



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**Determinación de la eficiencia de conducción y distribución en el
ramal “El Pueblo” del Sistema de Riego Tumbaco**

**Trabajo de titulación presentado como requisito previo a la obtención del
Título de Ingeniero Agrónomo**

AUTOR: Pupiales Farinango Ivan David

TUTOR: M.Sc. Randon Stalin Ortiz Calle

Quito, Abril 2019

DERECHOS DE AUTOR

Yo, **Ivan David Pupiales Farinango** en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación: **DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN EN EL RAMAL “EL PUEBLO” DEL SISTEMA DE RIEGO TUMBACO**, modalidad Proyecto de Investigación, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, concedo a favor de la Universidad Central del Ecuador una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservo a mi favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo a la Universidad Central del Ecuador para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de titulación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El autor declara que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Ivan David Pupiales Farinango
C.C. 1724268097
ivanpupiales1993@gmail.com

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación, presentado por **IVAN DAVID PUIPALES FARINANGO**, para optar por el Grado de Ingeniero Agrónomo; cuyo título es: **Determinación de la eficiencia de conducción y distribución en el ramal “El Pueblo” del Sistema de Riego Tumbaco**, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del tribunal examinador que se designe.

En la ciudad de Quito, a los 16 días del mes de abril de 2019.

M.Sc. Randon Stalin Ortiz Calle
DOCENTE-TUTOR
C.C. 1102697396

**DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN EN
EL RAMAL “EL PUEBLO” DEL SISTEMA DE RIEGO TUMBACO**

APROBADO POR:

Ing. Agr. Randon Ortiz, M.Sc.
TUTOR

Ing. Agr. Juan Borja, M.Sc.
TRIBUNAL LECTOR-EVALUADOR

Ing. Jaime Pazmiño, M.Sc.
TRIBUNAL LECTOR-EVALUADOR

DEDICATORIA

A:

Dios, por ser el guía de mi camino, darme la fuerza y sabiduría para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados sin desfallecer, siempre bendiciéndome, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y alma, por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte, apoyo y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mi querida y hermosa madre, señora María Lucia Farinango, por tu amor, paciencia, apoyo, trabajo, confianza y compañía, por tu sacrificio en todos estos años, gracias a ti, soy lo que soy, estoy muy orgulloso de ser tu hijo, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios siempre está conmigo, eres la mejor madre del mundo, siempre serás mi fortaleza madrecita bella.

Dedico este trabajo a la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Central del Ecuador y a todos los docentes por ayudarme en mi formación académica.

Ivan

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme la vida, bendecirme en cada paso que doy, guiarme por el buen camino, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de adversidad.

Expreso mi amor y gratitud por mi bella madrecita, mi motor, mi inspiración, ha depositado su confianza en mí, por creer en mis expectativas y sueños, por sus sabios consejos, valores y principios que ha inculcado en mí, su generosidad, paciencia, cariño, gracias a ella he llegado a culminar un peldaño más de mi vida, sé que siempre estará presente en las buenas y en las malas y por eso es mi vida, por quien lucho y me esfuerzo cada día más y ser el mejor.

A mi querida Facultad de Ciencias Agrícolas de la UCE por ser la sede de todo el conocimiento adquirido en estos años y sus docentes, por haber compartido sus conocimientos con mucho esfuerzo, de manera especial a mi tutor de tesis Ing. Randon Ortiz, quien me ha guiado con su paciencia, experiencia y conocimiento, a lo largo de mi carrera universitaria, por haberme brindado el apoyo para desarrollarme profesionalmente.

Ivan

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO	PÁGINAS
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	2
2.1. Historia del riego en el Ecuador	2
2.2. Marco legal	2
2.3. El Sistema de Riego.....	3
2.3.1. Elementos de un Sistema de Riego.....	3
2.3.2. Infraestructura de obras civiles de un canal de riego.....	4
2.3.3. Métodos de distribución del agua a los usuarios	5
2.4. Sistema de Riego Tumbaco	5
2.4.1. Historia del Sistema de Riego Tumbaco	6
2.4.2. Junta General de Usuarios del Sistema de Riego Tumbaco	6
2.4.3. Estatuto y reglamento de operación y mantenimiento de la JRT	7
2.4.4. Ramal “El Pueblo”.....	7
2.4.5. Infraestructura de riego del ramal “El Pueblo”	7
2.4.6. Áreas regables en el ramal “El Pueblo”.....	9
2.4.7. Métodos de riego en el ramal	9
2.5. Balance hídrico	10
2.5.1. Necesidad hídrica diaria de los cultivos	10
2.5.1.1. Evapotranspiración	10
2.5.1.1.1. Evapotranspiración de referencia	11
2.5.1.1.2. Evapotranspiración real	11
2.5.1.2. Coeficiente del cultivo.....	12
2.5.2. Precipitación	13
2.5.2.1. Precipitación efectiva	13
2.5.3. Métodos de riego	13
2.6. Agronomía del riego.....	14
2.6.1. Frecuencia de riego.....	14
2.6.2. Volumen diario de aplicación de agua	15
2.6.3. Volumen de aplicación de agua a nivel de parcela.....	15
2.6.4. Tiempo de aplicación del riego	15
2.7. Hidrometría.....	15
2.7.1. Secciones de control de aforo.....	15
2.7.2. Métodos de aforo.....	15

