C, las variaciones de temperatura se observa también entre las estaciones del año y entre el día y la noche, los meses de mayo a septiembre son los más fríos con vientos fuertes y heladas fuertes que llegan hasta los 0°. Se presenta abundante lluvia en los meses de diciembre a marzo y sin lluvias de abril a noviembre. Además se han identificado 2 pisos ecológicos:

Clima Semiárido Templado Andino de Región Quechua, en una altitud de 2,900 a 3,500 m.s.n.m. se inicia en la comunidad campesina de Bellavista. En esta zona se desarrolla la actividad ganadera, agrícola y frutícola.

Clima de Alta Montaña Tropical, frío templado alto andino de Región Suni, su altitud es de 3,500 a 4,000 m.s.n.m. Zona apta para el desarrollo pecuario, acuícola y cultivos

alto andinos se encuentran las comunidades de Condorcoccha, Chanchayllo, Quiswarcancha, Sachabamba, Huarapite y Manallasacc.

2.2.5. Caudal de la fuente

La única fuente de agua aprovechable es el riachuelo de Tasta cuyo caudal disponible en tiempo de estiaje es de 15 l.s^{-1} , de las cuales se capta para el sistema de riego sector – Tasta Huarapite, un caudal de $7 - 12 \text{ l.s}^{-1}$, en la bocatoma de fondo ubicado en un radio, de las coordenadas UTM 8514722 N, 600427.08 E.

2.2.6. Organización de los usuarios del agua

El comité de usuarios Huarapite está conformado por los pobladores beneficiarios, quienes pertenecen a la localidad de Niño Jesús de Huarapite y están adscritos a la autoridad local de aguas (ALA) – Bajo Apurímac - Pampas.

2.3. EQUIPOS Y MATERIALES DE INVESTIGACIÓN

Para el presente trabajo de investigación se ha utilizado estos materiales y equipos, tanto en campo como en gabinete.

2.3.1. Materiales

- ✓ Estacas de fierro o madera
- ✓ Pintura
- ✓ Libretas de campo
- ✓ Hojas de registro y procesamiento.
- ✓ Papel bond 80 gr
- ✓ Material bibliográfico.
- ✓ Planos de carta nacional
- ✓ Datos meteorológicos de estaciones

2.3.2. Equipos

- ✓ Computadora Core i7 de 3.8 Ghz y 16 Gb RAM
- ✓ Impresora Hp Laser
- ✓ 01 USB
- ✓ 01 Cámara fotográfica
- ✓ Calculadora

- ✓ Wincha flexómetro de 50 y 5 m
- ✓ Cronómetro o reloj,
- ✓ 01 GPS (sistema de posicionamiento global)
- ✓ Nivel de ingeniero
- ✓ Mira estadía
- ✓ 03 Aforadores portátil Replogle, Bos y Clemmens (RBC) $bc = 100$ mm y $bc = 150$ mm.
- ✓ 01 Cilindro de infiltración

2.4. PROCEDIMIENTO Y METODOLOGÍA

2.4.1. Fase preliminar

Delimitación del área de trabajo.

Se realizó un esquema hidráulico del sistema de riego sector Tasta- Huarapite, para luego determinar la eficiencia de conducción entubada, almacenamiento, distribución en canal de tierra y aplicación; ubicando los puntos de aforo.

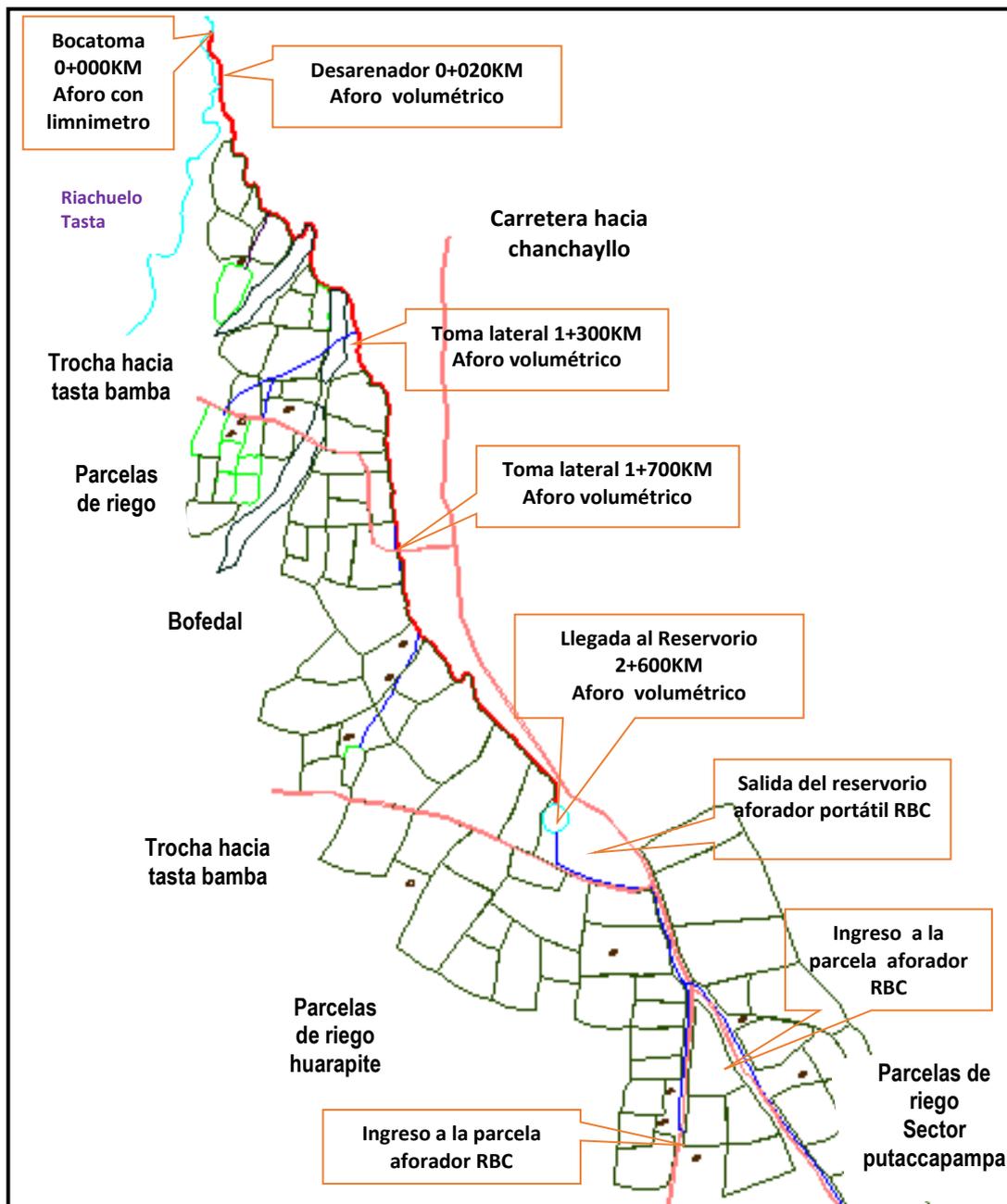


Figura 2.3: Esquema de puntos de aforo del sistema de riego sector Tasta - Huarapite

2.4.2. Fase de campo

Verificación in situ del sistema de riego sector Tasta - Huarapite

Se realizó un recorrido de la infraestructura hidráulica del sistema de riego sector Tasta - Huarapite, desde la bocatoma hasta el reservorio y las áreas de riego, donde se hicieron las siguientes evaluaciones:

- ✓ Se realizó la evaluación del estado actual de la conducción entubada, almacenamiento, distribución en canal de tierra y las parcelas de riego, viendo el

tipo material con que están contruidos, la ubicación de la toma lateral, el reservorio de almacenamiento.

- ✓ Se participó en las reuniones programadas por el comisión de riego sector Tasta - Huarpite, se evaluó que los miembros de la comisión de riego no cumplen sus funciones o desconocen, en cuanto al reparto de agua se realiza en forma desordenada y por ultimo no cuentan con un operador hidráulico; es decir un personal encargado de la operación del sistema comúnmente conocido como “*tomero*”.
- ✓ Se evaluó, que la operación y mantenimiento de la infraestructura de riego solo lo realizan una vez al año, haciendo una pequeña limpieza de la toma lateral, el reservorio y la distribución de canal de tierra, a la salida del reservorio, mas no pintado de las compuertas, válvulas de control.
- ✓ Se Realizó el aforos, por estos métodos (regla limnimerica, volumétrico y aforador portátil RBC), en los puntos determinados, para la conducción entubada, almacenamiento, distribución en canal de tierra y aplicación en las parcelas.



Figura 2.4: Evaluación de la bocatoma y el reservorio

2.4.3. Fase de Gabinete

Se realizó un esquema hidráulico, del sistema de riego sector Tasta-Haurapite, en donde se evaluarán las eficiencias del sistema, como se muestra en la figura 2.5:

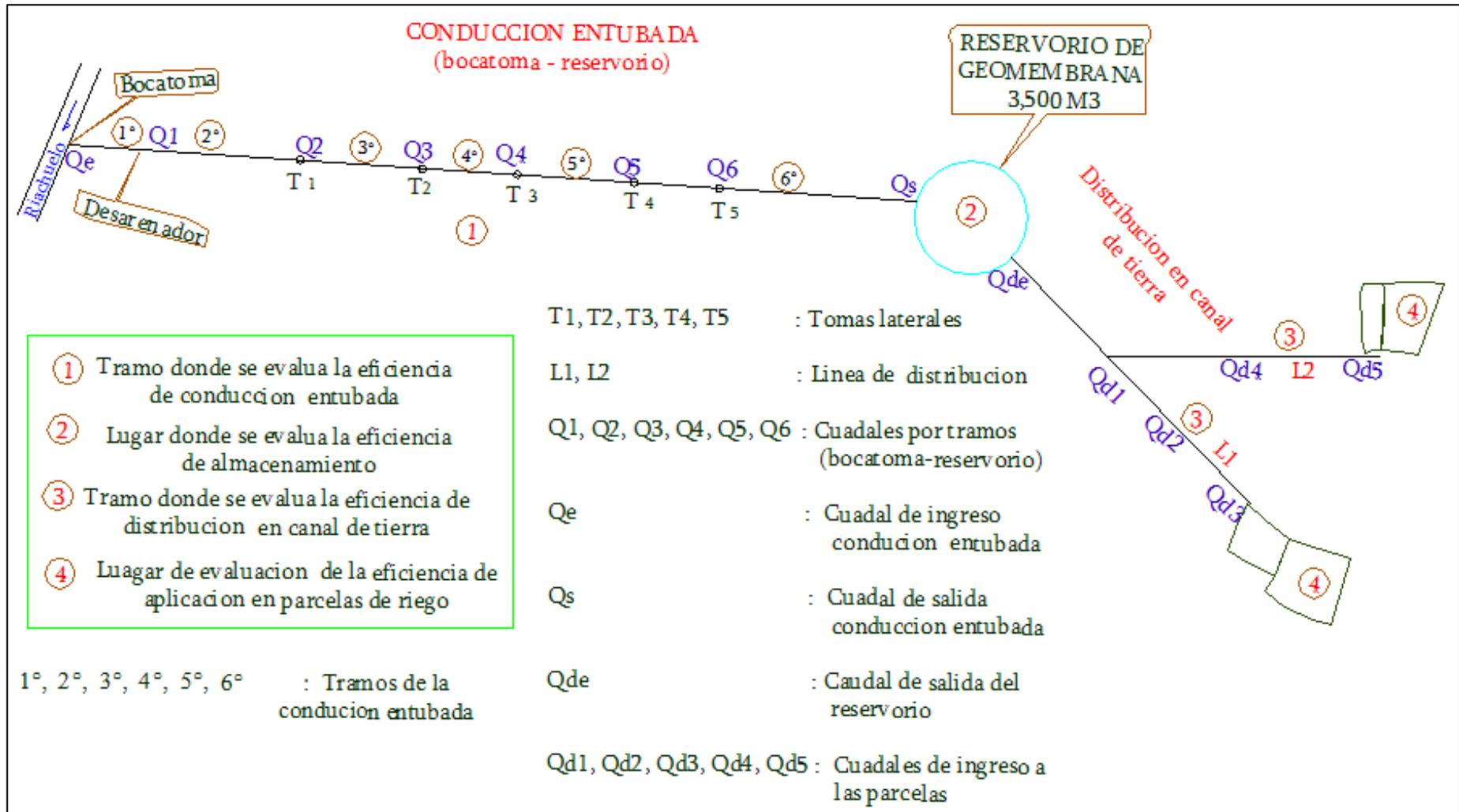


Figura 2.5: Esquema hidráulico para el cálculo de la eficiencia del sistema de riego Tasta Huarapite

2.5. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

2.5.1. Aforo de caudales en conducción entubada

Se realizó el aforo por el método de regla limnimetrica y el método volumétrico, en el tramo bocatoma-reservorio:

En la bocatoma, desde la ventana de captación hasta la conexión con la tubería hay un tramo de canal abierto concreto 0,39 x 0,37 m; con una longitud de 5,0 m; aquí se instaló la regla limnimetrica; como se observa en la figura 2.6:

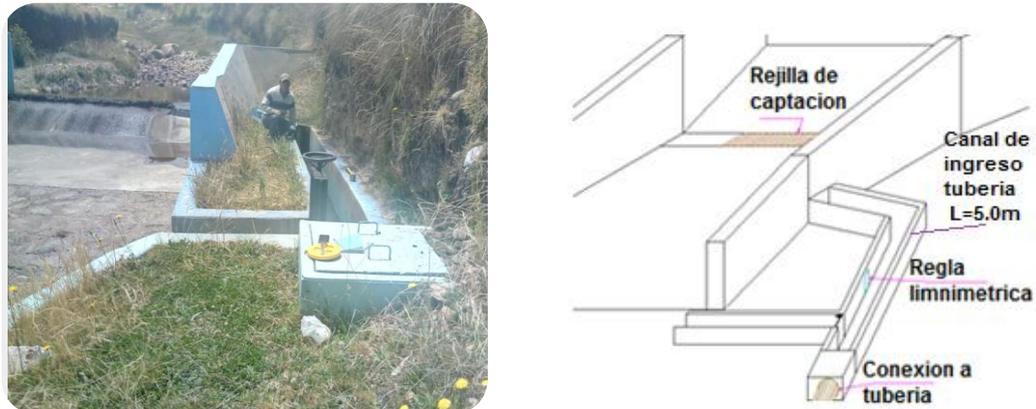


Figura 2.6: Canal ingreso a la tubería, donde se instaló el limnimetro

Cálculos previos para la colocación del limnimetro, haciendo uso de la fórmula de Manning, para determinar el nuevo caudal de ingreso a la tubería, que será de lectura directa en la regla limnimetrica:

Primer paso: con la wincha se mide la distancia entre los puntos 1 y 2, luego con la ayuda de un nivel de mano (nivel albañil), hallamos el desnivel existente entre estos dos puntos, como se observa en la figura 2.7:



Figura 2.7: Determinación del desnivel en canal de ingreso a la tubería

Con la expresión hallamos la pendiente.

$$S = \frac{\text{desnivel}}{\text{long.horizontal}} \quad (37)$$

$$S = \frac{0,01 \text{ m}}{5,0 \text{ m}}$$

$$S = \mathbf{0,002}$$

Segundo paso: determinamos la velocidad superficial, haciendo un aforo por el método del flotador:

El tiempo en que recorre el flotador desde punto 1 al punto 2, usando la ecuación (05):

$$t = \frac{t_1+t_2+t_3+t_4+t_5}{N^\circ \text{ de repeticiones}}$$

$$t = \frac{(13.19+12.65+13.12+12.75)}{4}$$

$$t = \mathbf{12,93 \text{ s}}$$

Ahora la velocidad superficial del canal, de longitud de 5.0 m, reemplazando valores en la ecuación (01), será:

$$V = \frac{5,0}{12,93}$$

$$V = \mathbf{0,387 \text{ m.s}^{-1}}$$

Tercer paso: como tenemos un canal con dimensiones conocidas, hallamos el radio hidráulico de un canal rectangular, con las formulas de la figura 2.21:

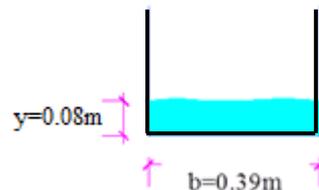
Sección del canal

Radio hidráulico (R)

$$R = \frac{(b * y)}{b + 2y}$$

$$R = \frac{(0,39*0,08)}{0,39+2*0,08}$$

$$R = 0,057 \text{ m}$$



Cuarto paso: Determinamos el coeficiente de uniformidad “n”, para la misma sección del canal con estos datos hallados anteriormente, despejando en la ecuación (35)

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

$$n = \frac{1}{0,387} (0,057)^{\frac{2}{3}} (0,002)^{\frac{1}{2}}$$

$$n = 0,017$$

Este valor de coeficiente de rugosidad obtenida en campo **de n = 0,017**, está dentro del rango permitido para este tipo de material según la tabla 1.10, propuesta por (Rodríguez, 2008), nos indica para el concreto los valores de coeficiente “n” de manning debe estar entre 0,013 a 0,020; valores mínimos y máximos.

Quinto paso: Por tanto continuamos, con el cálculo del nuevo caudal, para la misma sección del canal, haciendo uso de la ecuación (36).

$$Q = A \times \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$$

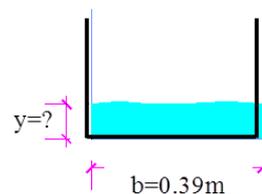
Datos obtenidos en campo, para la sección dada del canal:

Sección canal ingreso hacia tubería

b = 0,39 m: medido en campo

S = 0,002: hallado en campo

n = 0,017: calculado en campo



Para un y = 0.01 cm

Hacemos los cálculos de los elementos geométricos del canal, usando las formulas de la sección típicas de canal, según la figura 1.21.

Hallamos área hidráulica (A)

$$A = b \cdot y$$

$$A = 0,39 \cdot 0,01$$

$$A = 0,0039 \text{ m}^2$$

Hallamos radio hidráulico (R)

$$R = \frac{(0,39 \cdot 0,01)}{0,39 + 2 \cdot 0,01}$$

$$R = 0,0095 \text{ m}$$

Hallamos el caudal para una tirante de ($y = 1.0 \text{ cm}$)

$$Q = 0,0039 * \frac{1}{0.017} * (0,0095)^{\frac{2}{3}} * (0,002)^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = 0,0005 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 0,459 \text{ l/s}$$

Tabla 2.2: Resultado de caudales para el aforo con limnómetro

Tirante y (cm)	Área de canal A(m²)	Radio canal R(m)	Caudal a leer Q(l.p.s)
1	0.0039	0.0095	0.459
2	0.0078	0.0181	1.411
3	0.0117	0.0260	2.690
4	0.0156	0.0332	4.221
5	0.0195	0.0398	5.955
6	0.0234	0.0459	7.857
7	0.0273	0.0515	9.901
8	0.0312	0.0567	12.067
9	0.0351	0.0616	14.339
10	0.0390	0.0661	16.703
11	0.0429	0.0703	19.149
12	0.0468	0.0743	21.666
13	0.0507	0.0780	24.247
14	0.0546	0.0815	26.886
15	0.0585	0.0848	29.577

Los caudales de ingreso (Q_e) obtenidos, en los meses de julio y agosto fueron por lectura directa en el limnómetro instalado; las cuales se muestran en la tabla 2.3 de resumen de los aforos en conducción entubada.

En el desarenador, el aforo se realizó usando la cámara desarenador como volumen conocido, previa medida de las dimensiones (como se observa en la figura 2.8), para luego determinar el volumen, usando la expresión:

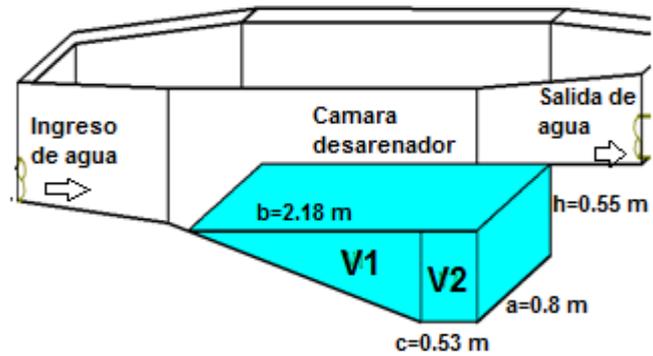


Figura 2.8: Cámara desarenador, para aforar por el método volumétrico

Volumen del triángulo (V1), según la figura 2.8:

$$V1 = \frac{(b * h)}{2} * a \quad (38)$$

Donde

V1 = volumen del triángulo según la figura 2.7, en (m³)

b = base del triángulo según la figura 2.7, en (m)

a = ancho del triángulo según la figura 2.7, en (m)

h = altura del triángulo según la figura 2.7, en (m)

$$V1 = \frac{(2,18 * 0,55)}{2} * 0,80$$

$$\mathbf{V1= 0,479 \text{ m}^3}$$

Volumen de un cuadrado (V2), Según la figura 2.8:

$$V2= c * a * h \quad (39)$$

Donde

V2 = volumen del cuadrado según figura 2.7, (m³)

c = base del cuadrado según la figura 2.7, (m)

a = ancho del cuadrado según figura 2.7, (m)

h = altura del cuadrado según la figura 2.7, (m)

$$V2= 0,53 * 0,80 * 0,55 \quad \mathbf{V2= 0,233 \text{ m}^3}$$

Entonces el volumen total de la caja del desarenador fue:

$$\text{Vol.} = 0,437 + 0,233$$

$$\text{Vol.} = \mathbf{0,713\text{m}^3}$$

Con este volumen conocido y marcado en el desarenador hasta donde de almacenar el agua para dicho volumen, para los aforos posteriores (mes de julio y agosto del 2018), solo se necesitara medir el tiempo de llenado de dicho volumen obtenido.

Determinación del caudal para el día domingo 01/07/2018

El tiempo promedio trascurrido en llenar el volumen calculado, haciendo 5 repeticiones, usando con la ecuación (05), resultado:

$$t = \frac{t_1+t_2+t_3+t_4+t_5}{\text{N}^\circ \text{ de repeticiones}} = \frac{64.23+64.32+65.32+65.15+64.11}{5}$$

$$\mathbf{t = 64,626 \text{ s}}$$

El caudal se determina, usando la ecuación (04), resultado:

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{0,713}{64,626}$$

$$Q = 0,011 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\mathbf{Q = 11,03 \text{ l.s}^{-1}}$$

El caudal para los demás días de aforo en estos meses, se muestra en la tabla 2.3 resumen de caudales aforados en campo.

En las tomas laterales. El aforo se realizó por el método volumétrico, el usando la caja de reunión de la toma, como el volumen conocido, previo de las mediciones de sus dimensiones, como se muestra la figura 2.9, para el aforo se cierra la válvula compuerta y la tubería salida

$$\mathbf{h = 0.30 \text{ m para T1, T2, T3}}$$

$$\mathbf{h = 0.25 \text{ m para T3, T4}}$$

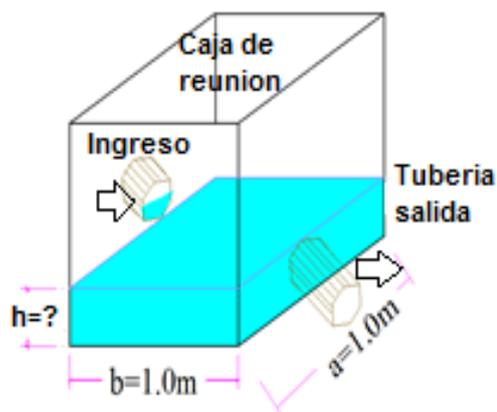


Figura 2.9: Aforo por el método volumétrico en cada toma lateral

El volumen de almacenamiento para aforar el caudal de ingreso a la toma lateral, según la figura 2.9 para la tomas (T1, T2, y T3), con $h=0,30$ m nivel hasta donde se llenó el agua, fue:

$$V = a * b * h = 1 * 1 * 0,30$$

$$V = 0,30 \text{ m}^3$$

El volumen de almacenamiento para aforar el caudal de ingreso a la toma lateral, según la figura 2.9 de la toma (T4, y T5), con $h=0,25$ m nivel hasta donde se llenó el agua, fue:

$$V = a * b * h = 1 * 1 * 0,25$$

$$V = 0,25 \text{ m}^3$$

Con volumen de almacenamiento determinado, se marcada esta altura en la caja de la toma, los aforos durante los meses de julio y agosto serán solo midiendo el tiempo de llenado.

Determinación del caudal de ingreso para T1 día domingo 01/07/2018

Como ya se tiene el volumen de almacenamiento conocido de cada toma lateral, hallamos el tiempo promedio de llenado de este volumen, con la ecuación (05):

$$t = \frac{t_1+t_2+t_3+t_4+t_5}{N^\circ \text{ de repeticiones}} = \frac{24,12+25,12+24,43+24,32}{4}$$

$$T = 24,948 \text{ s}$$

El caudal para la T1, determinamos usamos la ecuación (04):

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{0,30}{24,948}$$

$$Q = 0,012 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \qquad Q = 12,246 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$$

Para los demás días en la tabla 2.3, resumen de caudales aforados en campo

En el reservorio, el aforo fue por el método volumétrico, para lo cual utilizaremos un balde de 18 litros, como se muestra en la figura 2.10.



Figura 2.10: Aforo ingreso del reservorio (volumétrico balde de 18 litros)

Como ya se tiene el volumen del balde de 18 litros, para determinar el caudal solo es necesario medir el tiempo de llenado de dicho balde.

Determinación del caudal (Qs) para el día domingo 01/07/2018

El tiempo de llenado del balde, usando la ecuación (05) fue:

$$t = \frac{t1+t2+t3+t4+t5}{\text{N}^\circ \text{ de repeticiones}} = \frac{1,89+1,87+1,94+1,91+1,84}{5} \qquad T = 1,89 \text{ s}$$

El caudal para se determinó, usamos la ecuación (04):

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{18}{1,89}$$

$$Q = 9,524 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$$

Para los demás días (mes de julio y agosto), el caudal se determinó de la misma forma, como se muestra en la tabla 2.3, de resumen de los aforos en campo.

Tabla 2.3: Resumen de los caudales obtenidos, para conducción entubada

UBICACIÓN			DÍA Y FECHA DE AFORO EN CONDUCCION ENTUBADA								CUADAL (l/s)
PUNTOS DE AFORO	PROG	METODO DE AFORO	Domingo	Jueves	Viernes	Martes	Jueves	viernes	Martes	Viernes	
			01/07/2018	12/07/2018	20/07/2018	24/07/2018	02/08/2018	10/08/2018	14/08/2018	24/08/2018	
Bocatoma	0+000	Limnometro	12.118	9.942	8.899	9.942	9.942	9.942	8.899	13.246	10.366
Desarenador	0+080	Volumétrico	11.030	9.528	8.102	9.534	9.538	9.536	8.099	12.591	9.745
Toma lateral 01	0+580	Volumétrico	11.052	9.185	7.758	9.190	9.194	9.192	7.754	12.246	9.446
Toma lateral 02	0+920	Volumétrico	10.527	9.026	7.600	9.033	9.035	9.034	7.597	12.089	9.243
Toma lateral 03	1+100	Volumétrico	10.420	8.921	7.493	8.925	8.928	8.927	7.490	11.983	9.136
Toma lateral 04	1+660	Volumétrico	10.085	8.584	7.159	8.591	8.594	8.592	7.155	11.646	8.801
Toma lateral 05	1+960	Volumétrico	9.908	8.406	6.980	8.412	8.416	8.414	6.976	11.469	8.623
Reservorio	2+600	Volumétrico	9.524	8.014	6.598	8.029	8.036	8.029	6.593	11.097	8.240

2.5.2. Aforo de caudal en la distribución

A partir de la salida del reservorio empieza la distribución hacia las parcelas de riego para ambos turnos de riego, como se observa en la figura 2.11, donde el aforo se efectuó con los aforadores portátil RBC (bc = 150 mm y bc = 100 mm), de la siguiente manera:

- ✓ En la salida del reservorio el aforo se realizó de lectura directa, haciendo uso del aforador portátil RBC, con un bc = 150 mm, que mide un caudal máximo de $24,0 \text{ l.s}^{-1}$, según la tabla 2.4 que fue diseñado dicho vertedero.
- ✓ En la cabecera de las parcelas, el aforo fue de lectura directa usando el aforador portátil RBC, con un bc = 100 mm, el cual mide un caudal máximo de $8,7 \text{ l.s}^{-1}$, que fue diseñado según la tabla 1.4.

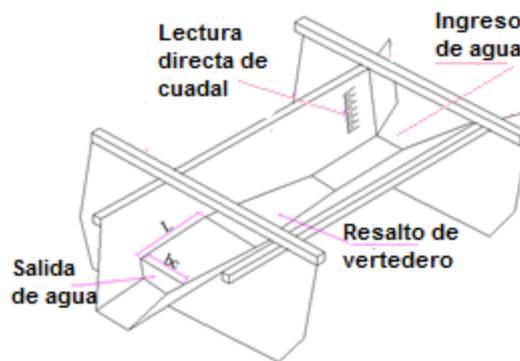


Figura 2.11: Aforo en la distribución con aforador portátil RBC

Para correcta utilización de este aforador se siguió estos pasos:

Primer paso instalación del aforador

- ✓ Se instaló el aforador a unos 5,0 metros (10 veces del ancho), agua arriba y aguas abajo, para que fluya en forma natural el caudal
- ✓ Luego se instaló el aforador, hincando hasta que la base quedo al mismo nivel que la solera del canal eso evito las turbulencias que dificulten la lectura del caudal en la regla (limnómetro).
- ✓ Después se nivelo, tanto en sentido transversal como en sentido longitudinal, con un nivel de albañil, chancado con el martillo en los extremo.
- ✓ Finalmente se impermeabilizo cuidadosamente los laterales entre el aforador y las paredes del canal para evitar filtraciones

Segundo paso toma de lectura:

- ✓ Se esperó un tiempo para que el flujo se estabilice unos 15 a 30 minutos.
- ✓ Se tomó los datos de caudal según las lecturas obtenidas en la regla del aforador (limnómetro)

2.5.3. Calculo de la eficiencia de conducción entubada

Se realizó la eficiencia de conducción basándose en la evaluación realizada en la fase anterior, calculando la eficiencia en un canal entubado con tubería PVC de 10 pulgadas de diámetro, con una longitud de 6 200 m, desde la bocatoma al reservorio, se usó estas ecuaciones (11), y los datos anteriormente obtenidos:

$$Ec = \frac{Qs}{Qe} \qquad Ec(\%) = \frac{Qs}{Qe} * 100$$

Para el cálculo de pérdidas producidas en la conducción entubada, se determinó con la ecuación (12):

$$Qp = \frac{Qe - Qs}{Qe} \qquad Qp(\%) = \frac{(Qe - Qs)}{Qe} * 100$$

2.5.4. Calculo de la eficiencia de distribución en canal de tierra

Para este cálculo de la eficiencia de distribución en canal de tierra, se realizó tomando en cuenta el cálculo de los aforos realizados, anteriormente usando la ecuación (15):

$$Ed = \frac{\sum Qn}{Qe} * 100$$

Las pérdidas de agua se evaluó, haciendo uso de la ecuación (16)

$$Qp = Qe - \sum(Qn)$$

2.5.5. Calculo de la eficiencia de almacenamiento

El cálculo del almacenamiento de agua en el reservorio, se determinó con los datos anteriores obtenidos de las medidas del ingreso y salida de agua al reservorio mencionado, previamente se determinó el volumen de almacenamiento del reservorio haciendo las mediciones, como se indica en la figura 2.15.

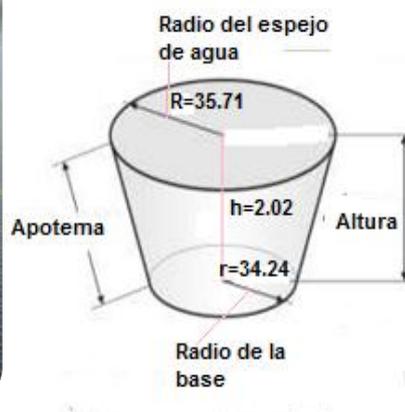


Figura 2.12: Determinación del volumen reservorio, forma de un cono truncado

El volumen del reservorio de forma de un cono truncado, circular será calculado con esta expresión:

$$V = \frac{\pi * h (R^2 + r^2 + R * r)}{3} \quad (40)$$

Donde

V = volumen de almacenamiento del reservorio (m³)

h = altura vertical entre los radios (m)

R = radio mayor de la superficie (espejo de agua) del reservorio (m)

r = radio menor de la base del reservorio (m)

$$V = \frac{\pi * 2,02 (35,71^2 + 34,24^2 + 35,71 * 34,24)}{3}$$

$$V = 3\,500,21 \text{ m}^3 \quad \text{y se consideró un volumen de } \mathbf{3\,500 \text{ m}^3}$$

Primero se realizó el vaciado del reservorio iniciándose el día martes 28/08/2018, hasta el día viernes 31/08/2018; cada día se usó el agua según su turno de riego 10 hora y el ultimo día viernes solo 6 horas; aculando un total de 36 horas aproximadamente, saliendo un caudal promedio de 0,0214 m³.s⁻¹; donde estos días no ingreso nada de agua al reservorio

El volumen extraído agua del reservorio se determinó, con esta expresión:

$$V_{ex} = Q_s * t_s \quad (41)$$

Donde

V_{ex} = volumen de agua extraído del reservorio (m^3)

Q_s = caudal promedio de salida del reservorio ($m^3 \cdot S^{-1}$)

t_s = tiempo transcurrido en extraer totalmente el agua del reservorio (s)

$$V_{ex} = 0,0214 * 129600$$

$$V_{ex} = 2\,778,62\, m^3$$

Después el llenado del reservorio se llevó a cabo una vez realizada la limpieza y hechas las mediciones de volumen de sedimentos; verificación de las posibles pérdidas por infiltración y por evaporación. El llenado del reservorio se inicia el día sábado 01/09/2018 desde las 2:00 pm; al día miércoles 05/09/2018 hasta las 10:00 am; con un caudal promedio de esos días de $0.0082\, m^3 \cdot s^{-1}$ en un tiempo aproximada de 5 días; que hacen un total de 116 horas. Para esta prueba el agua ingreso al reservorio todo el día las 24 horas y se cerró las válvulas de salida, con esta expresión de cálculo el volumen de llenado.

El volumen de almacenamiento se determina, con esta expresión:

$$V_o = Q_i * t_i \quad (42)$$

Donde

V_o = volumen total de agua almacenado en el reservorio (m^3)

Q_i = caudal promedio de ingreso de agua al reservorio ($m^3 \cdot S^{-1}$)

t_i = tiempo transcurrido para almacenar agua en el reservorio (s)

$$V_o = 0,0214 * 41\,7600$$

$$V_o = 3\,441,02\, m^3$$

Finalmente para determinar la eficiencia de almacenamiento, hacemos uso de la ecuación (19)

$$Es = \frac{V_{ex}}{V_o} * 100$$

2.5.6. Cálculo de la eficiencia de aplicación

Para esta evaluación primero antes de la siembra se realiza *diseño de un sistema de riego por melgas*, haciendo las pruebas de infiltración y pruebas de avance; finalmente

en las parcelas instaladas con pastos naturales se determina la eficiencia de aplicación, para lo cual se tuvo como base las características del área de riego, como son la extensión de la superficie irrigada de la parcela a evaluar, el tiempo de riego transcurrido en esa parcela, el gasto o caudal de ingreso a la parcela a evaluar, medido con el aforador portátil RBC, la pendiente del terreno.

A) Diseño de un sistema de riego por melgas

➤ Cálculo de la lámina neta de riego (La)

Para eso se realizó un análisis de suelo, que se determinaron en laboratorio las características físicas, como densidad aparente; capacidad de campo y punto de marchitez permanente. Con estos resultados se determinan la lámina neta de riego en la parcela a evaluar, usando la ecuación (22)

$$La = \frac{(CC - PMP) * Dap * Pr}{100}$$



Figura 2.13: Corte de suelo para su análisis

➤ Cálculo del tiempo de riego (Tr)

De los resultados de la prueba de infiltración en campo se tiene los siguientes resultados:

Tabla 2.4: Prueba de infiltración realizada en campo

Nº lectura	Tiempo de oportunidad acumulada (min) (T0)	Lamina infiltrada acumulada (cm) (Icum)	X=Log(T0)	Y=Log(Icum)	X.Y	X²	Y²
0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	1.0	0.70	0.000	-0.155	0.000	0.000	0.02
2	2.0	1.30	0.301	0.114	0.034	0.091	0.01
3	4.0	1.90	0.602	0.279	0.168	0.362	0.08
4	6.0	2.60	0.778	0.415	0.323	0.606	0.17
5	8.0	3.00	0.903	0.477	0.431	0.816	0.23
6	10.0	3.10	1.000	0.491	0.491	1.000	0.24
7	15.0	4.00	1.176	0.602	0.708	1.383	0.36
8	20.0	5.70	1.301	0.756	0.983	1.693	0.57
9	30.0	9.60	1.477	0.982	1.451	2.182	0.96
10	40.0	10.90	1.602	1.037	1.662	2.567	1.08
11	55.0	12.90	1.740	1.111	1.933	3.029	1.23
12	75.0	14.80	1.875	1.170	2.194	3.516	1.37
13	95.0	16.30	1.978	1.212	2.397	3.911	1.47
14	120.0	19.50	2.079	1.290	2.682	4.323	1.66
	sumatoria		16.81	9.78	15.46	25.48	9.47



Figura 2.14: Prueba de infiltración

Aplicando los mínimos cuadrados determinamos los valores correspondientes:

Hallamos valor de B

$$B = \frac{n(\sum X_i Y_i) - \sum X_i \sum Y_i}{n\sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

$$B = \frac{14(15,46) - 16,81 \cdot 9,78}{14 \cdot 25,48^2 - (16,81)^2}$$

$$B = 0.702$$

Hallamos valor de A

$$A_0 = \frac{\sum Y_i}{n} - \frac{B \sum X_i}{n}$$

$$A_0 = \frac{9,78}{14} - \frac{0,702 \cdot 16,81}{14}$$

$$A_0 = -0.144$$

Donde A= anti log (A₀) A= 0,717

Finalmente la función de lámina infiltrada acumulada se expresa así, según la ecuación (32):

$$I_{cum} = 0,717 T_0^{0,702} \quad (43)$$

Con estos datos determinamos el tiempo inicial de riego.

Para realizar la prueba de avance, las dimensiones de la melga, se determinó haciendo las mediciones con la cinta métrica y colocación de estacas a cada 2,0 m; en los bordes como se muestra en la figura 2.15:

Tabla 2.5: Prueba de avance realizada en campo

n	Longitud de avance X (m)	Tiempo de avance Tx (min).	Y = log(x)	Z = log(Tx)	Y*Z	Z ²	Y ²
0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	2.0	0.38	0.301	-0.416	-0.125	0.17	0.09
2	4.0	1.12	0.602	0.048	0.029	0.00	0.36
3	6.0	2.30	0.778	0.362	0.281	0.13	0.61
4	8.0	3.02	0.903	0.480	0.433	0.23	0.82
5	10.0	3.38	1.000	0.529	0.529	0.28	1.00
6	12.0	4.25	1.079	0.628	0.678	0.39	1.16
7	14.0	4.38	1.146	0.642	0.736	0.41	1.31
Sumatoria		18.833	5.810	2.272	2.561	1.623	5.352

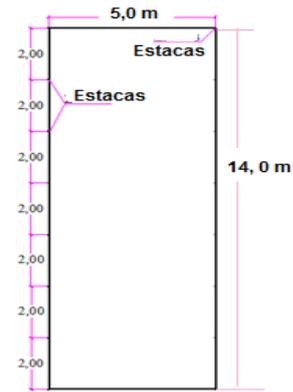


Figura 2.15: Medición de las dimensiones de la melga y estacado



Figura 2.16: Prueba de avance realizado en campo

Aplicando los mínimos cuadrados determinamos los valores correspondientes:

Hallamos valor de m

$$m = \frac{n(\sum Y_i \cdot Z_i) - \sum Y_i \sum Z_i}{n \sum Z_i^2 - (\sum Z_i)^2}$$

$$m = \frac{7(2,56) - 5,81 \cdot 2,27}{7 \cdot 1,62^2 - (2,27)^2}$$

$$m = 0,762$$

Hallamos valor de P

$$N = \frac{\sum Y_i}{n} - \frac{m \sum Z_i}{n}$$

$$N = \frac{5,81}{7} - \frac{0,762 \cdot 2,27}{7}$$

$$N = 0,583$$

Donde P= anti log (N)

$$P = 3,82$$

Finalmente la función de avance se expresa así, según la ecuación (27):

$$X = 3,82 T a^{0,762} \quad (44)$$

➤ **Calculo del caudal de riego**

Este caudal máximo no erosivo fue calculado con la ecuación (29); y medido con el aforador portátil RBC.

$$Q = \frac{38}{s}$$

Para lo cual hallamos primero la pendiente de la parcela donde se realizó la prueba de avance, con el nivel de ingeniero se hizo la nivelación de las estacas.