CAPÍTULO	PÁGINAS
2.7.2.1.	Método volumétrico 16
2.7.2.2.	Medidor Parshall..... 16
2.7.2.3.	Método de vertederos y orificios 16
2.7.2.4.	Método de sección-velocidad 17
2.8.	Eficiencia de un sistema de riego 17
2.8.1.	Eficiencia de conducción..... 17
2.8.2.	Eficiencia de distribución 18
2.8.3.	Pérdidas de agua en los canales de riego 18
2.9.	Entrega justa o equitativa del agua 18
3.	MATERIALES Y MÉTODOS 19
3.1.	Ubicación..... 19
3.1.1.	Coordenadas geográficas del ramal “El Pueblo” 19
3.1.2.	Límites políticos del ramal “El Pueblo” 19
3.1.3.	Características agroclimáticas 20
3.2.	Materiales 20
3.3.	Metodología..... 20
3.3.1.	Levantamiento de la información 22
3.3.2.	Eficiencia de conducción..... 23
3.3.2.1.	Secciones 23
3.3.2.2.	Óvalo 10 24
3.3.3.	Eficiencia de distribución 27
3.3.4.	Sobre o subirrigación..... 27
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN 30
4.1.	Eficiencia de conducción en las tres secciones del canal principal 30
4.2.	Eficiencia de conducción del canal secundario del óvalo 10 31
4.3.	Eficiencia de distribución del agua de riego en el óvalo 34
4.4.	Eficiencia de transporte 34
4.5.	Determinación de sobre o subirrigación en los usuarios del óvalo 34
5.	CONCLUSIONES 37
6.	RECOMENDACIONES 38
7.	RESUMEN 39
	SUMMARY 41
8.	REFERENCIAS 43
9.	ANEXOS 47

LISTA DE TABLAS

TABLAS

PÁG.

1.	Longitud de la red de riego por infraestructura del canal secundario y terciario... 8
2.	Uso agrícola del suelo en el ramal “El Pueblo”. 9
3.	Métodos de riego utilizados por los usuarios del ramal “El Pueblo”. 10
4.	Características agroclimáticas de la zona de estudio..... 20
5.	Coordenadas geográficas de puntos de aforo en el canal del ramal “El Pueblo” .. 24
6.	Interpretación de la eficiencia de conducción del agua de riego..... 27
7.	Código y tiempo de riego cada 7 días de los usuarios del óvalo 10..... 27
8.	Caracterización física de las secciones..... 30
9.	Eficiencia de conducción en las tres secciones 30
10.	Eficiencia de conducción de los usuarios del óvalo 32
11.	Volumen de agua entregado (VE) a los usuarios 34
12.	Tiempo de riego máximo requerido por cada usuario..... 35

LISTA DE FIGURAS

FIGURAS	PÁG.
1. Ramal “El Pueblo”, Tumbaco.	8
2. Ubicación política del ramal “El Pueblo” del SRT	19
3. Esquema metodológico	21
4. Ubicación del ramal “El Pueblo” dentro del SRT	22
5. Ubicación de las secciones en el ramal principal	23
6. Ubicación del óvalo 10 del ramal.....	25
7. Componentes del Óvalo 10	25
8. Diagrama unifilar del óvalo 10.....	26
9. Metodología para la determinación del tiempo de riego de cada usuario	28
10. Caudales medidos en las secciones del canal principal.....	31
11. Eficiencia de conducción en el óvalo 10	33
12. Infraestructura hidráulica en el óvalo 10	33

LISTA DE ANEXOS

ANEXO	PÁG.
1. Medidor Parshall de 9"	47
2. Problemas encontrados en el canal principal del ramal “El Pueblo”.	47
3. Formato de la ficha para el levantamiento de información para la determinación de la eficiencia de conducción	50
4. Respaldos fotográficos de aforo en las secciones del canal principal del ramal. ..	52
5. Padrón de usuarios del óvalo 10 del ramal “El Pueblo” proporcionada por la J.G.U.SIR.TUM.....	53
6. Formato de la ficha para el levantamiento de información para la determinación de la eficiencia de conducción, distribución, sobre y subirrigación del óvalo.....	57
7. Respaldos fotográficos de las mediciones de áreas, tipos de cultivos de los usuarios del óvalo 10.	59
8. Caudales de ingreso y tiempos de riego de cada uno de los usuarios.	63
9. Eficiencia de conducción de los usuarios del óvalo.	70
10. Eficiencia de distribución de los usuarios del óvalo.	71
11. Uso del suelo de los usuarios del óvalo.....	72
12. Áreas y tipos de cultivos identificados en cada uno de los predios de los usuarios del óvalo	73

ABREVIATURAS

Instituciones/Organizaciones		
<u>Sigla</u>	<u>Descripción</u>	
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe	
COOTAD	Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización	
CORSINOR	Corporación Regional de la Sierra Norte	
CNRH	Consejo Nacional de Recursos Hídricos	
CRD	Corporaciones Regionales de Desarrollo	
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura	
GAD's	Gobiernos Autónomos Descentralizados	
INAR	Instituto Nacional de Riego	
INERHI	Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos	
J.G.U.SI.R.TUM	Junta General de Usuarios del Sistema de Riego Tumbaco	
JRT	Junta de Riego Tumbaco	
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería	
SENAGUA	Secretaría Nacional de Agua	
SINIA	Sistema Nacional de Información Ambiental	
SRT	Sistema de Riego Tumbaco	
Variables		
<u>Sigla</u>	<u>Descripción</u>	<u>Unidad de medida</u>
A	Área	m ²
Fr	Frecuencia de Riego	Días
Ha	Hectárea	10 000 m ²
Q	Caudal	m ³ h ⁻¹
Kc	Coeficiente del cultivo	-
Kp	Coeficiente del tanque evaporímetro	-
L	Longitud	m
TRA	Tiempo de riego asignado	Horas
TRC	Tiempo de riego calculado	
V	Volumen	m ³
CC	Capacidad de campo	%
Efa	Eficiencia de aplicación	
Efc	Eficiencia de conducción	
Efd	Eficiencia de distribución	
Eft	Eficiencia de transporte	
MP	Punto de marchitamiento	
P	Agotamiento máximo de agua en el suelo	mm
DH	Aporte de humedad de precipitaciones anteriores	
Eo	Evaporación promedio mensual	
Eto	Evapotranspiración de referencia	
Etr	Evapotranspiración real mensual del cultivo	
LN	Lámina neta	
LT	Lamina total	
NHD-C	Necesidad hídrica diaria del cultivo	
NHM	Necesidad hídrica mensual	
NHDp	Necesidad hídrica diaria ponderada	
Pe	Precipitación efectiva	
Pr	Profundidad radicular efectiva del cultivo	

TÍTULO: Determinación de la eficiencia de conducción y distribución en el ramal El Pueblo del Sistema de Riego Tumbaco