Figura 2.17: Nivelación de las estacas en la parcela

La pendiente será calculado con la ecuación (37)

$$S = \frac{\text{desnivel}}{\text{long.horizontal}} \qquad S = \frac{0,017}{2,0} = 0,0085$$

En porcentaje será: **S = 0,85 %**

B) Evaluación de la eficiencia aplicación en parcela con pastos cultivados

Para realizar el diagnóstico de la eficiencia de aplicación en las parcelas de pastos cultivados instalados, se obtuvo estimaciones de las láminas de riego aplicadas a las parcelas; para los cálculos correspondientes se siguió estos paso:

➤ **Determinación del volumen de agua aplicada**

Esta variable fue medida cuando el agua ingreso a la parcela, mediante los aforadores portátiles RBC, y el tiempo de riego fue hasta terminar de regar la parcela, con ecuación (catalán *et al.*, 2007) hallamos el volumen:

$$V = Tr * Q \quad (45)$$

Donde:

V = volumen de ingreso de agua a la parcela (m^3)

Tr = Tiempo de riego de la parcela (segundos)

Q= Caudal de ingreso a la parcela ($m^3 \cdot s^{-1}$)



Figura 2.18: Volumen de ingreso a la parcela medido con aforador RBC

➤ **Lamina de riego aplicado**

Cuando se determina el volumen de agua que debe ingresar a la parcela se calcula la lámina de riego aplicada, con esta expresión:

$$Lra = \frac{v}{Super} \quad (46)$$

Donde:

Lra = Lamina de riego aplicado (cm)

V = volumen de ingreso de agua a la parcela (m^3)

Super. = Superficie o área de riego de la parcela (m^2)

➤ **Muestreo de la humedad**

El muestro se realizó antes de la aplicación del riego en la parcela, a una profundidad de acuerdo al cultivo que era pastos (0-30cm), donde según los datos de análisis se suelo realizados en el laboratorio de suelos y análisis foliar programa de investigación en pastos y ganadería (FCA – UNSCH); con la expresión se determina contenido de humedad del suelo:

$$Ps = \left(\frac{PSH-PSS}{PSS} * 100 \right) \quad (47)$$

Donde:

Ps = Porcentaje de saturación de suelo (%)

PSH = Peso húmedo de suelo (gr)

PSS. = Peso seco del agua (gr)



Figura 2.19: Calicata para el muestreo de suelo

➤ **Calculo de la lámina de riego requerido**

Con los resultados de humedad del suelo, se determinó la lámina de riego requerido de la parcela, con ecuación (catalán *et al.*, 2007)

$$\mathbf{Lrr} = \frac{(\mathbf{Cc} - \mathbf{Ps}) * \mathbf{Dap} * \mathbf{Pr}}{100} \quad (48)$$

Donde :

Lrr = lamina de riego requerido (cm)

Cc = capacidad de campo (%)

Dap. = densidad aparente (gr/cm³)

Pr = Profundidad de raíces (cm)

Ps = Porcentaje de saturación de suelo (%)



Figura 2.20: aplicación de agua en la parcela de pasto cultivado

➤ **Calculo de la eficiencia de aplicación**

Cuando se determinó las variables de lámina de riego aplicada y la lámina de riego requerida, se propone determinar la eficiencia de aplicación en la parcela, con la ecuación:

$$Ea = \left(\frac{Lrr}{Lra}\right) * 100 \quad (49)$$

Donde :

Ea = Eficiencia de aplicación (%)

Lrr = lamina de riego requerido (cm)

Lra. = Lamina de riego aplicado (cm)

2.5.7. Pérdida de agua en el sistema de riego sector tasta – huarapite

A) Calculo de pérdidas de agua en la conducción

Las pérdidas evaluadas, en la línea de conducción entubada, generalmente en las tomas laterales por un mal cerraje de las compuertas tipo válvula y en la compuerta del desarenador, bocatoma.

B) Calculo de pérdidas de agua en la distribución

Estas pérdidas se evaluaron en todo el recorrido de canal de tierra, desde el reservorio hasta las áreas de riego, observándose pérdidas por infiltración, que se calculó usando la fórmula de Moritz y la perdida por evaporación.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. CALCULO DE LA EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN ENTUBADA

Con los datos de la tabla 3.1; determinamos la eficiencia de conducción por tramos, usando la ecuación (11), según la figura 3.1:

Tabla 3.1: Resultados de los aforos en la conducción por tramos

UBICACIÓN PUNTOS DE AFORO	PROGR.	METODO DE AFORO	CUADAL PROMEDIO (l/s)
Bocatoma	0+000	Limnmetro	10.366
Desarenador	0+080	Volumétrico	9.745
Toma 01	0+580	Volumétrico	9.446
Toma 02	0+920	Volumétrico	9.243
Toma 03	1+100	Volumétrico	9.136
Toma 04	1+660	Volumétrico	8.801
Toma 05	1+960	Volumétrico	8.623
Reservorio	2+600	Volumétrico	8.240

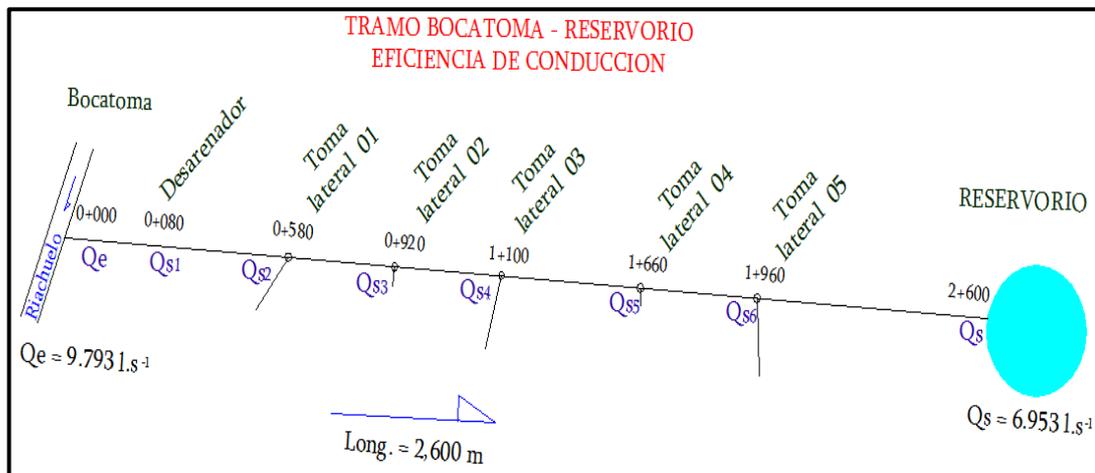


Figura 3.1: Determinación de la eficiencia de conducción en canal entubado

$$Ec = \frac{Qs}{Qe} * 100$$

$$Ec = \frac{8.239}{9.795} * 100$$

$$Ec = 84,11\%$$

Perdida de conducción en porcentaje %, usando la ecuación (12)

$$Qp = \frac{Qe - Qs}{Qe} * 100$$

$$Qp = \frac{9,795 - 8,239}{9,795} * 100$$

$$Qp = 15,89\%$$

En la tabla 3.2, se muestra el resumen de las eficiencias de conducción entubada por tramos, con los caudales promedios, los meses de julio y agosto:

Tabla 3.2: Resumen de la eficiencia de conducción en canal entubado

PROGRESIVA	CAUDAL DE CONDUCCION		Perdida en cada tramo conducción entubado (l/s)	Eficiencia por tramo y acumulado en %	EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN
	Caudal (l/s)	Caudal en cada tramo en %			
0+000	9.795				
0+080	9.744	99.48%	0.051	99.48%	
0+580	9.446	96.94%	0.298	96.44%	
0+920	9.242	97.84%	0.204	94.35%	84.11%
1+100	9.135	98.84%	0.107	93.26%	
1+660	8.800	96.33%	0.335	89.84%	
1+960	8.622	97.98%	0.178	88.02%	
2+600	8.239	95.56%	0.383	84.11%	

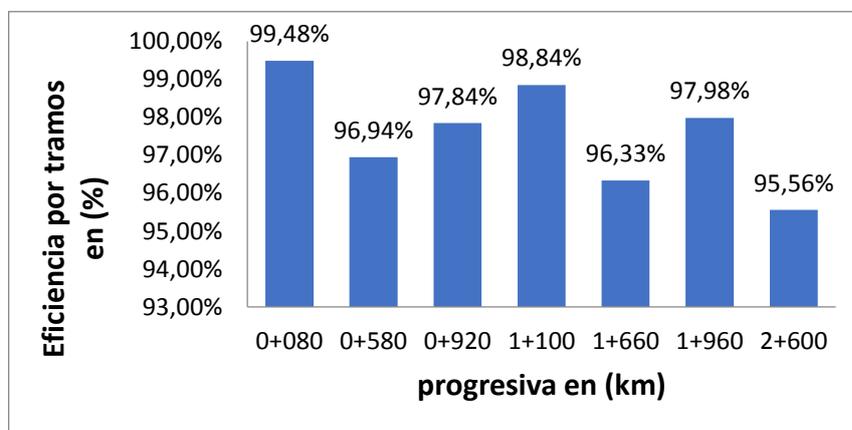


Figura 3.2: Eficiencia de conducción en canal entubado por tramo

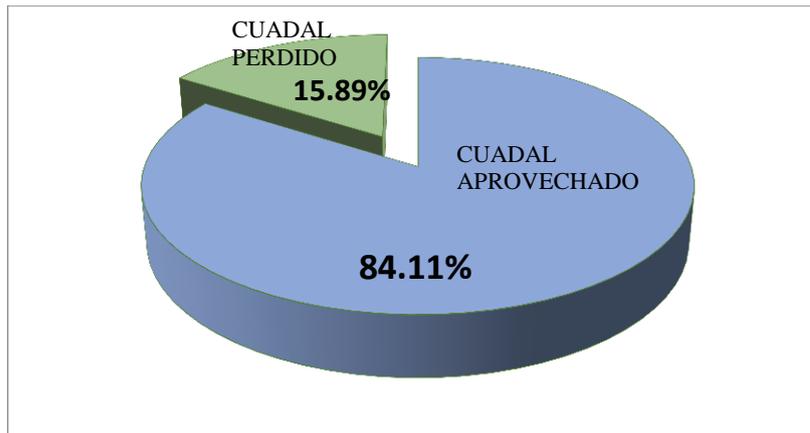


Figura 3.3: Porcentaje de agua aprovechada y perdida en conducción

Interpretación

En la figura (3.2) se muestra la variación de caudales expresado en porcentaje, las cuales representan las eficiencias de conducción en tubería por tramos, en donde se observa una variación de pérdidas por cada compuerta mal cerrada y/o falta de mantenimiento de la misma y por la distancia de cada tramo:

En el primer tramo bocatoma – desarenador; se observa una eficiencia alta de 99,48% es por es un tramo pequeño de 80 m y que la pérdida es mínima en la compuerta del desarenador.

En el tramo de la progresiva 1+100km al 1+660km entre compuertas; se observa una baja eficiencia de 96,33% es por es un tramo largo de 560 m y hay mayor pérdida por las compuertas en mal estado de las tomas laterales anteriores.

Discusión

Según la tabla 3.2, resultados de la eficiencia de conducción en canal entubado; de un diámetro de 10 pulgadas, se determinó por tramos y acumulando donde al final se llega determinar una eficiencia de **84,11%**. Este resultado en comparación con otros estudios de eficiencia de conducción es alto; las razones de este resultado es porque, la conducción entubada es solo de 2+600km; una distancia corta (a más distancia se incrementa la pérdida de agua); el sistema de riego tiene una antigüedad de unos 4 años y por tanto no hay fugas por deterioro del material y finalmente la evaluación de la eficiencia se realizó cerrando las compuertas laterales. En cuanto a las pérdidas que se determinó de **15,89%** es porque en la conducción entubada hay 5 tomas laterales, con

válvulas compuertas del mismo diámetro que la conducción de 10 pulgadas; por eso se dividió en 7 tramos y se produzca las perdidas por la compuertas mal cerradas y falta de mantenimiento por los usuarios de ese sector.

Según (Carhuas, 2016) la eficiencia de conducción es de 66.49% en el canal principal abierto de concreto de cachi; tramo cuchuquesera-ichucruz de una longitud de 48+200 km y según (Goicochea 2013) en el Distrito de Baños del Inca Cajamarca – Perú determinado la eficiencia de conducción de 91.40% en un tramo 1km de canal de riego abierto de sección trapezoidal.

3.2. CALCULO DE LA EFICIENCIA DE DISTRIBUCIÓN EN CANAL DE TIERRA

Con los datos obtenidos de los aforos realizados, según tabla 3.3 y usando la ecuación (15) determinamos la eficiencia de distribución de acuerdo a la figura 3.4:

Tabla 3.3: Resumen de aforos en la distribución

Tramos de distribución	Nombre de usuarios	Lectura de aforos (l/s)	
		ingreso Q_e	salida parcela Q_n
primer turno de riego	Sumilda Cisneros		7.412
	Jorge Cisneros	22.50	6.109
	Luis Alvizuri		6.56
segundo turno de riego	Lauriana Ayala		7.877
	Jorge Cisneros Ramos	21.44	9.141

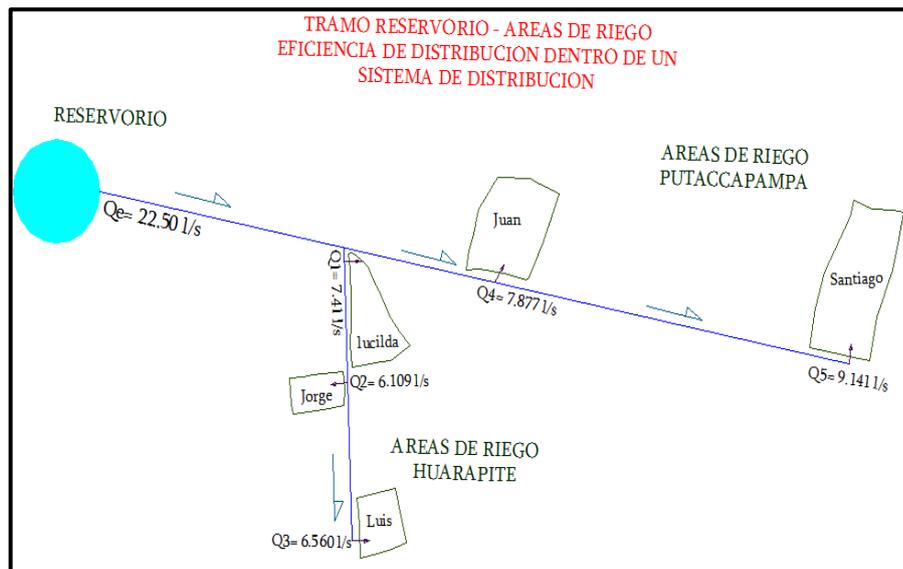


Figura 3.4: Eficiencia de distribución canal tierra

La eficiencia para el primer turno de riego:

$$Ed = \frac{\sum Qn}{Qe} * 100 \qquad Ed = \frac{7,412+6,109+6,560}{22,50} * 100$$

Ed= 89,25%

La eficiencia para el segundo turno de riego:

$$Ed = \frac{\sum Qn}{Qe} * 100 \qquad Ed = \frac{7,877+9,141}{21,44} * 100$$

Ed= 79,36%

Las pérdidas de agua se evaluó, haciendo uso de la ecuación (16)

$$Qp = Qe - \sum(Qn) \qquad Qp = 22,50 - \sum(7,412 + 6,109 + 6,56)$$

Qp = 2,419 l.s⁻¹

Tabla 3.4: Resultados de la eficiencia de distribución en canal de tierra

TRAMO DE DISTRIBUC.	PROG. DISTRIB.	CUADAL DE INGRESO EN DISTRIB. (l.s ⁻¹)	LATERAL DE RIEGO			EFICIENCIA DISTRIBUCION
			NOMBRE DE USUARIOS	CAUDA L (l.s ⁻¹)	PERDIDA (l.s ⁻¹) Qe-(∑Qn)	$\frac{(\sum Qn)}{Qe} \times 100$
Reservorio- parcelas 1° turno	0+320	22,500	Sumilda Cisneros	7,412	2,4190	89,25%
	0+616		Jorge Cisneros	6,109		
	1+530		Luis Alvizuri	6,56		
Reservorio- parcelas 2° turno	0+830	21,443	Lauriana Ayala	7,877	4,4250	79,36%
			Jorge Cisneros	9,141		
	1+210		Ramos			
EFICIENCIA DE DISTRIBUCION (Ed)						84,31%

Interpretación

Como se observa en la tabla 3.4 se determinó el caudal de ingreso (salida del reservorio), para ambos turnos se distribuye en las parcelas (laterales de riego), donde la determinación de la eficiencia de distribución fue sobre un sistema de distribución.

Según la figura 3.5 se observa una variación entre los turnos de riego:

- En el primer turno de riego se tiene una longitud de 1530 m en la cual se determinó una eficiencia de distribución de 89,25% que es una eficiencia alta, porque es un canal mantenido con las limpiezas constantes, de un suelo en gran parte del recorrido por franco arcilloso.
- En el segundo turno de riego una longitud de 1210 m canal de tierra se determinó una eficiencia de distribución de 79,36% este canal tiene una eficiencia baja a pesar de tener un corta distancia, es porque este canal se encuentra con charcos de agua, pastizales, escape de agua por el canal, sin ningún mantenimiento por parte de los usuarios.

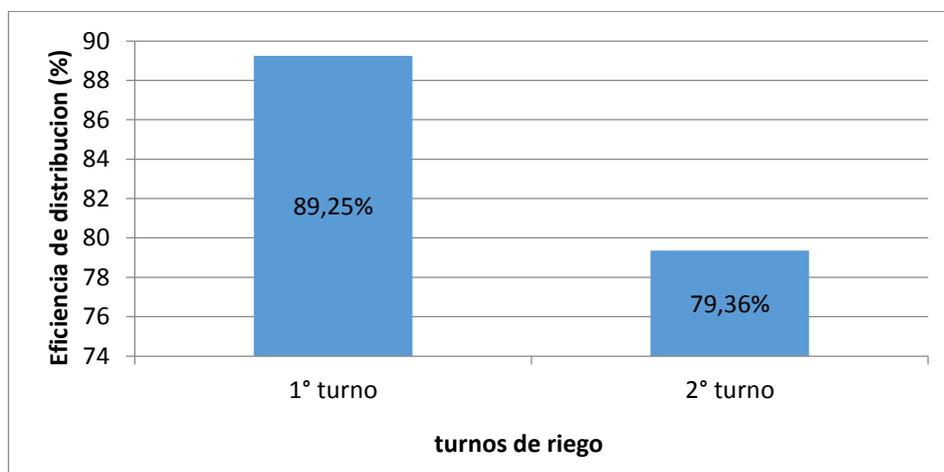


Figura 3.5: Eficiencia de distribución por turnos de riego

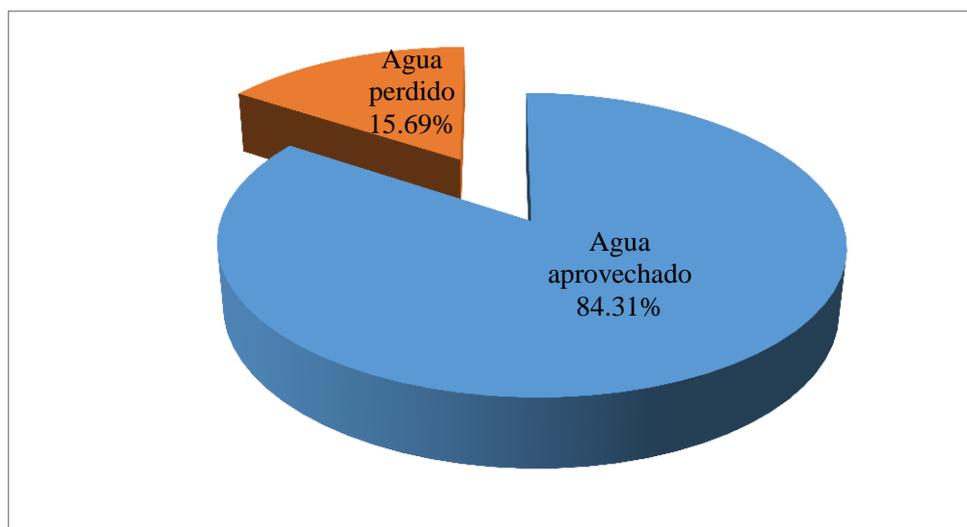


Figura 3.6: Porcentaje de agua perdida y aprovechada en distribución

Según la figura 3.6 se observa un 15.69% de agua es perdida por diferentes factores en el recorrido desde el reservorio hasta las parcelas de riego, mientras hay un 84.31% de agua que es aprovechada por las plantas.

Discusión

La eficiencia de distribución promedio en un canal de tierra (reservorio – áreas de riego) que se obtuvo es de **84.31%**; que se encuentra aproximado a estos resultados de estudios anteriores; este resultado es porque hay perdidas en la conducción del agua por un mal manejo, como es un canal de tierra hay perdidas por infiltración y perdidas por la evaporación.

Según (Chique, 2008) en el distrito de Juli, Provincia de Chucuito del Departamento de Puno – Perú obtuvo una eficiencia de distribución de 76.92% en canal secundario (entrada de agua del canal principal a los laterales 1) y según (Carhuas, 2016) la eficiencia de distribución promedio de los 19 sectores es de 84.05%.

3.3. CALCULO DE LA EFICIENCIA DE ALMACENAMIENTO

Con los datos de la tabla 3.5 resumen de los volúmenes evaluados en el reservorio y usando la ecuación (19) determinamos:

Tabla 3.5: Resumen de volúmenes en reservorio

Reservorio circular geomenbrana	Lectura de volúmenes (m³)
Volumen almacenado (vo)	3 441,02
Volumen extraído (vex)	2 778,62

$$Es = \frac{vex}{vo} * 100$$

$$Es = \frac{2,778.68}{3,441.02} * 100$$

$$Es = 80,06\%$$

El volumen de almacenamiento es igual al volumen de sedimentos acumulado, volumen de descarga de agua por compuerta mal cerrada, volumen de agua evaporada y volumen de percolación, que fueron evaluados de esta forma:

Volumen de sedimentos acumulados, la evaluación se realizó cuando el reservorio estaba sin agua, encontrándose acumulación de sedimentos en forma de lodo en base del reservorio, haciendo las mediciones en varios sitios se determinó una altura promedio de 5cm, con ellos determinamos:

$$\text{Vol. Sedimento} = \text{Área de la base reservorio} * \text{altura sedimento}$$

$$\text{Vol. Sedimento} = (\pi * r^2) * h.\text{sedim.}$$

$$\text{Vol. Sedimento} = (3,14159265 * 34,24^2) * 0,05$$

$$\text{Vol. Sedimento} = 184,103 \text{ m}^3$$

Volumen de agua descargada por compuerta mal cerrada, el cual se determinó el caudal con el aforo volumétrico, para un tiempo de almacenamiento del reservorio de 5 días que hacen un total de 116 horas, y el volumen hallado fue:

$$\begin{aligned} \text{Caudal promedio aforado a la salida del reservorio} &= 0,969 \text{ l.s}^{-1} \\ &= 0,0010 \text{ m}^3.\text{s}^{-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tiempo de llenado del reservorio unos 5 días, haciendo un total de} &= 116 \text{ horas} \\ &= 417600 \text{ s} \end{aligned}$$

Finalmente el volumen de descarga por la compuerta mal cerrada, en la salida del reservorio será:

$$\text{Vol. descarga} = Q * t$$

$$\text{Vol. descarga} = 0,0010 * 417600$$

$$\text{Vol. descarga} = \mathbf{404,94 \text{ m}^3}$$

Volumen de agua evaporada, la cual se calculó, con estos datos obtenidos de la estación meteorológica de Sachabamba, para el mes de agosto 2018:

Con los datos obtenidos de la evaporación diaria, del tanque de evaporación clase “A”, que fueron:

$$E_v = 2,56 \text{ mm.d}^{-1}$$

Sabemos que $1\text{mm} = 10\text{m}^3.\text{ha}^{-1}$, entonces la evaporación será:

$$E_v = 2,56 * 10 = 25,6 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$$

El área del espejo del agua del reservorio, según las mediciones es

$$\text{Área espejo agua} = (3,14159265 * 35,71^2)$$

$$\text{Área espejo agua} = 4\,005,05 \text{ m}^2 = 0,401 \text{ ha}$$

Entonces la evaporación por día sería:

$$\text{Ev(día)} = 25,6 * 0,401$$

$$\text{Ev(día)} = 10,253 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$$

Como el reservorio va estar almacenado durante 5 días, la pérdida por evaporación será:

$$\text{Vol. Agua evaporada} = 10,253 * 5$$

$$\text{Vol. Agua evaporada} = 51,26 \text{ m}^3$$

Volumen de agua percolada, según las observaciones realizadas, cuando se hizo la limpieza del reservorio, no se observó fallas en la colocación de la geomembrana y además el reservorio se construyó hace 5 años; pero sin embargo hubo pérdidas por percolación mínima.

Tabla 3.6: Perdidas en el almacenamiento

fecha	Vol. Sedimentos (m ³)	Vol. Descarga (m ³)	vol. Evaporada (m ³)	Vol. Percolada (m ³)
31/08/2018	184.10	404.95	51.26	22.09

El volumen de almacenamiento del agua en el reservorio está dado por esta relación:

$$\text{Agua reservorio} = \text{vol. Ingresa} - (\text{vol. Sedimentos} + \text{vol. Agua descargada} + \text{vol. Agua evaporación} + \text{vol. Agua percolada})$$

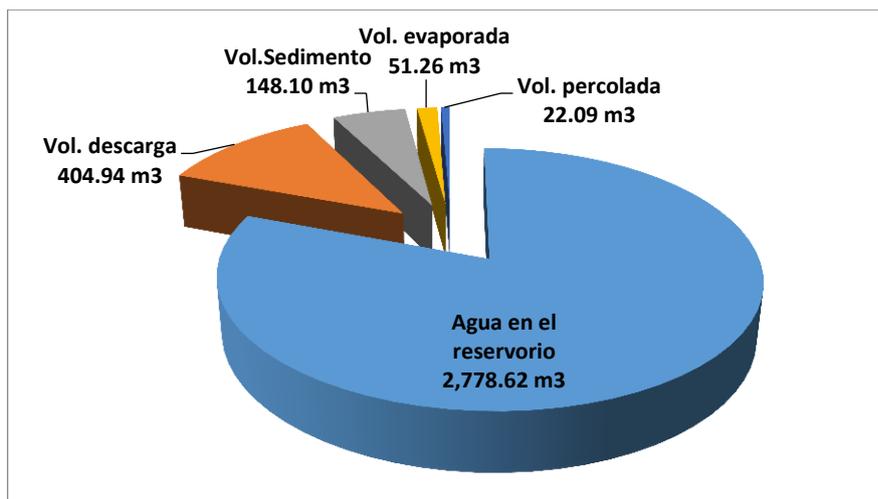


Figura 3.7: Agua en el reservorio de Huarapite

Interpretación

Según el cálculo realizado se determinó una eficiencia de almacenamiento de 80,06% esto debido que hay pérdidas durante el almacenamiento de agua en el reservorio, para esta evaluación fue por cinco días hasta que se llenara el agua por completo, como lo observado en la figura 3.7; por descarga de agua por un mal cerraje de la compuerta que se da un mayor pérdida de agua, por acumulación de sedimentos y por evaporación que es mínima.

Discusión

La eficiencia de almacenamiento que se obtuvo fue de **80.06%**, que en otras investigaciones (evaluación de la eficiencia), no se consideró esta eficiencia; este resultado muestra que la capacidad de almacenamiento del reservorio no está al 100%, esto debido a que hay pérdidas de agua medidos en volumen según la figura 3.7; estos factores evaluados hacen que el reservorio solo almacene 2,778.62 m³ habiendo perdidas en la capacidad de almacenamiento de 662,39 m³ de agua

3.4. CALCULO DE LA EFICIENCIA DE APLICACIÓN

3.4.1. Diseño de un sistema de riego por melgas

Calculo de la lámina neta de riego (La)

Usando la ecuación (22):

$$La = \frac{(CC - PMP) * Dap * Pr}{100}$$

$$La = \frac{(28,3 - 15,8) * 1,26 * 60}{100}$$

Tabla 3.7: Resultados de la lámina neta de riego

Capa (cm)	Cc (%)	PMP (%)	Dap (g.cm ⁻³)	Pr (cm)	La (cm)
0 - 60	28.3	15.8	1.26	60	9.450

Calculo del tiempo de riego (tr)

De los resultados de la prueba de infiltración en campo se tiene estos resultados:

$$I_{cum} = 0,7177T_o^{0,702}$$

Hallamos el tiempo T_o , sabiendo que la lámina neta de riego, hallado es 9,450 cm; reemplazando datos en la ecuación (43):

$$9,450 = 0,717 * T_o^{0,702} \quad \mathbf{T_o = 39,366 \text{ min}}$$

De los resultados de la función de avance se expresa así, según la ecuación (27):

$$X = 3,82Ta^{0,762}$$

Hallamos el tiempo de avance para una longitud de melga de 14,0 m reemplazando los datos en la ecuación (44), de la función de avance:

$$14 = 3,82Ta^{0,762} \\ \mathbf{Ta = 5,48 \text{ min}}$$

Finalmente el tiempo de riego requerido estará definido:

$$Tr = T_o + T_a = 39,36 + 5,48 \\ \mathbf{Tr = 44,85 \text{ min}}$$

Calculo del caudal de riego

Este caudal máximo no erosivo fue calculado con la ecuación (29); y medido con el aforador portátil RBC.

$$Q = \frac{38}{s}$$

Reemplazando los valores en la ecuación (29), hallamos el caudal máximo no erosivo:

$$Q_{max} = \frac{38}{0,85} \quad Q_{max} = 44,706 \text{ l.min}^{-1} \\ Q_{max} = 0,745 \text{ l.s}^{-1}$$

Con este caudal, en relación a al pendiente no se produce erosión al realizar el riego, que fue medido con el aforador portátil RBC, en la cabecera de la parcela a evaluar, con la prueba de avance.

Como tenemos un ancho de 5,0 m el caudal máximo por melga será:

$$Q_{\max} = 0,745 * 5$$

$$Q_{\max} = 3,7 \text{ l.s}^{-1}/\text{melga}$$

Con la función de la velocidad de infiltración, que se tiene entre el fin del avance y la finalización de riego, analizamos el caudal de la melga:

Derivando la expresión de la ecuación (43) se tiene:

$$i = 0,717 * 0,702 T_o^{0,702-1}$$

$$i = 0,503 T_o^{-0,298}$$

Determinamos la infiltración básica en minutos con la ecuación (34):

$$Tb = -600b \quad Tb = -600 * (-0,298)$$

$$Tb = 178,809 \text{ min}$$

Reemplazando los valores la tasa de la velocidad de infiltración básica será:

$$Ib = 0,503 (178,809)^{-0,298}$$

$$I_b = 0,107 \text{ cm.min}^{-1}$$

$$I_b = 6,44 \text{ cm.hora}^{-1}$$

El caudal en cada melga será:

$$Q = I_b * (\text{largo}) * (\text{ancho}) \quad Q = 6,44 * (14) * (5)$$

Uniformizando las unidades se tienen:

$$Q = 1,25 \text{ l.s}^{-1}/\text{melga}$$

Calculo de la eficiencia de aplicación

Calculo del volumen requerido por melga, usando el caudal hallado por melga y el tiempo de oportunidad:

$$\text{Volumen}_{\text{requerido por melga}} = (1,25 * 39,37 * 60) / 1000$$

$$\text{Volumen}_{\text{requerido por melga}} = 2,96 \text{ m}^3$$

Calculo del volumen aplicado:

$$\text{Volumen}_{\text{aplicado}} = \text{volumen}_{\text{avance}} + \text{volumen}_{\text{segundo etapa}}$$

$$\text{Volumen}_{\text{aplicado}} = (3,7*60*5,49/1000) + (1,25*60*39,37/1000)$$

$$\text{Volumen}_{\text{aplicado}} = 4,18 \text{ m}^3$$

Finalmente la eficiencia de aplicación se calcula, según Vázquez et al (2017), con la expresión:

$$E_{ap} = \frac{\text{Volumen requerido}}{\text{Volumen aplicado}} * 100$$

Usando la ecuación (45):

$$E_{ap} = \frac{2,96}{4,18} * 100 \qquad \qquad \qquad \mathbf{E_{ap.} = 70,68 \%}$$

Este resultado obtenido, en relación a otras eficiencias de aplicación es alto, porque este tipo de riego se usa generalmente en zonas planas y con los cuidados necesarios:

Según (Vázquez et al 2017), realiza un diseño de un sistema de riego por melgas; para un suelo de textura franco arenoso de un riego por melga en alfalfa, determino una eficiencia de aplicación de 90%, con el mismo procedimiento. Este resultado fue dando las condiciones necesarias para un suelo con poca pendiente (3 – 4 por mil), plano textural del suelo de una profundidad 30-60 cm.

Según las tablas 3.8 y 3.9 se muestran las eficiencia de aplicación por el sistema de conservación del suelo que varía de 60 a 75 %, mientras tanto en la investigación se obtuvo 70.68%, el cual se encuentra dentro del rango; sin embargo, estas eficiencia de aplicación es posible obtener logrando un manejo adecuado en el momento de aplicación el riego por melga.

Tabla 3.8: Valores de eficiencia de aplicación según método de riego %

Método de riego	SCS	ILRI
Melgas rectas en pendiente	60 - 75	53
Pozas o melgas sin pendiente	60 - 80	58
Desbordamiento	50 - 55	-
Surcos	55 – 70	57
Corrugaciones	50 – 70	-

Fuente: SCS. Soil Conservation Sistem EE.UU., citado por C. Grassi (1985) ILRI.- Instituto

Tabla 3.9: Eficiencia de aplicación según método de riego y grado de manejo %

Método de riego	Manejo bueno	Manejo Pobre
Surcos	50 - 75	30 - 50
Melgas	50 - 85	30 - 50
Aspersión	60 - 85	40 - 60
Goteo	60 - 85	50 - 60

Fuente: Centro Internacional de Riego, EE.UU. Manual N°3 (1985)

3.4.2. Evaluación de la eficiencia aplicación en parcela con pastos cultivados

Para realizar el diagnóstico de la eficiencia de aplicación en las parcelas de pastos cultivados instalados, se obtuvo estimaciones de las láminas de riego aplicadas a las parcelas; se obtuvieron estos resultados:

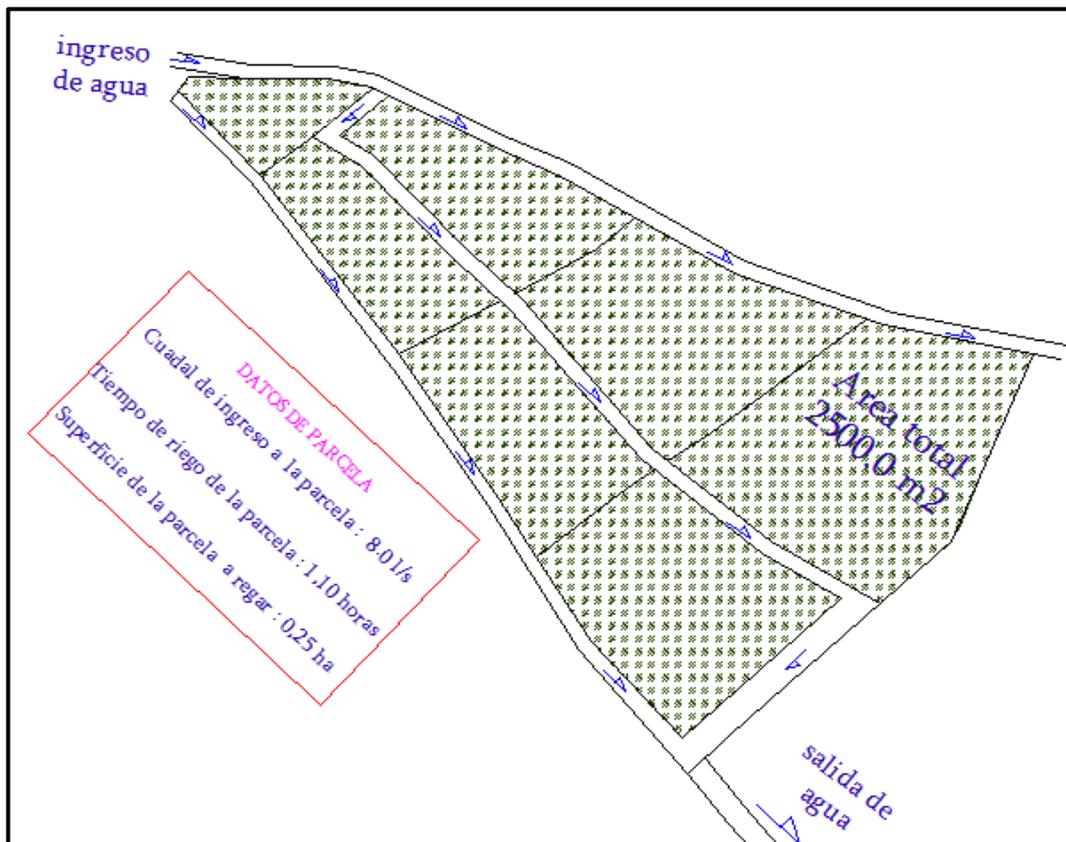


Figura 3.8: Esquema para el cálculo de eficiencia aplicación

Tabla 3.10: Resultados de la lámina de riego aplicada

Riego	Fecha	Sup. (ha)	Sup. (m2)	Inicio riego	Fin riego	Tr (horas)	Tr (seg)	Q (m3/s)	Vol. (m3)	Lra (cm)
Melgas	08/09/2018	0.25	2500.00	10:30 a.m.	02:35 p.m.	1.10	3960.00	0.0080	31.68	12.67

Tabla 3.11: Resultados de la lámina de riego requerido

estrato de muestreo	CC %	Ps (%)	Dap (gr/cc)	Pr (cm)	Lrr (cm) /estrato
0 - 30	28.3	15.800	1.26	30	4.73
Lrr para la aplicación para la parcela					4.73

Cálculos de la eficiencia de aplicación, aplicando la ecuación (49)

$$Ea = \left(\frac{Lrr}{Lra} \right) * 100$$

$$Ea = \left(\frac{4,73}{12,67} \right) * 100$$

$$Ea = 37,29 \%$$

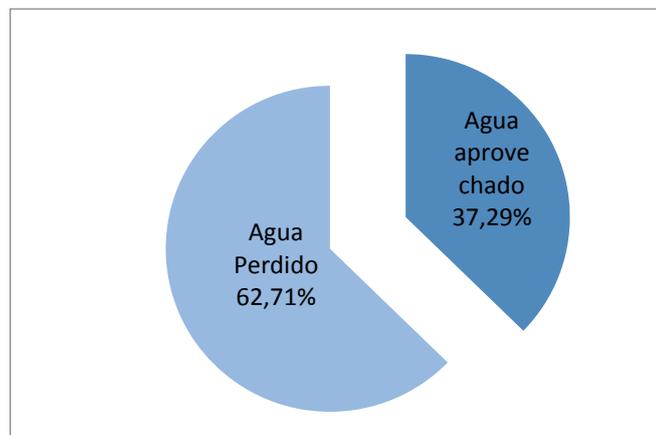


Figura 3.9: Ganancia y pérdida de agua en aplicación a la parcela

Interpretación

Según la figura 3.9 se observa una ganancia de agua de solo un 37,29% cuando es aplicado el riego por melga en pastos cultivados y una pérdida de agua de 62,71% esto debido a que hay un mal manejo en forma de riego, pendiente del suelo o terreno estaba desnivelado, por lo cual el agua se empoza en ciertas partes del terreno, y no distribuyéndose en forma uniforme.