Autor: Ivan David Pupiales Farinango

Tutor: Randon Stalin Ortiz Calle

RESUMEN

La distribución equitativa y justa del agua de riego influye en el crecimiento y desarrollo de los cultivos. En el estudio, se determinó la eficiencia de conducción en tres tramos del ramal El Pueblo del Sistema de Riego Tumbaco, la eficiencia de distribución en el óvalo 10 y la presencia de sobre o sub irrigación en el óvalo. La medición de caudales se realizó por el método Parshall y el tiempo de riego se determinó a través de los requerimientos hídricos de los cultivos. Resultados: existe una eficiencia de conducción aceptable en las tres secciones del canal; la eficiencia de distribución en el óvalo fue del 53.07 % y subirrigación se presentó en el 60 % de los usuarios. Conclusiones: existe una alta eficiencia en la conducción del agua en el canal secundario y la eficiencia de distribución en el óvalo se encuentra afectada por los tiempos de riego asignados por la junta de regantes y por la operación de la infraestructura de riego.

PALABRAS CLAVE: EFICIENCIA / REQUERIMIENTO HÍDRICO / TIEMPO DE RIEGO / SOBREIRRIGACIÓN / SUBIRRIGACIÓN

TITLE: Determination of the conveyance and distribution efficiency in the El Pueblo branch canal of the Tumbaco Irrigation System

Author: Ivan David Pupiales Farinango

Tutor: Randon Stalin Ortiz Calle

ABSTRACT

Equitable and reliable distribution of irrigation water influences the growth and development of the crops. In the study, the conveyance efficiency was determined in three sections of the El Pueblo branch canal of the Tumbaco Irrigation System, the distribution efficiency was determined in the tertiary unit No. 10 as well as the presence of over or under irrigation. The water flow was measured through the Parshall flume and the irrigation time was determined based on the crop water requirements. Results: there was an acceptable conveyance efficiency in the three sections of the branch canal; the distribution efficiency in the tertiary unit was about 53.07% and existed under irrigation in almost 60% of the users. Conclusions: there was a good conveyance efficiency in the transport of water in the branch canal and the distribution efficiency in the tertiary unit was affected by the irrigation time assigned by the water user association and by the operation of the irrigation infrastructure.

KEYWORDS: EFFICIENCY / WATER REQUIREMENT / IRRIGATION TIME / OVERIRRIGATION / UNDERIRRIGATION

CERTIFICACIÓN

En calidad de tutor del trabajo de graduación cuyo título es: “**DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN EN EL RAMAL “EL PUEBLO” DEL SISTEMA DE RIEGO TUMBACO**” presentado por el Sr. **IVAN DAVID PUPIALES FARINANGO**, previo a la obtención del Título de Ingeniero Agrónomo, certifico haber revisado y corregido el ABSTRACT para el Trabajo de grado, aprobado el mismo, después de realizadas las observaciones por los miembros del tribunal, por lo que apruebo el mismo, para el empastado final.

TUTOR DE TESIS

1. INTRODUCCIÓN

El agua de riego es un componente esencial para el crecimiento y desarrollo agrícola de una nación, sin embargo la escasez del recurso hídrico, actualmente está siendo una limitante para el desarrollo agrícola, no solamente en nuestro país sino también en muchas áreas a nivel mundial, la principal causa es la competencia creciente por el agua, además del aumento de la demanda del recurso hídrico para distintos usos, todo esto ha dado lugar a un incremento en su costo y limitando la disponibilidad de dicho recurso para su uso en la agricultura (Pereira, 2010).

La principal importancia del agua de riego en la agricultura está orientada en mejorar la productividad y rentabilidad de la producción, de esta manera la soberanía alimentaria es plenamente garantizada. En Ecuador, alrededor del 80 % del recurso hídrico es destinado para ser usado en la agricultura, estimándose una superficie 8 millones de hectáreas cultivables (CEPAL, 2012), tan solamente el 12 % tienen la posibilidad de acceder a un sistema de riego construido por el estado (Foro de Recursos Hídricos, 2008).

El uso eficiente del agua de riego en el campo es uno de los principales factores que pueden garantizar una buena producción alimentaria y el trabajo de las familias vinculadas con el sector agrícola (Álvarez, 2011). Sin embargo, la utilización de forma eficiente del agua de riego por parte de los productores requiere de una concientización previa en su uso, el intercambio de conocimientos con los extensionistas, ingenieros y científicos (Pereira, 2010).

El Ecuador cuenta con 31 sistemas hidrográficos y con un área potencial de riego de 3.1 millones de ha, pero existen problemas tanto en su distribución como en su gestión, debido a que la mayor parte del agua de riego está en manos de propiedades dedicadas a la producción agrícola industrial y/o en grandes haciendas, como resultado de un manejo ineficiente de la parte administrativa, esto ha generado problemas en la distribución equitativa tanto en el consenso de caudales como en el número de usuarios, pues la distribución del agua de riego ha estado obligado a seguir procesos políticos y no técnicos como se debería (Gornes, 2010).

Para aprovechar, captar y transportar el agua de riego por parte de una población y/o comunidad, desde las fuentes abastecedoras hacia las zonas agropecuarias se han diseñado e implementado Sistemas de riego. Existen tres grandes grupos de sistemas: sistema público, comunitario y privado (Tamayo, 2012).

La administración deficiente y uso irracional del agua de riego por parte de los usuarios son los principales problemas que en la actualidad afectan a las comunidades y sector productivo; de la misma manera, la mala distribución y uso del recurso hídrico, no estableciendo un volumen de agua de acuerdo a una necesidad hídrica de cultivos de cada uno los usuarios (Colimbo, 2000).

A pesar de que el país cuenta con una legislación sobre el manejo del recurso hídrico, existen grandes conflictos sociales debido a la mala distribución del agua de riego a los usuarios, surgiendo la necesidad de la medición de los caudales en lugares estratégicos, en los cuales se estime la cantidad de agua que circula en los distintos puntos del canal principal, y cómo se distribuye a cada uno de los usuarios, para de esta manera construir una base de datos que ayude a tomar decisiones sobre el manejo integral del agua.

En este estudio específicamente se propuso determinar la eficiencia de conducción del canal principal del ramal "El Pueblo" del Sistema de Riego Tumbaco en tres secciones, determinar la eficiencia de conducción del canal secundario que transporta el agua de riego a los usuarios pertenecientes al óvalo 10, determinar la eficiencia de distribución del agua de riego de dicho óvalo, y finalmente mediante cálculo del tiempo de riego requerido por cada uno de los usuario analizar si existe sobre o sub irrigación durante el riego en sus parcelas.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Historia del riego en el Ecuador

En 1954 se creó la Caja Nacional de Riego, institución encargada de construir, diseñar y operar los sistemas de riego en el Ecuador, más adelante, después de alrededor de una década, esta institución se combina con la Dirección de Recursos Hídricos del MAG, para crear el Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos (INERHI), conformando el primer organismo técnico encargado de las políticas, planificación de proyectos, construcción de obras, operación de sistemas, cobro de tarifas, etc.

En los años 90, el INERHI es reemplazado por el Consejo Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), encargado de formular y determinar las políticas de los recursos hídricos en el país, junto a sus Corporaciones Regionales de Desarrollo (CRD). En el año 2007, el marco institucional nuevamente sufre un cambio y se crea el Instituto Nacional de Riego (INAR), como ente ejecutara del uso del agua para riego y drenaje, al mismo tiempo se crea la Secretaría Nacional de Agua (SENAGUA), entidad encargada de la gestión integral de los recursos hídricos a nivel nacional, adscrita a la Presidencia de la República. A su vez se transfirieron las competencias del INAR al MAG creándose dentro de la estructura orgánica la Subsecretaría de Riego y Drenaje (Tamayo, 2012). En la actualidad, la institucionalidad pública relacionada con el riego tiene como actores principales a los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD's) (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

2.2. Marco legal

El marco legal del riego se refiere a todas las normas creadas por el Estado ecuatoriano para regular y orientar la administración del riego. A continuación se presentan las normas legales establecidas las siguientes entidades públicas.

a) Constitución del Ecuador (2008)

La Constitución del Ecuador se manifiesta en la importancia del agua y prioriza su uso dentro del ámbito agrícola.

- **Art 3.** El estado garantizará sin discriminación el derecho al agua a sus habitantes.
- **Art 12.** El derecho al agua, ya que el agua es un patrimonio nacional y de uso público.
- **Art 74.** El derecho y acceso libre de recurso agua para las comunidades y los pueblos.
- **Art 83.** Respeto y uso del agua de forma racional, sustentable y sostenible.
- **Art 263. Número 3.** Los Gobiernos Provinciales junto con los Gobiernos Regionales deberán encargarse de las obras de cuencas y micro-cuencas.
- **Art 263. Número 5.** Los Gobiernos Provinciales tendrán la competencia exclusiva de planificar, construir, operar y mantener los sistemas de riego.
- **Art 281. Número 4.** El Estado promoverá políticas redistributivas que permitan el acceso del campesino al agua.
- **Art 282.** El Estado prohibirá el acaparamiento o privatización del agua y sus fuentes.

b) COOTAD (Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización)

El COOTAD Incluye las funciones de los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD's) para el agua de riego.

- **Art 42.** Los Gobiernos Provinciales son los encargados de planificar, construir, operar y mantener los sistemas de riego.
- **Art 133.** La elaboración y ejecución de planes de riego locales utilizando las políticas de desarrollo rural territorial es responsabilidad de los GAD's, además se establece que los planes de riego se deberán cumplir de acuerdo a las políticas, disponibilidad hídrica y regularización técnica.

- **Art 146.** Los GAD's parroquiales rurales promoverán la organización de recintos, comunidades y demás asentamientos rurales estableciendo niveles de coordinación con las juntas administradoras de agua potable y riego.

c) **Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua**

Garantiza el derecho humano al agua así como regular y controlar la autorización, gestión, preservación, conservación, restauración, de los recursos hídricos, uso y aprovechamiento del agua, la gestión integral y su recuperación, en sus distintas fases, formas y estados físicos, a fin de garantizar el buen vivir y los derechos de la naturaleza (Asamblea Nacional del Ecuador, 2014).

- **Art 4.** Protección y conservación del agua: Se prohíbe la privatización del agua garantizando el derecho al agua, la gestión pública y comunitaria.
- **Art 12.** Protección, recuperación y conservación de fuentes: Se establece que las juntas de riego son responsables de la protección, recuperación y conservación de las fuentes de agua y del manejo de páramos.
- **Art 14.** Cambio de uso de suelo: El estado regulará las actividades que puedan afectar la cantidad y calidad del agua para el riego.
- **Art 18.** Competencias y atribuciones de la autoridad única del agua: Las competencias se otorgan a personería jurídica y las juntas administradoras de agua potable, de Riego y drenaje.
- **Art 31.** Trasvases: La construcción de trasvases es permitido siempre y cuando no atente el abastecimiento de agua para riego.
- **Art 32.** Gestión pública o comunitaria del agua: La gestión pública será manejada por el Estado en cuanto a organización, políticas y sanciones, al contrario la gestión comunitaria será manejada por las comunas, pueblos y juntas de agua de riego, ellos serán los encargados de operar, administrar, proteger y mantener la infraestructura del canal de riego.
- **Art 39.** Servicio público de riego y drenaje: Estos servicios se aplicarán al riego parcelario, riego público y de drenaje.
- **Art 40.** Principios y objetivos para la gestión del riego y drenaje: La gestión del riego y drenaje se regirán por los principios de redistribución, participación, equidad y solidaridad, con responsabilidad ambiental.

2.3. El Sistema de Riego

El sistema de riego es el conjunto de obras o infraestructura civiles que permite captar, transportar el agua de riego desde la fuente de captación o abastecimiento del recurso hídrico sea este un río, lago, laguna, arroyo etc. hasta los usuarios para poder cubrir las necesidades hídricas de las parcelas agrícolas (Apollin & Eberhart, 1998). Adicionalmente, forman parte de un sistema de riego todos los acuerdos, normas que regulan la distribución, infraestructura de canales, operación y mantenimiento del mismo y la organización social que se encarga de realizar toda la gestión necesaria para el funcionamiento del sistema (Heredia et al., 2009).