Discusión

La eficiencia de aplicación evaluada fue de **37,29%** para un suelo de textura franco arcillo arenoso, donde este resultado se asemeja en comparación con otras investigaciones como de: (Chique, 2008) en el distrito de Juli, Provincia de Chucuito del Departamento de Puno – Perú; la eficiencia de aplicación encontrada fue de 31.58%; de la aplicación de un riego por gravedad. (MINAGRI 2015) según el manual del cálculo de eficiencia para sistema de riego, en el departamento de La libertad de la junta de usuarios de jequetepeque, se obtuvo una eficiencia de aplicación de 36%.

La eficiencia de riego total del sistema de riego sector Tasta- Huarapite, está dado según el siguiente resultado:

$$Er (\%) = (Ec*Ed*Es*Ea)$$

Eficiencia de conducción	84,11%
Eficiencia de distribución	84,31%
Eficiencia de almacenamiento	80,06%
Eficiencia de aplicación	37,29%
Eficiencia del sistema de riego sector Tasta-Huarapite	21,17%



Figura 3.10: Eficiencia del sistema de riego Huarapite 2018

Interpretación

Según la figura 3.10 se observa que para el sistema de riego sector Tasta-huarapite solo se utilizara el 21,17% de agua y una pérdida de 78,83% de agua.

Discusión

Este resultado de eficiencia de riego del sistema de riego sector Tasta-huarapite **21,17%** es semejante a los resultados obtenidos en otras evaluaciones a nivel del sistema de riego, como de: (MINAGRI 2015) que obtuvo eficiencia de riego de 23,78% y (Chique, 2008) obtuvo una eficiencia de riego de 18.0%.

3.5. PÉRDIDA DE AGUA EN EL SISTEMA DE RIEGO SECTOR TASTA – HUARAPITE

A) Calculo de pérdidas de agua en la conducción

Las pérdidas que se midieron, fueron en línea de conducción entubada, generalmente en las tomas laterales por un mal cerraje de las compuertas tipo válvula y en la compuerta del desarenador, donde esta perdidas se midieron con probetas graduadas por el método volumétrico. Cuya perdida en la bocatoma y desarenador fue de 0,14 a 0,15 l.s⁻¹; Y las perdidas en la tomas lateras también fueron por un mal cerrado de la válvula compuerta, cuya perdida de agua oscila entre 0,23 – 0,29 l.s⁻¹

Tabla 3.12: Resultados de las pérdidas por compuerta en conducción

UBICACIÓN	PROG.	CUADAL (l/s)	DESCRIPCION
Bocatoma	0+000	0.15	<i>Perdida de agua por escape, de la compuerta metálica</i>
Desarenador	0+080	0.14	<i>Perdida de agua por escape, de la compuerta metálica</i>
Toma lateral 01	0+580	0.25	<i>Perdida de agua por escape, mal cerrado válvula compuerta</i>
Toma lateral 02	0+920	0.23	<i>Perdida de agua por escape, mal cerrado válvula compuerta</i>
Toma lateral 03	1+100	0.29	<i>Perdida de agua por escape, mal cerrado válvula compuerta</i>
Toma lateral 04	1+660	0.24	<i>Perdida de agua por escape, mal cerrado válvula compuerta</i>
Toma lateral 05	1+960	0.25	<i>Perdida de agua por escape, mal cerrado válvula compuerta</i>
Total de perdidas		1.55	

B) Calculo de pérdidas de agua en la distribución

En la distribución de canal de tierra (reservorio – parcelas de riego), las pérdidas evaluadas fueron:

- Pérdidas por evaporación, se determina, haciendo uso de la ecuación (28), teniendo la evaporación del tanque calase “A”, de la estación meteorológica de Sachabamba, para el mes de agosto 2018:

Evaporación del mes agosto, es $E_v = 2,56 \text{ mm.d}^{-1}$

Sabemos que $1\text{mm} = 10\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, entonces la evaporación será:

$$E_v = 2,56 * 10 = 25,6 \text{ m}^3 \cdot \text{Ha}^{-1}$$

Tenemos un canal de tierra para ambos turnos, con una longitud total de 2,740.0ml y un ancho de canal de tierra promedio de 0,40 ml, según la figura 2.15:

$$\text{Entonces el área será} = 2,740 \times 0,40 = 1096,0 \text{ m}^2$$

En hectáreas será = 0,11 ha.

Entonces la evaporación total sería:

$$E_v = 25,6 * 0,11 \quad \mathbf{E_v = 2,806 \text{ m}^3 \cdot \text{día}^{-1}}$$

- Pérdidas por infiltración, esta tipo de pérdida, se observó en el canal de tierra en la distribución (reservorio – áreas de riego), para el cálculo se usó la fórmula de E.A. Morit del libro de (Villón, 2007) usando la ecuación (34):

$$p = 0.0375 * C * A^{0.5}$$

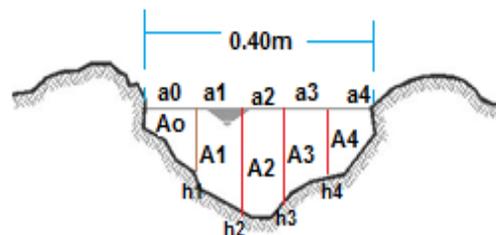


Figura 3.11: Canal de tierra en distribución su área hidráulica

Determinación del área hidráulica, canal de tierra según la figura 2.14, según la ecuación (02):

Mediciones del canal de tierra:

$$a_0 = 0.07 \text{ m}$$

$$a_1 = 0.1 \text{ m}$$

$$a_2 = 0.1 \text{ m}$$

$$a_3 = 0.1 \text{ m}$$

$$a_4 = 0.07 \text{ m}$$

$$h_1 = 0.075 \text{ m}$$

$$h_2 = 0.1 \text{ m}$$

$$h_3 = 0.11 \text{ m}$$

$$h_4 = 0.07 \text{ m}$$

Hallamos el área

$$A_0 = \frac{(0+0,075)}{2} * 0,07 = 0,0026 \text{ m}^2$$

$$A_1 = \frac{(0,075+0,1)}{2} * 0,1 = 0,0088 \text{ m}^2$$

$$A_2 = \frac{(0,1+0,11)}{2} * 0,1 = 0,0105 \text{ m}^2$$

$$A_3 = \frac{(0,11+0,070)}{2} * 0,1 = 0,0090 \text{ m}^2$$

$$A_4 = \frac{(0,070+0)}{2} * 0,07 = 0,0025 \text{ m}^2$$

El área total del canal de tierra será:

$$A = A_0 + A_1 + A_2 + A_3 + A_4 = 0,0026 + 0,0088 + 0,0105 + 0,0090 + 0,0025$$

$$A = 0,033 \text{ m}^2$$

Cálculo de la pérdida por infiltración en canal de tierra distribución, usando un $C = 0,150$, según la tabla 1.9, para un suelo franco arcillosa:

$$p = 0,0375 * C * A^{0,5}$$

$$p = 0,0375 * 0,150 * 0,033^{0,5}$$

$$P = 0,0010 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} / \text{km}$$

La distribución tiene una longitud total de 2+740 km, la pérdida en toda esta longitud será:

$$\text{Inf.} = 2,740 * 0,0010 * 3600$$

$$\text{Inf.} = 10,129 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$$

Tabla 3.13: Resultados pérdidas de agua en el sistema

DESCIPCION	PERDIDA ($\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	PERDIDA (%)
por infiltración	10.13	31.40%
por evaporación	13.06	40.48%
Por compuertas	9.07	28.12%

Según la figura 3.14 las mayores pérdidas de agua se dan por evaporación tanto en el reservorio de almacenamiento y la distribución por canal e tierra, seguido de un mal manejo de las compuertas por falta de un operador hidráulico, donde los usuarios dejan abierto las compuertas y falta de manteniendo de estas válvulas.

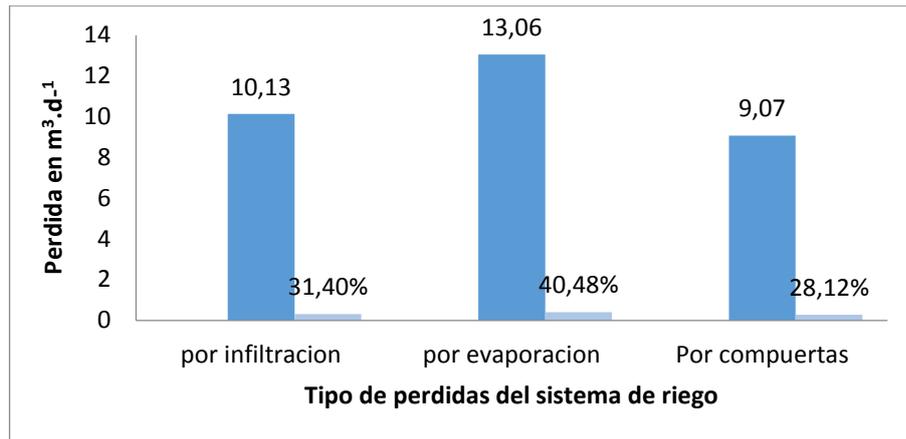


Figura 3.12: Pérdidas de agua en todo el sistema

3.6. Propuesta de mejoramiento de la gestión del agua, para el sector Huarapite

Esta propuesta pretende mejorar la gestión de riego, para lo cual se da estas mejoras por partes:

A) En la red de infraestructura de riego

Es de suma importancia y necesaria el cálculo de la eficiencia de riego, para saber con qué cantidad de agua contamos; para el riego y de esta manera distribuir de la mejor manera; por eso es necesario establecer los puntos de aforo, para este caso sería la instalación de aforadores tipo caudalímetros al ingreso del agua de la bocatoma, a la llegada del agua al reservorio y salida de agua del mismo reservorio.

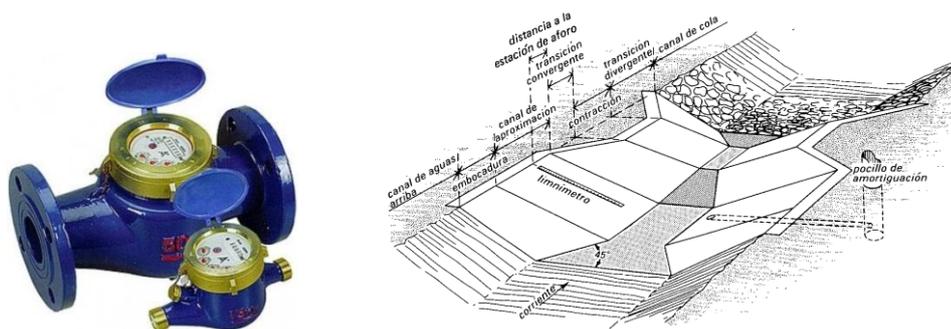


Figura 3.13: Medidor caudal; derecha caudalímetro, izquierda aforador cresta ancha

Fuente: (Marinus, 1986)

Estos tipos de aforos, deben estar presupuestado en el expediente técnico y colocado durante la ejecución de la obra.

Para la mejor distribución del agua, de las tomas laterales, la salida del agua debe ser de acuerdo al área que vas regar, de acuerdo a la programación de riego propuesto en el expediente técnico, con estas consideraciones se debe colocar, en la cámara de salida del toma lateral; una tubería con menor diámetro que la que conduce; y un medidor de caudal del mismo tamaño; para poder distribuir el agua de acuerdo a la demanda de las áreas a regar, y no desperdigar el agua.

B) En la forma de utilización del agua

Para este aspecto se plantea estas mejoras:

En un comité de riego siempre debe haber un operador hidráulico o llamado el tomero, quien va repartir le agua en forma equitativa en la cabecera de las parcelas, la cantidad requerida para regar ese predio y el tiempo estimado, donde este personal debe estar con tiempo completo en el reparto del agua, por tanto reciba un sueldo. También enseñe regar a otras personas que se dificulten, anotando en su cuaderno el tiempo que demora en regar una parcela, va hacer un mejor reparto de agua.



Figura 3.14: Aforador portátil RBC, medición del caudal de ingresa a la parcela

Para una mejor reparto de agua, hacer cada campaña agrícola un croquis de la parcelas que se va regar, con sus respectivas áreas, tipo de cultivo; para que de esa manera se reparta el agua de acuerdo a la extensión de las parcelas de riego; y reducir los tiempos de riego, que serán controlados por el tomero.

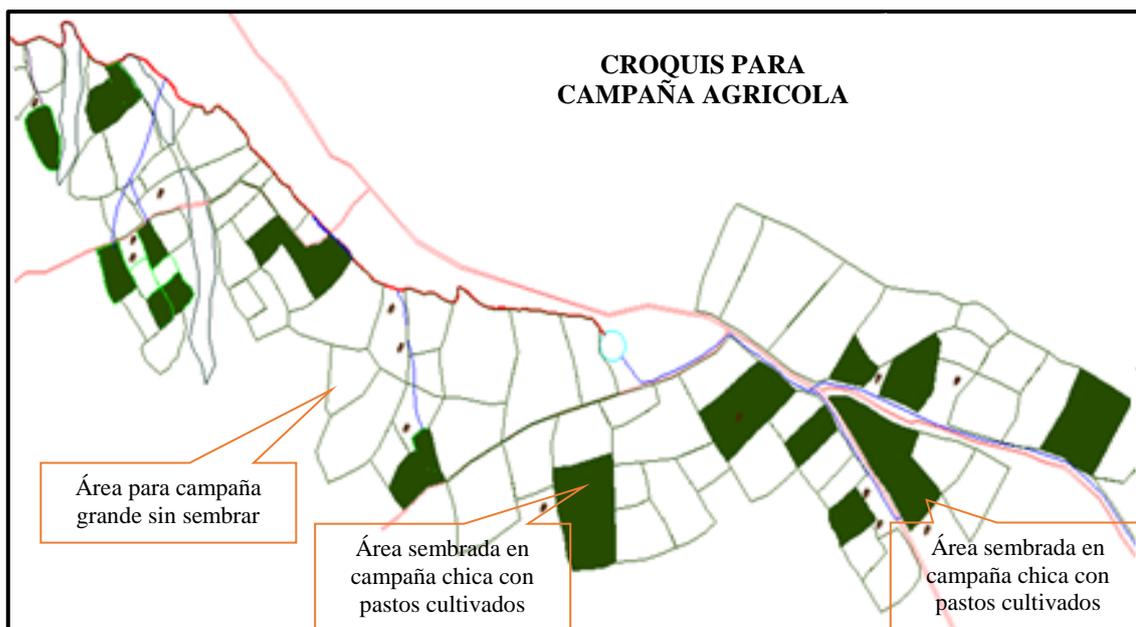


Figura 3.15: Croquis de las parcelas campaña chica 2018, Huarapite

C) En la organización de los usuarios

Para que un sistema de riego funcione eficientemente, es necesario que los beneficiarios (las personas que van utilizar el agua), estén bien organizados y se consideren estos aspectos:

Tener conocimiento sobre la ley de agua (ley de recursos hídricos y su reglamentación Ley N° 29338) y hacer los trámites su Reconocimiento legal del comité regantes.

A nivel del agua, las personas que van utilizar el agua de esa fuente en este caso (riachuelo Tasta), organizarse en un comité de riego, con un estatuto interno; en donde se refleje su deberes, derechos y las sanciones.



Figura 3.16: Organización comité de riego Huarapite

Realizar los trabajos de operación y mantenimiento de la infraestructura de riego, al menos cada campaña agrícola; para lo cual primero el operador hidráulico y los miembros de la junta directiva hacen un recorrido por toda la infraestructura de riego haciendo un inventariado de las cosas que se va reparar.



Figura 3.17: Limpieza del reservorio de geomenbrana Huarapite

Tener un asesoramiento técnico permanente, por parte de las entidades locales como la Municipalidad Distrital de Chiara, y/o otras entidades entendidas en el campo de sistema de riego. De esta forma el usuario de riego va saber aplicar el agua de la mejor forma, sin desperdiciar y no malograr su terreno con riego mal hecho.



Figura 3.18: Capacitación en manejo del agua

También aplicar el riego tecnificado ya sea por aspersión, micro aspersión y goteo; con el cual se mejorará la eficiencia de riego, e incrementará más áreas agrícolas bajo riego.

CONCLUSIONES

En esta investigación se llegó a estas conclusiones según los objetivos planteados:

1. Para la conducción con tubería PVC de 10 pulgadas, (desde la bocatoma hasta el reservorio), los aforos se realizaron durante los meses de julio a octubre, por el método de limnimetro en el canal de ingreso a la tubería en la bocatoma, en el desarenador; tomas laterales y llegada al reservorio, por el método volumétrico, sacando un resumen de estos aforos según la tabla 2.3; se halló una eficiencia de conducción de 84,11%
2. En la distribución desde el reservorio hacia las áreas de riego, la medición del caudal durante la evaluación en campo de junio a setiembre del 2018, los aforos se realizaron en la salida del reservorio e ingreso a las parcelas con el aforador portátil RBC (Replogle, Bos y clememens), como se indica en la figura 3.4 para ambos turnos de riego. Y se halla una eficiencia de distribución de 84,31%
3. En el almacenamiento de agua en el reservorio de geomembrana de forma tronco cónico según la figura 2.12 cuyo volumen que se calculó con las mediciones fue de 3500 m^3 , la evaluación de la eficiencia fue almacenando el agua durante 5 días con un caudal de ingreso promedio de $0.0082 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ y también se evaluó el tiempo de vaciado del reservorio para realizar la limpieza el cual duro un total de 36 horas (solo haciendo el riego 10 horas por día), soltando un caudal promedio del reservorio de $0.021 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, con estos datos se halló los volúmenes de ingreso y salida, para luego determinar la eficiencia de almacenamiento que fue de 80,06%
4. La eficiencia de aplicación se evaluó por dos métodos; el primero según (Vázquez et al 2017) por diseño un sistema de riego por melgas, donde siguiendo los procedimientos se determinó una eficiencia de aplicación de 70,68% que es un

resultado solo de diseño en donde se acondicionan las pendientes del terreno, nivelación respectiva y un manejo del agua por un personal durante todo el tiempo de riego.

Mientras según el otro método la determinar de la eficiencia de aplicación, fue en una parcela instalada con pastos cultivados, para una superficie de 2500,00 m²; regando un tiempo de 1 hora con 5 minutos; suministrando un caudal de 8,0 l/s a la parcela; con lo cual se determinó una eficiencia de aplicación de 37,29% donde este resultado se asemeja a los otros resultados.

5. Se propone un plan de mejora, para un buen manejo del agua del comité de riego Huarapite, en estos aspectos:

Infraestructura, establecer los puntos de aforo en la bocatoma, llegada al reservorio, salida del reservorio para la distribución y en el ingreso hacia las parcelas.

En la organización de usuarios, para hacer un uso eficiente del agua fortalecer a la comisión de usuario, que hagan cumplir su estatuto interno, en cuanto a sus deberes; derechos y sancione. Designar un operador hidráulico (tomero) para un mejor reparto de agua de acuerdo a la superficie de riego.