2.3.1. Elementos de un Sistema de Riego

Según Apollin & Eberhart (1998), los diferentes elementos que constituyen un sistema de riego de un pueblo y comunidad, permiten realizar un autoanálisis y diagnóstico, con el objetivo de establecer adecuadas estrategias y actividades de apoyo a las Juntas de Regantes y Usuarios, estos mismos autores clasifican a los elementos de un Sistema de Riego de la siguiente manera:

a) El sistema normativo y los derechos del agua

Constituye al conjunto de reglas, normas y derechos establecidas y aceptadas en un consenso por la sociedad local. También se refiere a las reglas de: Operación de la fuente, Distribución de las aguas entre distintos sectores y usuarios, Mantenimiento de la red, Resolución de conflictos sociales y Gestión económica del sistema (Apollin & Eberhart, 1998).

b) La geografía de la red de riego

El conocimiento del tipo de infraestructura de riego permite evaluar su eficiencia técnica respecto a conducción, transporte y distribución del agua del canal de riego hacia los diferentes usuarios, de la misma manera se pueden identificar problemas en cuanto a las infraestructuras de obras civiles y de esta manera poder tomar decisiones para su mejora (Apollin & Eberhart, 1998).

c) Los sistemas de producción y las estrategias familiares de producción

El estudio de los sistemas de producción de las diferentes fincas campesinas, permiten entender su funcionamiento dentro del ciclo productivo y dependen de múltiples factores en su proceso productivo como es: acceso a la tierra, al capital, mano de obra familiar, características del medio agroecológico y socioeconómico (Apollin & Eberhart, 1998).

d) La organización de regantes

La organización de regantes está centrada al análisis y diagnóstico de las normas, reglas y modalidades de funcionamiento interno de la organización, las reglas existentes y funciones que cada integrante de la organización tiene para operar o dar mantenimiento al sistema. En cuanto a la organización de regantes se debe analizar criterios como la representatividad, operacionalidad y normatividad (Apollin & Eberhart, 1998).

2.3.2. Infraestructura de obras civiles de un canal de riego

Según Arteaga & Fierro (2015), los elementos principales de obra civil de un canal de riego son los siguientes:

- a) **Azud:** Estructura elevada que permite la derivación de los excedentes de caudal por un arroyo, quebrada o río.
- b) **Bocatoma:** Estructura que permite la captación del agua de riego desde la fuente principal hacia un canal de distribución de los diferentes usuarios.
- c) **Compuertas:** Estructura en plancha resistente de madera o hierro, que puede deslizarse a través de canales o correderas que se encuentran en sus extremos, son colocados en canales, diques, quebradas, etc., para regular o cortar el flujo de caudal, con accionamiento mecánico, automático o no.
- d) **Desarenadores:** Estructura cuya finalidad es retener las partículas de arena de un tamaño superior a 200 micras y objetos más pesados que el agua, para evitar grandes acumulaciones de sedimentos y taponamientos en las derivaciones hacia los usuarios y puedan causar una baja conducción de caudal.
- e) **Desripador:** Estructura localizada luego de la bocatoma de la fuente de abastecimiento de agua que permite la retención de partículas y objetos grandes del agua que pueden ingresar al canal del sistema de riego.
- f) **Repartidores:** Son estructuras con compuertas que permiten la distribución del agua del canal principal o secundario hacia otros canales del sistema de riego.
- g) **Sifones:** Tubería en forma de U, utilizada cuando la trayectoria de un canal se presenta una depresión en el terreno natural y no se puede utilizar un puente como para superar esa depresión.
- h) **Túneles:** Es utilizada para atravesar obstáculos que se pueden encontrar durante el trayecto del sistema de riego como por ejemplo una montaña, evitándose así rodeando la misma, un túnel es prácticamente un canal, tubería o conducto cerrado, parcialmente lleno.
- i) **Acometida:** Estructura que permite la circulación del agua de riego ya sea desde el canal principal, secundario o terciario hacia el usuario o parcelas de riego del usuario.

2.3.3. Métodos de distribución del agua a los usuarios

Según Palacios (1996), los métodos de distribución del agua de riego hacia los usuarios del sistema de riego se clasifican en función de la disponibilidad del agua y del diseño hidráulico de los canales, y son los siguientes:

- Continua
 - Demanda
 - A pedido
 - Por turnos
- a) **Continua:** Consiste en entregar un caudal fijo y de forma continua durante todo el ciclo de operación, es usado comúnmente para fincas de gran extensión e industrial (Palacios, 1996).
- b) **Demanda:** consiste en proporcionar el servicio de riego al usuario mediante tuberías permanentemente presurizadas y automatizadas, conforme al requerimiento inmediato del productor, sin mediar solicitud previa. Para esto, cada parcela dispone de una toma con medidor volumétrico, con un sistema de contabilidad de agua individualizado, donde el usuario obtiene agua para riego con una presión suficiente para regar por aspersión la parte más alta de su lote (Palacios, 1996).
- c) **A pedido:** En este método se programar la extracción de agua de la fuente de abastecimiento, de acuerdo con los pedidos de los usuarios en un periodo determinado, normalmente una semana, o bien, varias veces por semana (Palacios, 1996).
- d) **Por turnos:** El agua se entrega al usuario con cierta periodicidad normalmente 7 días y un tiempo de riego cada ese periodo, y de acuerdo con un orden de riegos que se elabora para toda el área a regar, los usuarios tienen que ajustarse a dar el riego en las fechas que la Junta lo asigne (Palacios, 1996).

La asignación de un caudal de riego por turnos, es muy eficiente desde el punto de vista operativo y socialmente justo, dando la misma oportunidad a todos los agricultores y/o usuarios. Técnicamente es el más recomendable, porque permite obtener una mayor eficiencia en el uso del agua, al efectuar la distribución en canales y predios, en forma ordenada y secuencial, según la ubicación de riego (Palacios, 1996).