RECOMENDACIONES

1. Hacer extensivo los resultados obtenidos de la eficiencia de riego a las instituciones involucradas en estos temas como; Ministerio de Agricultura y Riego, el Programa Sub sectorial de Irrigaciones, Programa de Desarrollo Productivo Rural, y demás instituciones dedicadas al proyecto de riego.
2. Realizar el mantenimiento de toda la infraestructura de riego desde la bocatoma hasta la conducción hacia las parcelas de riego. Y usar el agua de forma organizada con sus turnos de riego con la participación de un repartidor del agua.
3. Fortalecer el comité de riego en el uso y manejo del agua mediante las instituciones como las universidades, el ministerio de agricultura y riego.
4. Cuando se plantea un proyecto de riego, en los estudios se debe considerar en la parte de la infraestructura los puntos de aforo, realizar las pruebas de eficiencia en la ejecución y en la parte social la capacitación antes y después de la ejecución del proyecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

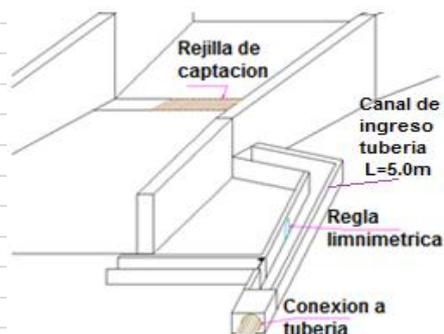
- Benítez, C. C., (1998). Sistemas hidráulicos de riego, ed. Universidad Nacional San Agustín Arequipa Perú.
- Broeks, A. & Calderón, L., (1996). Riego por aspersión en los andes. (1° Edición) Ima Región Inka. Instituto del agua y del medio ambiente. Cusco Perú.
- Catalán, V., E., Sánchez, C., I., Villa, C., M., Inzuna, I., M. & Mendoza, S.F. (2007). Programa para calcular las demandas de agua y calendarizar el riego de los cultivos. Instituto nacional de investigaciones forestales agrícolas y pecuarias; centro nacional de investigación disciplinaria en relación agua suelo planta atmosfera. (INIFAP). Durango México. Folleto técnico n° 7. 34 pp.
- García, C., & Briones, S. G., (1997). Sistemas de riego (1° edición), Ed. Trillas. México.
- Gurovich, R., (1999). Riego superficial tecnificado. (2° Edición). Universidad Católica de Chile. Santiago de Chile.
- IMTA (Instituto Mexicano de tecnología del agua) 1992. Manual de aforos. Coordinación de tecnología de riego y drenaje. Cuernavaca, Mor. México.
- INRENA (Instituto Nacional de Recursos Naturales) 2006, El problema de la disponibilidad de agua en el Perú. www.enfoquererecho.com
- Israelsen, O., & Hansen, E., (1975). Principios y aplicación del riego. (2° edición). Editorial reverté s.a. España.
- Linsley, F., (1992). Ingeniería de los recursos hidráulicos. Editorial Graw Hill. México.
- Marinus, G., John, A. & Albert J., (1986). Aforadores de caudal para canales abiertos; International Institute for Land Reclamation and Improvement ILRI, Wageningen, The Netherlands.
- MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego) 2015. Manual del cálculo de eficiencia para el sistema de riego. Lima Perú.
- Ochoa, L., (1992). Metodología y sistema de medición de gasto. Instituto mexicano de tecnología de agua. México.
- Rodríguez, P., (2008). Hidráulica II. Instituto estatal ecológico. Oaxaca México.
- Rossel, C., (2000). Irrigación. Capítulo de ingeniería civil. Lima Perú.
- Ugarte, M., (2004). Determinación de eficiencia de conducción y distribución.

- Vásquez, A., & Chang, L., (1992). El riego principios básicos. Impreso en los talleres de onern. Lima Perú.
- Vásquez, A., Vásquez, I., Vásquez, C., & Cañero, M. (2017). Fundamentos de la ingeniería de riego. Editorial q & p impresores. Lima Perú.
- Villón, M., (1994). Hidráulica de canales. Editorial horizonte latinoamericano. Lima Perú.
- Villón, M., (2007). Hidráulica de canales. Universidad escuela de administración finanzas y tecnología. Lima Perú.

ANEXOS

Anexo 01: Resultado de los aforos realizados, en canal de ingreso a la tubería

REGISTRO DE AFORO EN CAMPO				
REGION :	AYACUCHO		PUNTO	0+000 K.M
PROVINCIA:	HUAMANCA			CANAL INGRESO CONCRETO
DISTRITO :	CHIARA		METODO	REGLA LIMNIMETRICA
UBICACIÓN:	Este 598059.00 m		REGISTRADO POR	C.F.S
	Norte 8512442.00 m			
	Altitud 3573.54 m.s.n.m.			
MATERIALES NECESARIOS			Reloj cronometro, lapiz, calculadora, tablero, formato	
DATOS NECESARIOS			n: Coeficiente de rugocidad, calculado previamente	
			S: Pendiente del canal, determinado por nivelacion canal	
CALCULO DE CUADAL	$Q = A \times \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$			
CONSIDERACIONES:	con esta tabla se instalo el limnimetro para la lectura en campo			
Tirante y (cm)	Area de canal A(m2)	Radio canal R(m)	Cuadal a leer Q(lps)	
1	0.0039	0.0095	0.459	
2	0.0078	0.0181	1.411	
3	0.0117	0.0260	2.690	
4	0.0156	0.0332	4.221	
5	0.0195	0.0398	5.955	
6	0.0234	0.0459	7.857	
7	0.0273	0.0515	9.901	
8	0.0312	0.0567	12.067	
9	0.0351	0.0616	14.339	
10	0.0390	0.0661	16.703	
11	0.0429	0.0703	19.149	
12	0.0468	0.0743	21.666	
13	0.0507	0.0780	24.247	
14	0.0546	0.0815	26.886	
15	0.0585	0.0848	29.577	
Cuadro de llenado lectura de caudales en canal de ingreso a la tubería				
DIA	FECHA	TIPO DE CANAL	TIPO DE MATERIAL	Lectura de caudal de ingreso semanal (Q) l/s
Domingo	01/07/2018	Rectangular	Concreto	12.118
Jueves	12/07/2018	Rectangular	Concreto	9.942
Viernes	20/07/2018	Rectangular	Concreto	8.899
Martes	24/07/2018	Rectangular	Concreto	9.942
Jueves	02/08/2018	Rectangular	Concreto	9.942
viernes	10/08/2018	Rectangular	Concreto	9.942
Martes	14/08/2018	Rectangular	Concreto	8.899
Viernes	24/08/2018	Rectangular	Concreto	13.246



Anexo 02: Resultado de los aforos realizados, en desarenador.

REGISTRO DE AFORO EN CAMPO										
REGION :	AYACUCHO				PUNTO	0+080 K/M				
PROVINCIA:	HUAMANGA				METODO	VOLUMETRICO				
DISTRITO :	CHIARA				REGISTRADO POR	C.F.S				
UBICACIÓN:	Este 598073.00 m									
	Norte 8512377.00m									
	Altitud 3572.02 m.s.n.m.									
MATERIALES NECESARIOS	Reloj cronometro, lapiz, calculadora, tablero, formato									
DATOS NECESARIOS	V: Volumen conocido m ³									
	t: Tiempo en segundos									
CALCULO DE CUADAL	$Q = \frac{V}{t}$									
CONSIDERACIONES	Las mediciones del cuadal realizar cerrando la compuerta de limpia del desarenador.									
Datos para tiempo de llenado					Datos para volumen					
t1	t2	t3	t4	t5	a	b	c	h		
64.23	64.32	65.32	65.15	64.11	0.80	2.18	0.53	0.55		
74.24	74.85	75.15	75.25	74.55	0.80	2.18	0.53	0.55		
88.11	88.15	88.16	87.34	88.11	0.80	2.18	0.53	0.55		
74.25	74.64	75.12	75.25	74.55	0.80	2.18	0.53	0.55		
74.25	74.45	75.13	75.15	74.68	0.80	2.18	0.53	0.55		
74.16	75.12	75.03	75.1	74.34	0.80	2.18	0.53	0.55		
87.93	88.14	87.91	88.15	87.94	0.80	2.18	0.53	0.55		
56.54	57.08	57.11	56.25	56.07	0.80	2.18	0.53	0.55		
DIA	FECHA	Tiempo $t = \frac{(t1 + \dots + tn)}{5}$ (s)			V1 $V1 = \frac{(b+h)}{2} * a$ (m ³)	V2 $V2 = c * a * h$ (m ³)	Volumen $V = V1 + V2$ (m ³)	Cuadal $Q = \frac{V}{t}$ (m ³ /s)	Cuadal (l/s)	
Domingo	01/07/2018	64.626			0.480	0.233	0.713	0.011	11.030	
Jueves	12/07/2018	74.808			0.480	0.233	0.713	0.010	9.528	
Viernes	20/07/2018	87.974			0.480	0.233	0.713	0.008	8.102	
Martes	24/07/2018	74.762			0.480	0.233	0.713	0.010	9.534	
Jueves	02/08/2018	74.732			0.480	0.233	0.713	0.010	9.538	
viernes	10/08/2018	74.75			0.480	0.233	0.713	0.010	9.536	
Martes	14/08/2018	88.014			0.480	0.233	0.713	0.008	8.099	
Viernes	24/08/2018	56.61			0.480	0.233	0.713	0.013	12.591	

Anexo 03: Resultado de los aforos realizados, en toma lateral.

REGISTRO DE AFORO EN CAMPO								
REGION :	AYACUCHO			DIA	DOMINGO			
PROVINCIA:	HUAMANQA			FECHA	01/07/2018			
DISTRITO :	CHIARA			METODO	VOLUMETRICO			
				REGISTRADO POR	C.F.S			
MATERIALES NECESARIOS	Reloj cronometro, lapiz, calculadora, tablero, formato							
DATOS NECESARIOS	<i>V: Volumen conocido m3</i> <i>t: Tiempo en segundos</i>							
CALCULO DE CUADAL	$Q = \frac{V}{t}$							
	Datos para tiempo de llenado				Datos para volumen			
	t1	t2	t3	t4	a	b	h	
1.-	27.85	26.71	26.91	27.11	1.-	1.00	0.30	
2.-	28.38	28.91	28.45	28.25	2.-	1.00	0.30	
3.-	29.31	28.52	29.21	28.12	3.-	1.00	0.30	
4.-	24.61	24.63	25.11	24.81	4.-	1.00	0.25	
5.-	25.45	25.26	25.24	24.98	5.-	1.00	0.25	
	Punto de aforo	Ubicación	Progresiva	Tiempo $t = \frac{(t1 + \dots + tn)}{4}$ (s)	Volumen $a*b*c$ (m3)	Cudal $Q = \frac{V}{t}$ (m3/s)	Cudal (l/s)	
	toma 01	E: 598216.30m N: 8511979.50m	0+580	27.145	0.300	0.011	11.052	
	toma 02	E: 598360.00m N: 8511784.00m	0+920	28.498	0.300	0.011	10.527	
	toma 03	E: 598465.00m N: 85116557.00m	1+100	28.790	0.300	0.010	10.420	
	toma 04	E: 598562.30m N: 8511144.50m	1+660	24.790	0.250	0.010	10.085	
	toma 05	E: 598631.30m N: 8510866.50m	1+960	25.233	0.250	0.010	9.908	

REGISTRO DE AFORO EN CAMPO

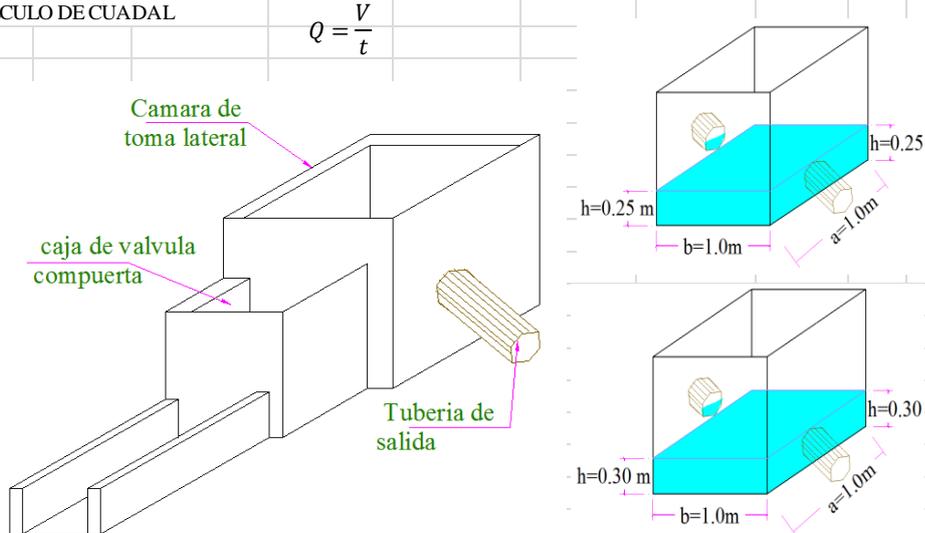
REGION : <i>AYACUCHO</i>	DIA : <i>JUEVES</i>
PROVINCIA: <i>HUAMANCA</i>	FECHA : <i>12/07/2018</i>
DISTRITO : <i>CHIARA</i>	METODO : <i>VOLUMETRICO</i>
	REGISTRADO POR : <i>C.F.S</i>

MATERIALES NECESARIOS : Reloj cronometro, lapiz, calculadora, tablero, formato

DATOS NECESARIOS : V: Volumen conocido m³
t: Tiempo en segundos

CALCULO DE CUADAL

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



Datos para tiempo de llenado

Datos para volumen

	t1	t2	t3	t4		a	b	h
1.-	32.45	32.48	32.55	33.17	1.-	1.00	1.00	0.30
2.-	33.21	33.22	33.61	32.91	2.-	1.00	1.00	0.30
3.-	33.45	33.16	33.79	34.12	3.-	1.00	1.00	0.30
4.-	29.12	29.21	29.25	28.91	4.-	1.00	1.00	0.25
5.-	30.12	30.13	29.25	29.46	5.-	1.00	1.00	0.25

Punto de aforo	Ubicación	Progresiva (km)	Tiempo $t = \frac{(t1 + \dots + tn)}{4}$ (s)	Volumen a*b*c (m ³)	Cudal $Q = \frac{V}{t}$ (m ³ /s)	Cudal (l/s)
toma 01	E. 598216.30m N. 8511979.50 m	0+580	32.663	0.300	0.009	9.185
toma 02	E. 598360.00 m N. 8511784.00m	0+920	33.238	0.300	0.009	9.026
toma 03	E. 598465.00 m N. 85116557.00m	1+100	33.630	0.300	0.009	8.921
toma 04	E. 598562.30 m N. 8511144.50m	1+660	29.123	0.250	0.009	8.584
toma 05	E. 598631.30 m N. 8510866.50m	1+960	29.740	0.250	0.008	8.406

REGISTRO DE AFORO EN CAMPO

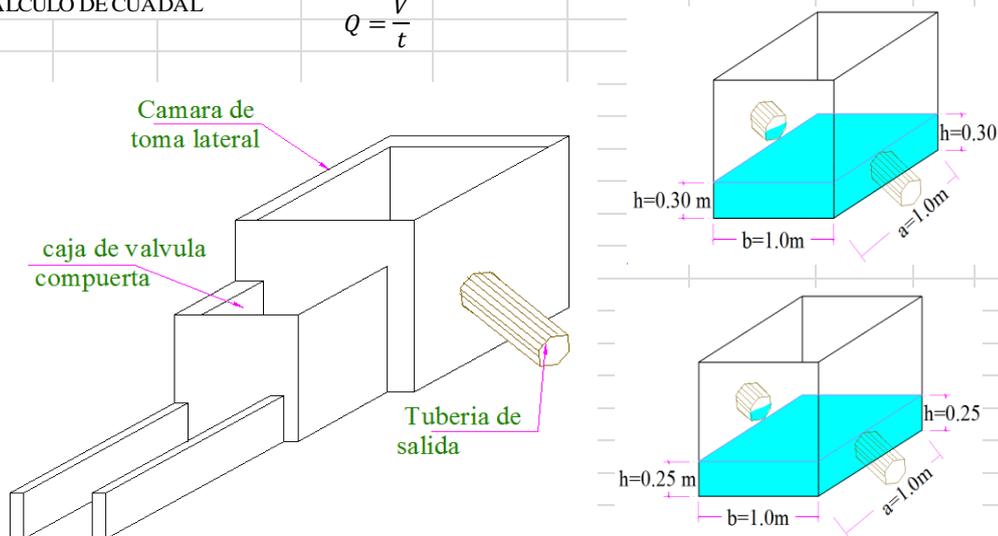
REGION : <i>AYACUCHO</i>	DIA : <i>VIERNES</i>
PROVINCIA : <i>HUAMANCA</i>	FECHA : <i>20/07/2018</i>
DISTRITO : <i>CHIARA</i>	METODO : <i>VOLUMETRICO</i>
	REGISTRADO POR : <i>C.F.S</i>

MATERIALES NECESARIOS : Reloj cronometro, lapiz, calculadora, tablero, formato

DATOS NECESARIOS : *V: Volumen conocido m3*
t: Tiempo en segundos

CALCULO DE CUADAL

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



Datos para tiempo de llenado

	t1	t2	t3	t4
1.-	38.21	38.12	39.19	39.15
2.-	39.47	39.45	39.54	39.43
3.-	40.12	40.71	40.15	39.17
4.-	35.16	35.17	35.12	34.23
5.-	36.14	35.13	36.15	35.85

Datos para volumen

	a	b	h
1.-	1.00	1.00	0.30
2.-	1.00	1.00	0.30
3.-	1.00	1.00	0.30
4.-	1.00	1.00	0.25
5.-	1.00	1.00	0.25

Punto de aforo	Ubicación	Progresiva (km)	Tiempo	Volumen	Cuadal	Cuadal
			$t = \frac{(t1 + \dots + tn)}{4}$ (s)	$a*b*c$ (m3)	$Q = \frac{V}{t}$ (m3/s)	(l/s)
toma 01	<i>E. 598216.30m</i> <i>N. 8511979.50m</i>	0+580	38.668	0.300	0.008	7.758
toma 02	<i>E. 598360.00m</i> <i>N. 8511784.00m</i>	0+920	39.473	0.300	0.008	7.600
toma 03	<i>E. 598465.00m</i> <i>N. 85116557.00m</i>	1+100	40.038	0.300	0.007	7.493
toma 04	<i>E. 598562.30m</i> <i>N. 8511144.50m</i>	1+660	34.920	0.250	0.007	7.159
toma 05	<i>E. 598631.30m</i> <i>N. 8510866.50m</i>	1+960	35.818	0.250	0.007	6.980

REGISTRO DE AFORO EN CAMPO

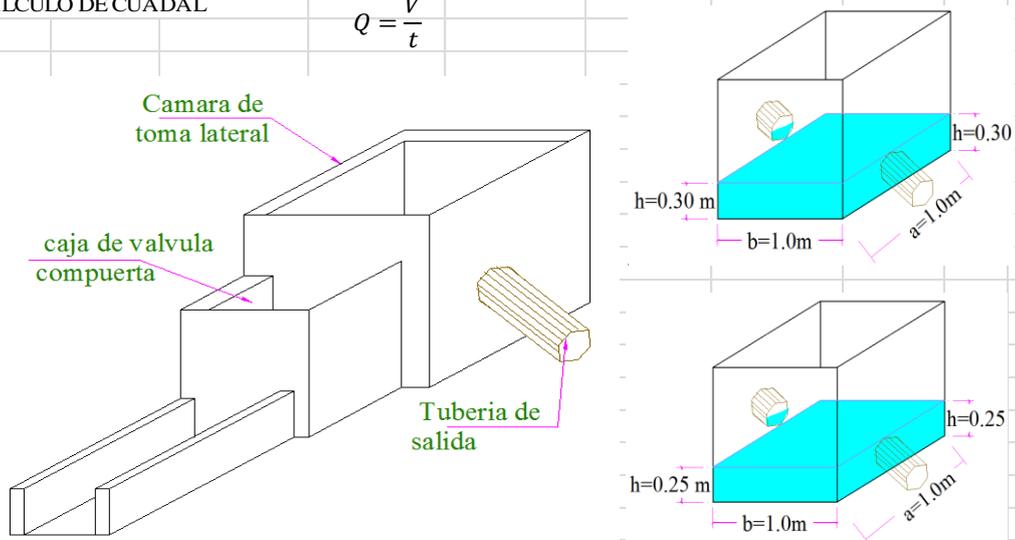
REGION : <i>AYACUCHO</i>	DIA : <i>MARTES</i>
PROVINCIA : <i>HUAMANANGA</i>	FECHA : <i>24/07/2018</i>
DISTRITO : <i>CHIARA</i>	METODO : <i>VOLUMETRICO</i>
	REGISTRADO POR : <i>C.F.S</i>

MATERIALES NECESARIOS : Reloj cronometro, lapiz, calculadora, tablero, formato

DATOS NECESARIOS :
V: Volumen conocido m³
t: Tiempo en segundos

CALCULO DE CUADAL

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



Datos para tiempo de llenado

	t1	t2	t3	t4
1.-	32.14	32.14	33.14	33.15
2.-	33.42	33.17	33.14	33.11
3.-	33.12	33.09	34.13	34.12
4.-	29.45	29.49	29.32	28.14
5.-	30.16	30.41	29.17	29.14

Datos para volumen

	a	b	h
1.-	1.00	1.00	0.30
2.-	1.00	1.00	0.30
3.-	1.00	1.00	0.30
4.-	1.00	1.00	0.25
5.-	1.00	1.00	0.25

Punto de aforo	Ubicación	Progresiva (km)	Tiempo	Volumen	Cuadal	Cuadal
			$t = \frac{(t1 + \dots + tn)}{4}$ (s)	$a \cdot b \cdot c$ (m ³)	$Q = \frac{V}{t}$ (m ³ /s)	(l/s)
toma 01	<i>E. 598216.30m</i> <i>N. 8511979.50m</i>	0+580	32.643	0.300	0.009	9.190
toma 02	<i>E. 598360.00m</i> <i>N. 8511784.00m</i>	0+920	33.210	0.300	0.009	9.033
toma 03	<i>E. 598465.00m</i> <i>N. 85116557.00m</i>	1+100	33.615	0.300	0.009	8.925
toma 04	<i>E. 598562.30m</i> <i>N. 8511144.50m</i>	1+660	29.100	0.250	0.009	8.591
toma 05	<i>E. 598631.30m</i> <i>N. 8510866.50m</i>	1+960	29.720	0.250	0.008	8.412

REGISTRO DE AFORO EN CAMPO

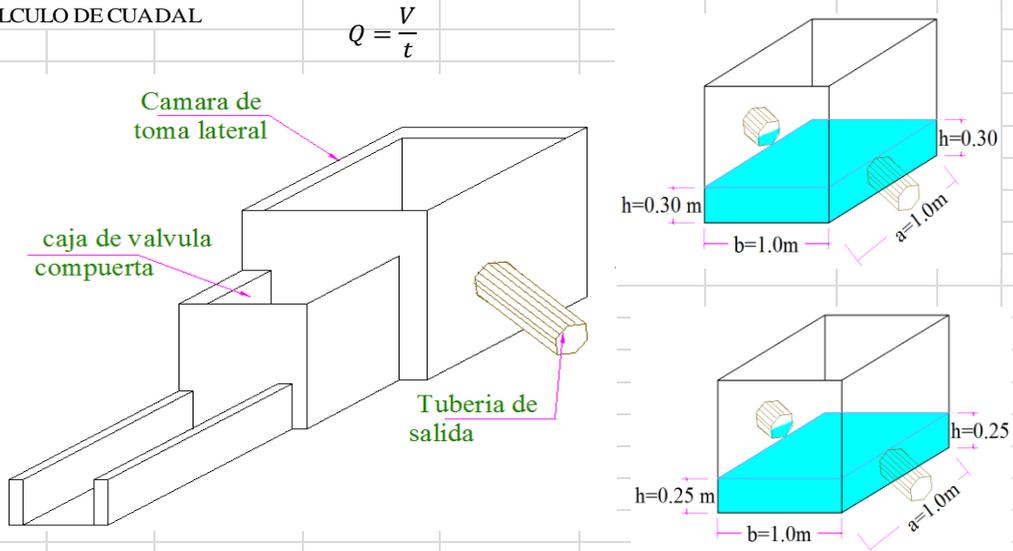
REGION : <i>AYACUCHO</i>	DIA : <i>JUEVES</i>
PROVINCIA: <i>HUAMANCA</i>	FECHA : <i>02/08/2018</i>
DISTRITO : <i>CHIARA</i>	METODO : <i>VOLUMETRICO</i>
	REGISTRADO POR : <i>C.F.S</i>

MATERIALES NECESARIOS : Reloj cronometro, lapiz, calculadora, tablero, formato

DATOS NECESARIOS : *V: Volumen conocido m3*
t: Tiempo en segundos

CALCULO DE CUADAL

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



Datos para tiempo de llenado

	t1	t2	t3	t4
1.-	32.14	32.09	33.15	33.14
2.-	33.15	33.31	33.14	33.22
3.-	34.12	34.12	33.1	33.07
4.-	28.74	29.15	29.26	29.21
5.-	30.14	30.15	29.45	29.08

Datos para volumen

	a	b	h
1.-	1.00	1.00	0.30
2.-	1.00	1.00	0.30
3.-	1.00	1.00	0.30
4.-	1.00	1.00	0.25
5.-	1.00	1.00	0.25

Punto de aforo	Ubicación	Progresiva (km)	Tiempo $t = \frac{(t1 + \dots + tn)}{4}$ (s)	Volumen $a*b*c$ (m3)	Cuadal $Q = \frac{V}{t}$ (m3/s)	Cuadal (l/s)
toma 01	<i>E: 598216.30m</i> <i>N: 8511979.50 m</i>	0+580	32.630	0.300	0.009	9.194
toma 02	<i>E: 598360.00 m</i> <i>N: 8511784.00m</i>	0+920	33.205	0.300	0.009	9.035
toma 03	<i>E: 598465.00 m</i> <i>N: 85116557.00m</i>	1+100	33.603	0.300	0.009	8.928
toma 04	<i>E: 598562.30 m</i> <i>N: 8511144.50m</i>	1+660	29.090	0.250	0.009	8.594
toma 05	<i>E: 598631.30 m</i> <i>N: 8510866.50m</i>	1+960	29.705	0.250	0.008	8.416

REGISTRO DE AFORO EN CAMPO

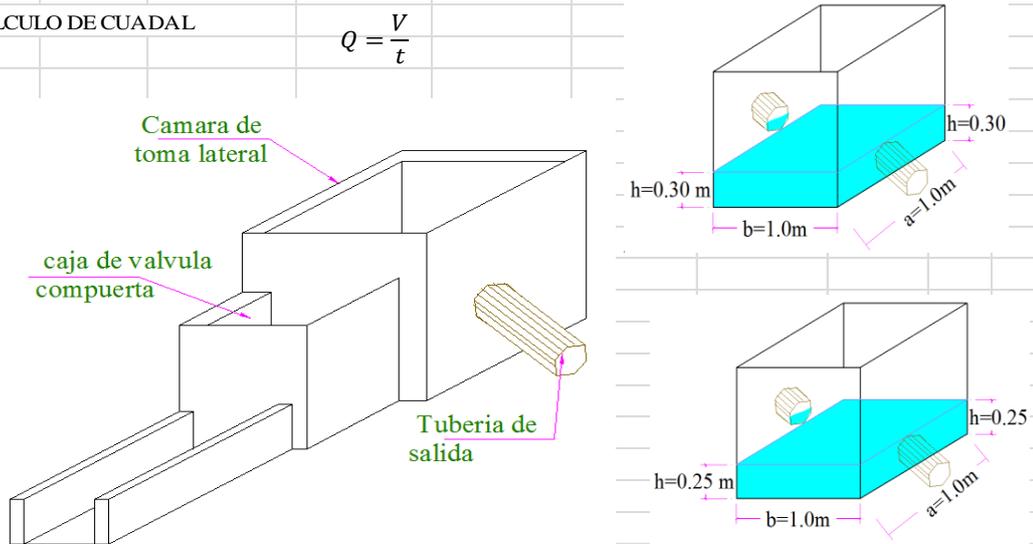
REGION :	AYACUCHO	DIA	VIERNES
PROVINCIA:	HUAMANGA	FECHA	10/08/2018
DISTRITO :	CHIARA	METODO	VOLUMETRICO
		REGISTRADO POR	C.F.S

MATERIALES NECESARIOS Reloj cronometro, lapiz, calculadora, tablero, formato

DATOS NECESARIOS *V: Volumen conocido m³*
t: Tiempo en segundos

CALCULO DE CUADAL

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



Datos para tiempo de llenado

	t1	t2	t3	t4
1.-	32.15	32.17	33.07	33.16
2.-	32.91	33.46	32.95	33.51
3.-	33.87	33.94	33.71	32.91
4.-	29.47	29.42	28.75	28.75
5.-	29.16	30.29	29.15	30.25

Datos para volumen

	a	b	h
1.-	1.00	1.00	0.30
2.-	1.00	1.00	0.30
3.-	1.00	1.00	0.30
4.-	1.00	1.00	0.25
5.-	1.00	1.00	0.25

Punto de aforo	Ubicación	Progresiva (km)	Tiempo	Volumen	Cuadal	Cuadal (l/s)
			$t = \frac{(t1 + \dots + tn)}{4}$ (s)	$a*b*c$ (m ³)	$Q = \frac{V}{t}$ (m ³ /s)	
toma 01	E: 598216.30m N: 8511979.50m	0+580	32.638	0.300	0.009	9.192
toma 02	E: 598360.00m N: 8511784.00m	0+920	33.208	0.300	0.009	9.034
toma 03	E: 598465.00m N: 85116557.00m	1+100	33.608	0.300	0.009	8.927
toma 04	E: 598562.30m N: 8511144.50m	1+660	29.098	0.250	0.009	8.592
toma 05	E: 598631.30m N: 8510866.50m	1+960	29.713	0.250	0.008	8.414

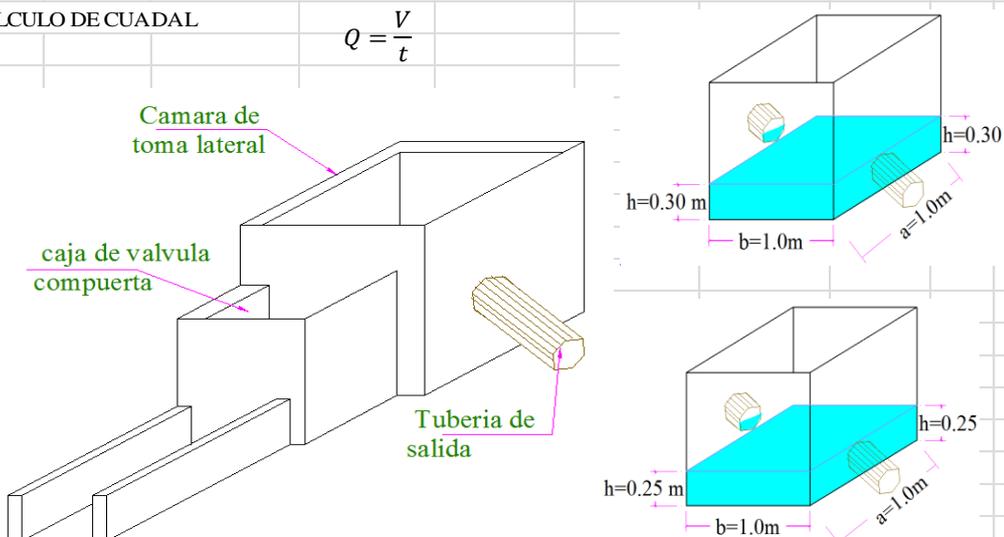
REGISTRO DE AFORO EN CAMPO

REGION :	AYACUCHO	DIA	MARTES
PROVINCIA:	HUAMANCA	FECHA	14/08/2018
DISTRITO :	CHIARA	METODO	VOLUMETRICO
		REGISTRADO POR	C.F.S

MATERIALES NECESARIOS: Reloj cronometro, lapiz, calculadora, tablero, formato

DATOS NECESARIOS: V : Volumen conocido m^3
 t : Tiempo en segundos

CALCULO DE CUADAL $Q = \frac{V}{t}$



Datos para tiempo de llenado

	t1	t2	t3	t4
1.-	38.2	38.24	39.17	39.14
2.-	40.2	39.11	39.31	39.34
3.-	40.71	39.71	39.22	40.57
4.-	35.49	34.65	34.84	34.78
5.-	35.11	36.09	36.07	36.07

Datos para volumen

	a	b	h
1.-	1.00	1.00	0.30
2.-	1.00	1.00	0.30
3.-	1.00	1.00	0.30
4.-	1.00	1.00	0.25
5.-	1.00	1.00	0.25

Punto de aforo	Ubicación	Progresiva (km)	Tiempo	Volumen	Cuadral	Cuadral
			$t = \frac{(t1 + \dots + tn)}{4}$ (s)	$a \cdot b \cdot c$ (m^3)	$Q = \frac{V}{t}$ (m^3/s)	(l/s)
toma 01	E. 598216.30m N. 8511979.50m	0+580	38.688	0.300	0.008	7.754
toma 02	E. 598360.00m N. 8511784.00m	0+920	39.490	0.300	0.008	7.597
toma 03	E. 598465.00m N. 85116557.00m	1+100	40.053	0.300	0.007	7.490
toma 04	E. 598562.30m N. 8511144.50m	1+660	34.940	0.250	0.007	7.155
toma 05	E. 598637.30m N. 8510866.50m	1+960	35.835	0.250	0.007	6.976

REGISTRO DE AFORO EN CAMPO

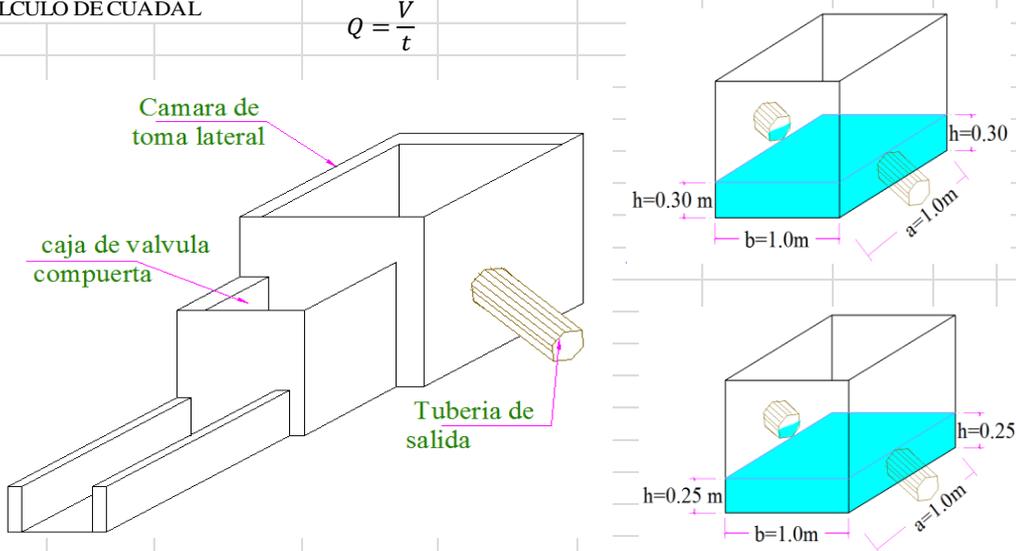
REGION :	AYACUCHO	DIA	VIERNES
PROVINCIA:	HUAMANGA	FECHA	24/08/2018
DISTRITO :	CHIARA	METODO	VOLUMETRICO
		REGISTRADO POR	C.F.S

MATERIALES NECESARIOS: Reloj cronometro, lapiz, calculadora, tablero, formato

DATOS NECESARIOS
V: Volumen conocido m³
t: Tiempo en segundos

CALCULO DE CUADAL

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



Datos para tiempo de llenado

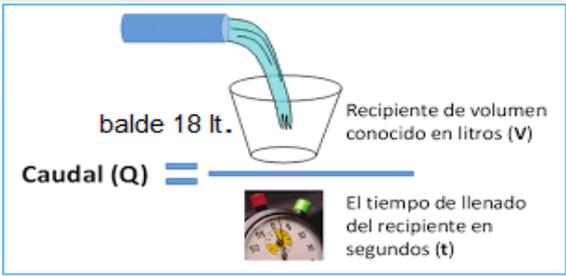
	t1	t2	t3	t4
1.-	24.12	25.12	24.43	24.32
2.-	25.07	24.11	25.05	25.03
3.-	25.67	25.54	24.21	24.72
4.-	21.12	21.15	21.95	21.65
5.-	22.14	21.89	21.59	21.57

Datos para volumen

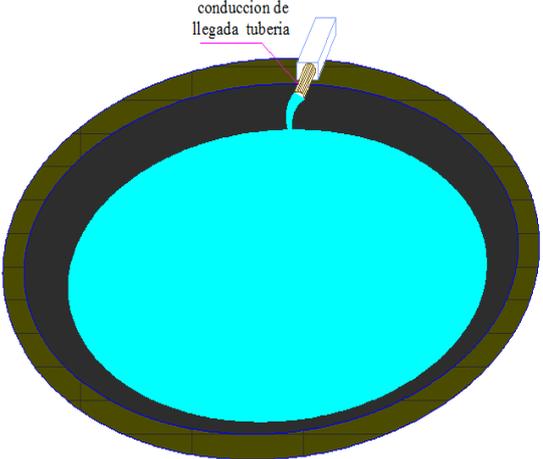
	a	b	h
1.-	1.00	1.00	0.30
2.-	1.00	1.00	0.30
3.-	1.00	1.00	0.30
4.-	1.00	1.00	0.25
5.-	1.00	1.00	0.25

Punto de aforo	Ubicación	Progresiva (km)	Tiempo $t = \frac{(t1 + \dots + tn)}{4}$ (s)	Volumen $a*b*c$ (m ³)	Cuadral $Q = \frac{V}{t}$ (m ³ /s)	Cuadral (l/s)
toma 01	E: 598216.30m N: 8511979.50 m	0+580	24.498	0.300	0.012	12.246
toma 02	E: 598360.00 m N: 8511784.00m	0+920	24.815	0.300	0.012	12.089
toma 03	E: 598465.00 m N: 85116557.00m	1+100	25.035	0.300	0.012	11.983
toma 04	E: 598562.30 m N: 8511144.50m	1+660	21.468	0.250	0.012	11.646
toma 05	E: 598631.30 m N: 8510866.50m	1+960	21.798	0.250	0.011	11.469

Anexo 04: Resultado de los aforos realizados, ingreso al reservorio.

REGISTRO DE AFORO EN CAMPO					
REGION :	AYACUCHO	PUNTO	2+600 KM		
PROVINCIA:	HUAMANCA	METODO	VOLUMETRICO		
DISTRITO :	CHIARA	REGISTRADO PO:	C.F.S		
UBICACIÓN:	Este 59874.30 m				
	Norte 8510401.50m				
	Altitud 3546.80 m.s.n.m.				
MATERIALES NECESARIOS	Reloj cronometro, lapiz, calculadora, tablero, formato				
DATOS NECESARIOS	V: Volumen conocido m ³ t: Tiempo en segundos				
CALCULO DE CUADAL	$Q = \frac{Vol.}{t}$				
					
Datos para tiempo de llenado del balde					
	t1	t2	t3	t4	t5
	1.89	1.87	1.94	1.91	1.84
	2.21	2.35	2.27	2.25	2.15
	2.32	2.71	2.85	2.78	2.98
	2.55	2.17	2.18	2.14	2.17
	2.25	2.29	2.15	2.35	2.16
	2.19	2.31	2.25	2.31	2.15
	2.81	2.72	2.72	2.69	2.71
	1.52	1.65	1.64	1.54	1.76
DIA	FECHA	Tiempo $t = \frac{(t1 + \dots + tn)}{5}$ (s)	Volumen de balde (l)	Cuadal $Q = \frac{v}{t}$ (l/s)	
Domingo	01/07/2018	1.89	18.000	9.524	
Jueves	12/07/2018	2.246	18.000	8.014	
Viernes	20/07/2018	2.728	18.000	6.598	
Martes	24/07/2018	2.242	18.000	8.029	
Jueves	02/08/2018	2.24	18.000	8.036	
viernes	10/08/2018	2.242	18.000	8.029	
Martes	14/08/2018	2.73	18.000	6.593	
Viernes	24/08/2018	1.622	18.000	11.097	

Anexo 05: Resultado del volumen almacenamiento reservorio.