Según Palacios (1996), para facilitar la aplicación de esta práctica de turnos, se debe cumplir tres condiciones:

- La distribución de agua debe ser ordenada de acuerdo con los planes de distribución.
- Contar con estructuras de medición y control.
- Contar con un sistema de información: Junta – Canal de Riego – Usuario, para que éstos conozcan con la debida anticipación, sus turnos de riego.

La duración de cada turno es muy efectivo cuando se calcula en función del área, tipo y edad del cultivo a regar, el tiempo de riego por usuario puede ser en minutos, horas o días (Palacios, 1996).

2.4. Sistema de Riego Tumbaco

El Sistema de Riego de Tumbaco es el conjunto de elementos hidráulicos y canales cuyo objetivo es el de abastecer agua de riego para cubrir las necesidades hídricas de los cultivos de los usuarios de dichas parroquia, la principal fuente de abastecimiento de caudal hacia el sistema es el río Pita, de este río se deriva $1.5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, el río Guangal es quien abastece de $0.5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, el canal principal desde la fuente de abastecimiento hasta la división de sus ramales tiene una extensión aproximadamente de 20 Km, El Sistema de Riego Tumbaco se divide en 7 ramales como son: Alangasí – La Merced, Ilaló, San Blas, El Pueblo, Churroloma, Chichipata y La Viña (Junta General de Riego Tumbaco, 2015).

Los procesos de urbanización y los excesivos procesos de parcelación de predios el Sistema de Riego de Tumbaco ha evidenciado cambios muy significativos, han generado obstaculizaciones en varios tramos del canal principal y secundarios de los ramales del sistema de riego causando varias limitaciones y problemas en el crecimiento y desarrollo agrícola, haciéndolas no rentables (Junta General de Riego Tumbaco, 2015).

Según Lizano (2005), la estructura agraria de este territorio está compuesto de la siguiente forma: más del 83% del total son superficies menores de 5.0 ha; el resto está distribuido en fincas de hasta 10.0 ha un 13% y fincas mayores a 10.0 ha un 4% y el 43% de usuarios tienen superficies de hasta 0.25 ha.

2.4.1. Historia del Sistema de Riego Tumbaco

Su construcción se inició apenas se creó la Caja Nacional de Riego en el año 1944, durante muchos años fue administrado por el Estado ecuatoriano, el cual invirtió en la construcción de bocatomas, canales de conducción y reservorios, concluyendo su construcción del canal principal en 1947, aunque todavía sin revestimiento (Carrera, 1972). En el año 2001 se transfiere esta responsabilidad del estado a la J.G.U.SI.R.TUM, la gestión, administración y mantenimiento de aproximadamente de 45 km de infraestructura y 3 224 usuarios, está llevada a cargo por la organización de regantes (CORSINOR, 2001).

En el Art. 263 de la Constitución del Ecuador aprobada en el 2008, sostiene el proceso de transferencia realizado hacia la Junta General de Usuarios, mencionando que la competencia para construir, planificar, mantener y operar los sistemas de riego son potestad de los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GADs) provinciales, y para tener un sistema de riego sostenible se crearon modelos de gestión, los cuales transfieren a usuarios y público comunitario la facultad de rectoría local, regulación, planificación, control y gestión del Sistema de Riego.

2.4.2. Junta General de Usuarios del Sistema de Riego Tumbaco

Las organizaciones de regantes son los agentes de transformación, que permiten definir de forma colectiva las modalidades de acceso, creación y conservación de los derechos del agua, quienes establecen relaciones de participación con Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD's), organizaciones comunitarias y de usuarios (Apollin, 2012).

El Sistema de Riego Tumbaco está administrado por la J.G.U.SI.R.TUM, una organización sin fines de lucro, cuyo objetivo es la de lograr la participación activa y permanente de sus integrantes en la operación y mantenimiento de la infraestructura de riego y drenaje en el desarrollo, conservación, preservación y uso eficiente del recurso agua, en concordancia con las disposiciones emanadas de la Autoridad Local de Aguas, de acuerdo con la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Uso y Aprovechamiento de Agua, sus reglamentos y demás disposiciones jurídicas vigentes (SINIA, 2010).

La organización de la J.G.U.SIR.TUM inició bajo el régimen de estatus y reglamentos aprobados por CORSINOR, y el Ministerio de Agricultura y Ganadería. Mediante Resolución No. CORSINOR CSN-DJ-2001-06 emitida el 25 de Abril del 2004 se otorgó la personería jurídica a la Junta General de usuarios del sistema de Riego Tumbaco (J.G.U.SIR.TUM) (CORSINOR, 2001).

Las directivas de la J.G.U.SIR.TUM son elegidas democráticamente, de acuerdo con los estatutos y reglamentos aprobados por CORSINOR y el MAG (CORSINOR, 2001). Además, debe ejercer la gestión social de riego y su adecuado mantenimiento, en este caso por ser un sistema público transferido a los usuarios, participan en la formulación de la política pública y ejercen control social (Tamayo, 2012).

La J.G.U.SIR.TUM, actualmente tiene problemas en el manejo de la información de los usuarios, especialmente con el padrón de usuarios, uso de suelo, área regables, aplicación del agua y la ineficiencia de la infraestructura del canal de riego, provocando un mal uso del recurso hídrico,

inequidad de acceso de agua entre los usuarios, conflictos, una inadecuada administración de planillas de cobro, información no oportuna y valedera (Junta General de Riego Tumbaco, 2015).

2.4.3. Estatuto y reglamento de operación y mantenimiento de la JRT

El estatuto y reglamento de operación y mantenimiento de la JRT ha sido aprobada por la SENAGUA, debido a la necesidad de reglamentar una normativa interna que regule de mejor manera el uso, aprovechamiento y distribución equitativa del recurso hídrico del sistema de riego de la JRT, permitiendo así el normal desenvolvimiento, control eficiente del recurso hídrico y los turnos de riego (Junta General de Riego Tumbaco, 2015).

En el presente estatuto y reglamento de la JRT menciona puntos de gran importancia como son:

- a) Prestar el servicio de agua, a todos los consumidores, de conformidad a lo establecido en sus Estatutos, con eficiencia, calidad, equidad y sostenibilidad, implementando y ejecutando una administración general sustentable.
- b) Contribuir y promover la eficiencia y buen uso del recurso, la conservación de la calidad del agua en el sistema previniendo su contaminación, conservar, mantener, y mejorar la infraestructura de riego principal, secundario y terciario, incluidas obras complementarias y los sistemas de medida, control y distribución del agua.

2.4.4. Ramal “El Pueblo”

El ramal “El Pueblo” es uno de los siete ramales que pertenecen al SRT, está conformado por 182 usuarios, es uno de los ramales con menor número de usuarios. La superficie total que el ramal “El Pueblo” del cual está influenciada, es de 201.77 ha, se encuentra conformado en su mayoría con predios entre 2500 m² - 10000 m² seguido por predios con superficies menores a 2500 m² y atraviesa los sectores de: Tola Chica, La Morita, La Morita 2, Chiviquí, La Cerámica, Rumihuayco, Leopoldo Chávez, Cochabamba, La Dolorosa, Tumbaco Centro y Tolagasi (Junta General de Riego Tumbaco, 2015)

2.4.5. Infraestructura de riego del ramal “El Pueblo”

La red de infraestructura total de distribución de agua de riego del ramal incluyendo canal principal y canales secundarios o de distribución, tiene una longitud de 26.6 Km, atraviesa dos túneles y ocho acueductos, Cuenta con 14 bloques hidráulicos, siendo el bloque 5 el que presenta mayor número de usuarios y el bloque 12 con menor número de regantes (Lagos, 2006).

En el ramal “El Pueblo” destacan las acometidas en tierra y con tubería con porcentajes de 34.07 % y 35.16% respectivamente, finalmente se tiene las acometidas revestidas con un total de 33 usuarios que representan un 18.13 %, sin embargo, el canal principal del ramal “El Pueblo” no se encuentra en un estado óptimo para su buen funcionamiento, ya que el 43.15% del total de la longitud del ramal pertenece a canales abiertos, inclusive se evidencia en varios tramos con condiciones de total abandono, el 29.83 % representan a tramos entubados, 23.44 % son tramos revestidos con paredes de hormigón concreto, tramos embaulados 3.16% y túneles 0,42 % (Estévez, 2016).

a) Elementos del canal de riego

La infraestructura del sistema de riego del ramal “El Pueblo”, está constituido por un canal principal, canales secundarios, óvalos, sifones y cajas de revisión. Cada elemento mencionado cumple con una función específica en el sistema, cuenta con un redistribuidor, que es la estructura que distribuye el caudal del agua de riego desde el canal principal del SRT hacia el canal principal del ramal “El Pueblo”, cuenta con 61 cajas de revisión, 39 repartidores que distribuyen el caudal del agua de riego del canal secundario del ramal hacia los canales terciarios, 16 sifones debido a que el canal secundario es atraviesa tanto por la Av. Interoceánica como por la Ruta Viva, 14 sifones que se encuentran

distribuidos a lo largo de la Ruta Viva, y los 2 sifones en la Av. Interoceánica entre las calles La Cerámica y Guayaquil (Estévez, 2016).

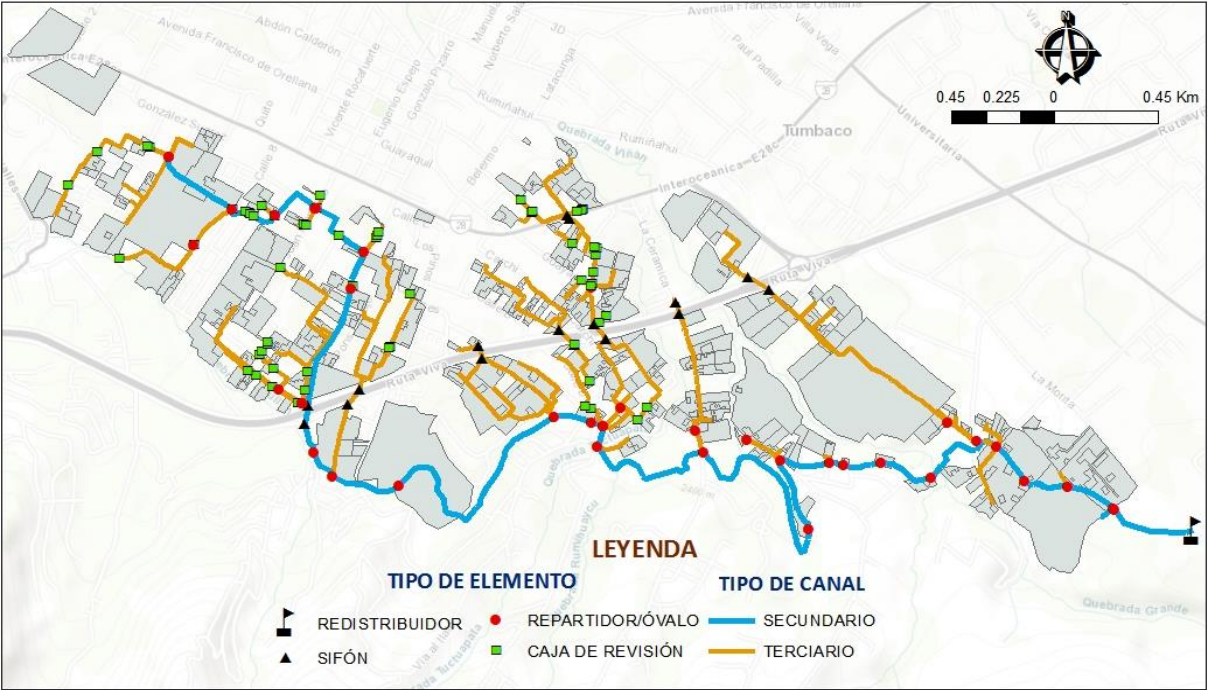


Figura 1. Ramal “El Pueblo”, Tumbaco.

Tabla 1. Longitud de la red de riego por infraestructura del canal secundario y terciario.