REGISTRO DE VACIADO Y LLENADO DEL RESERVORIO EN CAMPO						
REGION :	AYACUCHO			PUNTO	2+600 KM	
PROVINCIA:	HUAMANQA			DIA	VIERNES	
DISTRITO :	CHIARA			FECHA	01/09/2018	
UBICACIÓN:	Este 59874.30 m			REGISTRADO POR	C.F.S	
	Norte 8510401.50m					
	Altitud 3546.80 m.s.n.m.					
MATERIALES NECESARIOS	Reloj cronometro, lapiz, calculadora, tablero, formato					
DATOS NECESARIOS	Q: cuadal de ingreso al reservorio en l/s t: Tiempo llenado del reservorio en horas					
VOLUMEN LLENADO RESERVORIO	Vol. = Q.ingreso * tiempo llenado					
						
Dias de llenado del reservorio						
dia 01	dia 02	dia 03	dia 04	dia 05		
24	24	24	24	20		
Dias de vaciado del reservorio						
dia 01	dia 02	dia 03	dia 04			
10	10	10	6			
	Cuadal de ingreso Qe (m3/s)	Cuadal de salida Qs (m3/s)	Tiempo de llenado t (horas)	Tiempo de vaciado t (horas)	Volumen ingreso (m3)	Volumen salida (m3)
	0.0082	0.0214	116.000	36.000	3,441.02	2,778.62

Anexo 06: Resultado aforo en la distribución

REGISTRO DE AFORO EN CAMPO					
REGION :	AYACUCHO		TIPO CANAL	CANAL DE TIERRA	
PROVINCIA:	HUAMANCA		METODO	AFORADOR PORTATIL RBC	
DISTRITO :	CHIARA			BC=100MM	
TRAMO	RESERVORIO - PARCELAS PRIMER TURNO RIEGO		REGISTRADO POR	C.F.S	
MATERIALES NECESARIOS	Aforador portatil RBC, nivel de albañil, comba, pico, pala, plastico, formato				
CALCULO DE CUADAL	lectura directa en el limnometro inclinado				
CONDICIONES PARA SU USO	<ul style="list-style-type: none"> ➤ El canal aguas arriba del RBC debe ser recto y de sección uniforme, por lo menos en una distancia de 10 veces el ancho del canal. ➤ El flujo aguas arriba de éste debe ser subcrítico y menor a 50 L/s. ➤ El aforador tiene que estar bien nivelado, tanto en sentido transversal como en sentido longitudinal. ➤ No deben existir compuertas u otras estructuras aguas abajo, a menos que estén lo suficientemente alejadas (> a 5 m). 				
LECTURA DE AFORADOR PORTATIL RBC					
Dia	Fecha	bc=150mm Cudal de ingreso Qe (l/s)	bc=100mm Cudal en parcela Q1 (l/s)	bc=100mm Cudal en parcela Q2 (l/s)	bc=100mm Cudal en parcel Q3 (l/s)
Prgresiva			0+320 km	0+616 km	1+530 km
Lunes	02/07/2018	22.490	8.026	5.68	5.48
Sabado	21/07/2018	24.000	7.090	6.509	6.926
Sabado	04/08/2018	21.020	8.026	7.090	8.390
Miercoles	15/08/2018	22.490	6.509	5.160	5.175
promedio caudales		22.500	7.413	6.110	6.493

REGISTRO DE AFORO EN CAMPO

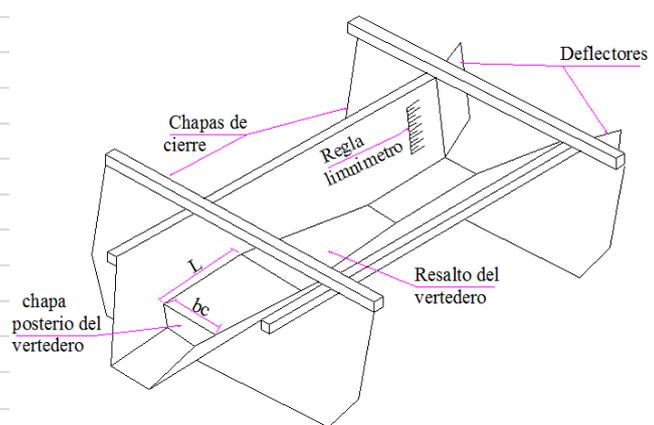
REGION :	AYACUCHO	TIPO CANAL	CANAL DE TIERRA
PROVINCIA:	HUAMANCA	METODO	AFORADOR PORTATIL RBC
DISTRITO :	CHIARA		BC=150MM
TRAMO	RESERVOIRIO - PARCELAS SEGUNDO TURNO RIEGO	REGISTRADO POR	C.F.S

MATERIALES NECESARIOS Aforador portatil RBC, nivel de albañil, comba, pico, pala, plastico, formato

CALCULO DE CUADAL lectura directa en el limnometro inclinado

CONDICIONES PARA SU USO

- El canal aguas arriba del RBC debe ser recto y de sección uniforme, por lo menos en una distancia de 10 veces el ancho del canal.
- El flujo aguas arriba de éste debe ser subcrítico y menor a 50 L/s.
- El aforador tiene que estar bien nivelado, tanto en sentido transversal como en sentido longitudinal.
- No deben existir compuertas u otras estructuras aguas abajo, a menos que estén lo suficientemente alejadas (> a 5 m).



Dia	Fecha	LECTURA DE AFORADOR PORTATIL RBC		
		bc=150mm Cudal de ingreso Qe (l/s)	bc=100mm Cudal en parcela Q4 (l/s)	bc=100mm Cudal en parcela Q5 (l/s)
Prgresiva			0+830 km	1+210 km
Miercoles	11/07/2018	24.000	8.682	8.977
Miercoles	25/07/2018	18.260	7.399	9.656
Sabado	11/08/2018	21.020	8.026	9.591
Domingo	26/08/2018	22.490	7.399	8.215
promedio caudales		21.443	7.877	9.110

Anexo 07: Panel fotográfico



Vista 01: Medición de canal de concreto de ingreso, a la tubería en bocatoma



Vista 02: Medición de la pendiente, con nivel de mano en el canal de ingreso a tubería



Vista 03: Medición de las dimensiones del desarenador para determinar el volumen



Vista 04: Medición de las dimensiones del toma lateral para determinar el volumen



Vista 05: Aforamiento en el reservorio por el método volumétrico, con un balde



Vista 06: Medición hechas para terminar en volumen de almacenamiento del reservorio



Vista 07: Aforamiento en la salida del reservorio, con aforador portátil RBC



Vista 08: Aforamiento de caudal en el ingreso a las parcelas



Vista 09: Nivelación y estacado de terreno para la prueba de avance



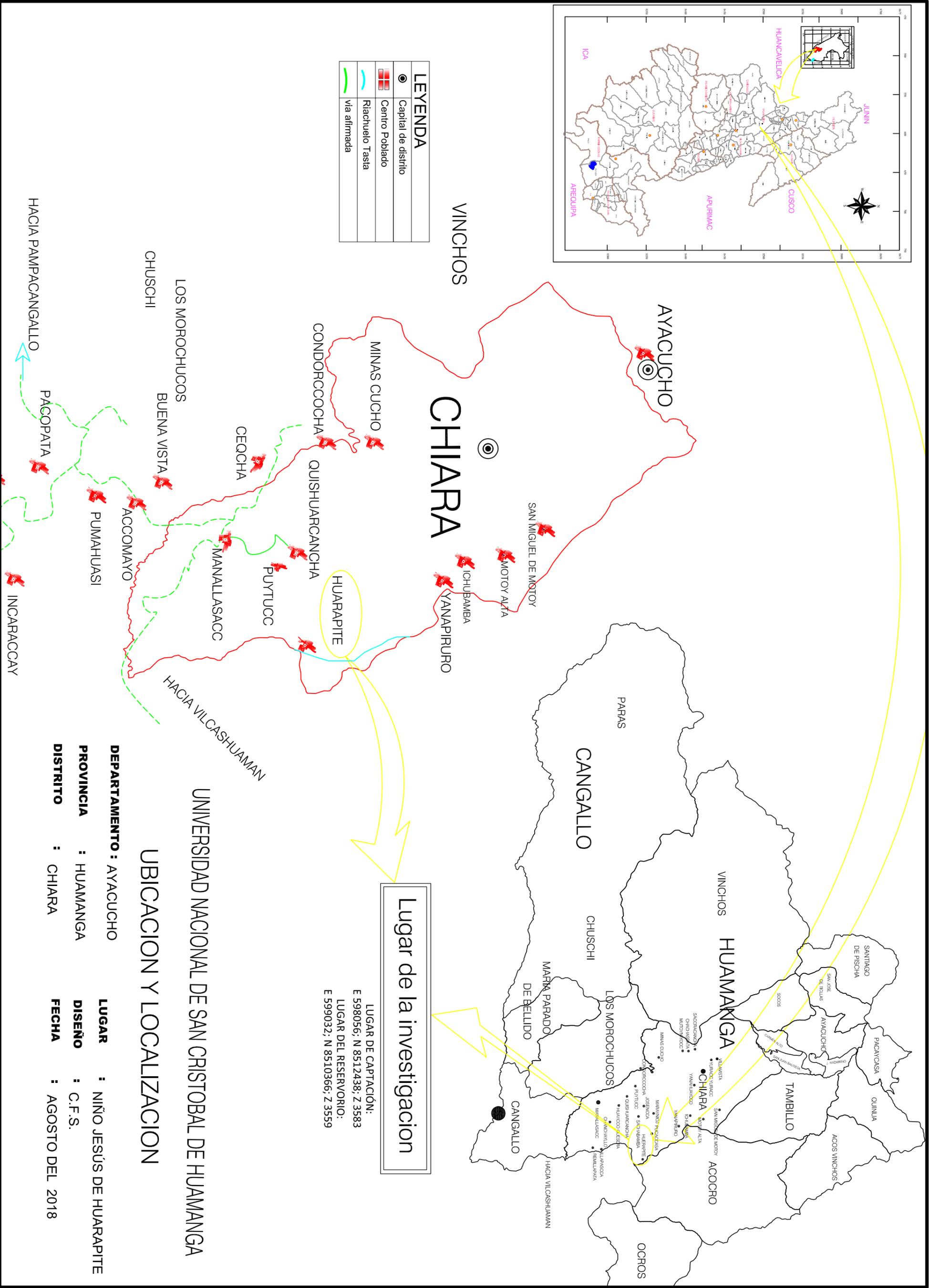
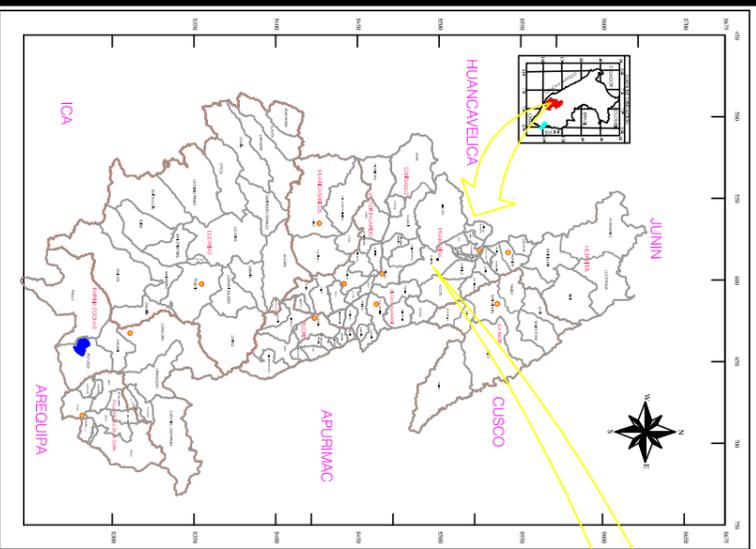
Vista 10: Realización de la prueba de avance en la parcela



Vista 11: Realización de la prueba de infiltración en campo



Vista 12: Mediciones del canal de tierra distribución



LEYENDA

	Capital de distrito
	Centro Poblado
	Riachuelo Tasta
	Via afirmada

Lugar de la investigación

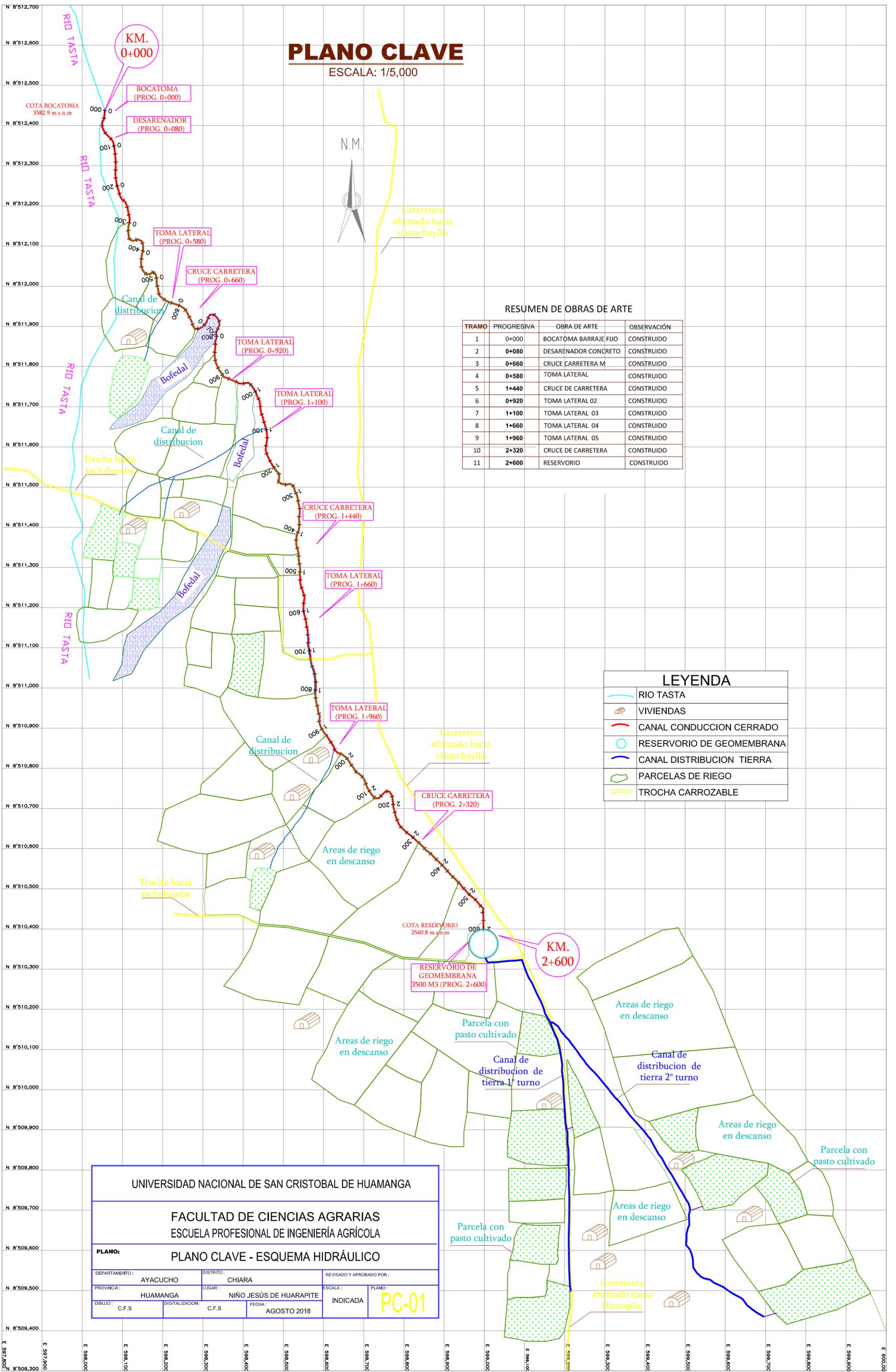
LUGAR DE CAPTACIÓN:
E 598056; N 8512438; Z 3583
LUGAR DEL RESERVORIO:
E 599032; N 8510366; Z 3559

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA
UBICACION Y LOCALIZACION**

DEPARTAMENTO : AYACUCHO **LUGAR :** NIÑO JESÚS DE HUARAPITE
PROVINCIA : HUAMANGA **DISEÑO :** C.F.S.
DISTRITO : CHIARA **FECHA :** AGOSTO DEL 2018

PLANO CLAVE

ESCALA: 1/5,000



RESUMEN DE OBRAS DE ARTE

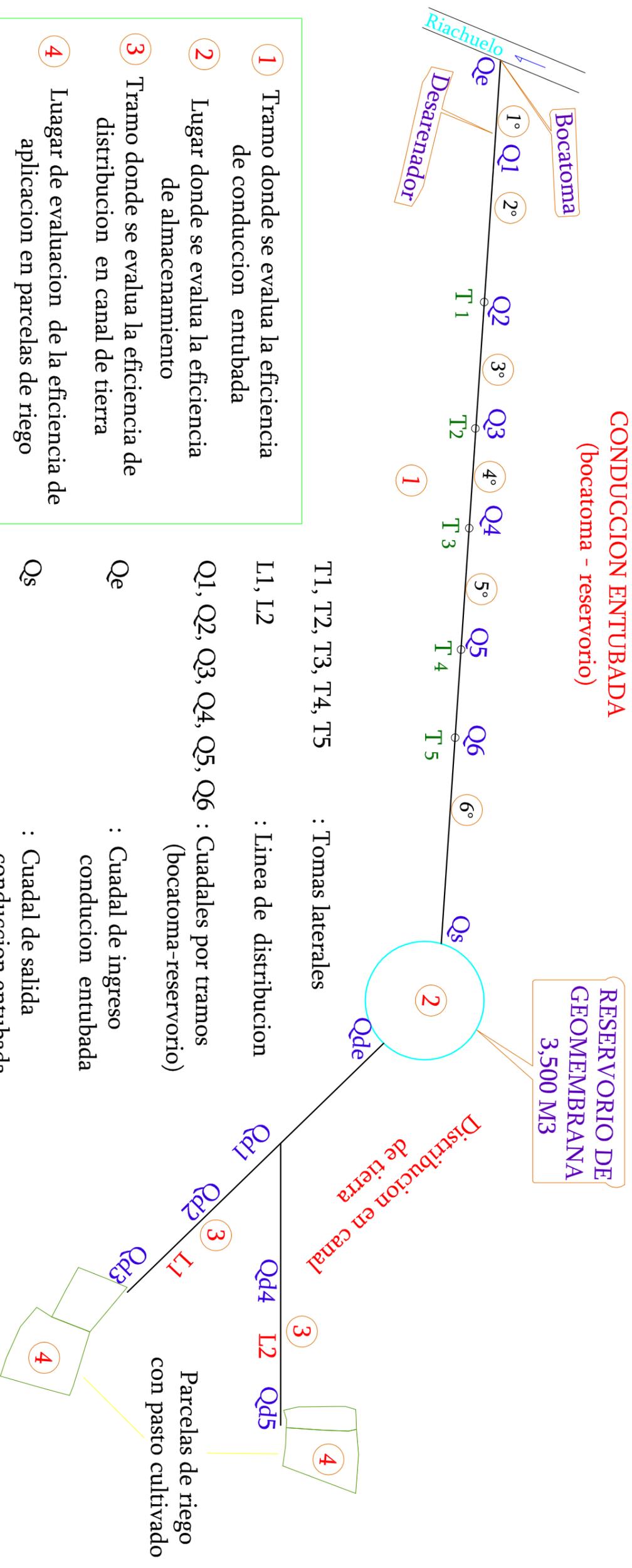
TRAMO	PROGRESIVA	OBRA DE ARTE	OBSERVACIÓN
1	0+000	BOCATOMA BARRAJE FIJO	CONSTRUIDO
2	0+080	DESARENADOR CONCRETO	CONSTRUIDO
3	0+660	CRUCE CARRETERA M	CONSTRUIDO
4	0+580	TOMA LATERAL	CONSTRUIDO
5	1+440	CRUCE DE CARRETERA	CONSTRUIDO
6	0+920	TOMA LATERAL 02	CONSTRUIDO
7	1+100	TOMA LATERAL 03	CONSTRUIDO
8	1+660	TOMA LATERAL 04	CONSTRUIDO
9	1+960	TOMA LATERAL 05	CONSTRUIDO
10	2+320	CRUCE DE CARRETERA	CONSTRUIDO
11	2+600	RESERVORIO	CONSTRUIDO

LEYENDA

	RIO TASTA
	VIVIENDAS
	CANAL CONDUCCION CERRADO
	RESERVORIO DE GEOMEMBRANA
	CANAL DISTRIBUCION TIERRA
	PARCELAS DE RIEGO
	TROCHA CARROZABLE

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA			
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA			
PLANO: PLANO CLAVE - ESQUEMA HIDRÁULICO			
DEPARTAMENTO: AYACUCHO	DISTRITO: CHIARA	REVISADO Y APROBADO POR:	
PROVINCIA: HUAMANGA	LUGAR: NIÑO JESÚS DE HUARAPITE	ESCALA: INDICADA	PLANO: PC-01
DIBUJO: C.F.S	DIGITALIZACIÓN: C.F.S	FECHA: AGOSTO 2018	

CONDUCCION ENTUBADA (bocatoma - reservorio)



- 1 Tramo donde se evalua la eficiencia de conduccion entubada
- 2 Lugar donde se evalua la eficiencia de almacenamiento
- 3 Tramo donde se evalua la eficiencia de distribucion en canal de tierra
- 4 Luagar de evaluacion de la eficiencia de aplicacion en parcelas de riego

1°, 2°, 3°, 4°, 5°, 6° : Tramos de la conduccion entubada

Qde : Caudal de salida del reservorio
 Qs : Cuadales de ingreso a las parcelas
 Q1, Qd2, Qd3, Qd4, Qd5 : Cuadales de ingreso a las parcelas

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA

ESQUEMA HIDRAULICO PARA CALCULO DE EFICIENCIA DE RIEGO

DEPARTAMENTO : Ayacucho LUGAR : Niño Jesus de Huarapite
 PROVINCIA : Huamanga FECHA : Agosto del 2018
 DISTRITO : Chiara DISEÑO : C.F.S.