Longitud de la red de riego por infraestructura					
Principal			Secundario		
Tipo	Longitud (m)	Porcentaje (%)	Tipo	Longitud (m)	Porcentaje (%)
Abierto	4891.53	60.29	Abierto	6570.15	35.61
Entubado	1221.83	15.06	Entubado	6702.66	36.33
Revestido	1364.14	16.81	Revestido	4861.68	26.35
Embaulado	523.05	6.45	Embaulado	316.83	1.72
Túnel	112.34	1.38			
Total	8112.89	100	Total	18451.31	100
Total general			26564.21 m		

Fuente: (Estévez, 2016)

- Canal principal

El canal principal del ramal, tiene una longitud aproximada de 8.11 km, empezando a nivel del óvalo 1, cruzando y rodeando varias quebradas hasta finalizar en el inicio de los óvalos 13 y 14. El 60.29 % del canal principal es abierto, 16.81 % revestido, 15 % del canal esta entubado ya que atraviesan carreteras; finalmente con una menor representación están los tramos embaulados y cruces por medio de túneles con un 6.45 % y un 1.38 % respectivamente (Estévez, 2016).

- Canales secundarios

La longitud total de los canales secundarios es de 18.451 km, el 36.33 % pertenecen a canales entubados y 35.61 % canales abiertos o de tierra, anticipando de cierta manera el bajo nivel de eficiencia de conducción por las pérdidas de caudal o volúmenes de agua ya sea por filtración o

evaporación, las acequias de tierra sin recubrimiento están en la mayoría de las veces cubiertas de vegetación por falta de limpieza (Estévez, 2016).

2.4.6. Áreas regables en el ramal “El Pueblo”

El área no regable en el ramal es de 50.99 ha, mientras que la superficie total sembrada o regable es de 150.78 ha, El bloque2 tiene la mayor superficie regable con 35.39 ha, El bloque 14 tiene una menor superficie regable de 1.58 ha. El 80.09 % de los usuarios utilizan sus cosechas (hortalizas, frutales, maíz, fréjol, alfalfa, etc.) para autoconsumo en cada uno de sus hogares, siendo pocos los usuarios que destinan su producción para la actividad comercial con tan solo un 10.91 % (Estévez, 2016).

Tabla 2. Uso agrícola del suelo en el ramal “El Pueblo”.

Uso	Número de usuarios	Porcentaje (%)	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Agrícola ciclo corto	18	9.89	8.54	5.7
Agrícola ciclo corto/agrícola perenne	38	20.88	42.94	28.64
agrícola ciclo corto/agrícola perenne/ornamental	9	4.95	30.12	20.09
Agrícola ciclo corto/agrícola perenne/ornamental/otro	1	0.55	0.44	0.29
agrícola ciclo corto/agrícola perenne/otro	5	2.75	2.6	1.73
agrícola ciclo corto/ornamental	2	1.1	0.88	0.59
agrícola ciclo corto/otro	2	1.1	2.95	1.41
agrícola perenne	49	26.92	19.67	13.12
Agrícola perenne/ornamental	16	8.79	18.79	12.53
agrícola perenne/otro	6	3.3	8.57	5.71
Ornamental	11	6.04	3.41	2.28
Ornamental/otro	1	0.55	0.45	0.3
Otro	7	3.85	2.96	1.98
SD	17	9.34	8.45	5.63
Total general	182	100	150.78	100

Fuente: (Estévez, 2016)

2.4.7. Métodos de riego en el ramal

Los métodos de riego que han sido identificados en el Ramal son: gravedad, aspersión, goteo, bombeo o sus combinaciones, sin embargo, gran parte de los usuarios riegan sus parcelas de cultivos por gravedad aproximadamente 75.82 %, debido a que es mucho más sencillo y económico, ya que no se requiere implementar un sistema de riego tecnificado y costoso, el riego con la combinación de bombeo y gravedad alrededor de 2.75%, el sistema de bombeo es realizado por la falta de pendiente a favor hacia los usuarios obligándoles a la instalación de bombas de extracción del canal para así poder regar sus cultivos por gravedad, el 2.20% entre la combinación de riego por gravedad y aspersión utilizado por 4 usuarios, y el riego por aspersión y goteo con 1.65 % y 0.55 %, respectivamente (Estévez, 2016).

Tabla 3. Métodos de riego utilizados por los usuarios del ramal “El Pueblo”.

Método de riego	Número de usuarios	Porcentaje (%)
Gravedad	138	75.82
Aspersión	3	1.65
Goteo	1	0.55
Gravedad/aspersión	4	2.2
Bombeo/gravedad	5	2.75
Bombeo/gravedad/aspersión/goteo	1	0.55
SD	30	16.48
Total general	182	100

Fuente: (Estévez, 2016)

2.5. Balance hídrico

En los cultivos el balance hídrico se considera como la reposición de agua en forma de riego, debido a pérdidas causadas por diferentes factores tanto fisiológicos como ambientales, las manifestaciones fisiológicas por plantas debidas al déficit hídrico como por ejemplo marchitamiento acompañadas de hojas amarillentas, son indicadores para decidir cuándo regar, es así que las pérdidas de agua producidas en las plantas se denominan necesidades hídricas de los cultivos que se deben cubrirse con riego, el balance hídrico es el análisis de entradas y salidas de agua de una parcela de un cultivo específico (Pereira, 2010).

2.5.1. Necesidad hídrica diaria de los cultivos

La necesidad hídrica diaria de los cultivos es el volumen de agua que se requiere suministrar al cultivo diariamente para reponer las pérdidas hídricas del cultivo debido a factores principalmente la evapotranspiración, para tener un crecimiento y desarrollo adecuado de los cultivos implementados en las parcelas de los agricultores (Rios, 2015).

2.5.1.1. Evapotranspiración

Es el volumen o cantidad de agua que se pierde durante los procesos de la transpiración y evaporación dentro de un cultivo, dichos procesos que ocurren simultáneamente, este término es utilizado para la determinación de los requerimientos hídricos diarios de los cultivo, y al mismo tiempo cubrir dichas necesidades con la aportación de riego (Allen, 2006).

a) Evaporación

La evaporación es un proceso por el cual el agua en su estado líquido cambia a un estado gaseoso (vapor), que por su bajo peso molecular va ascendiendo desde la superficie evaporada hacia la atmosfera, todas las superficies que están expuestas a un cierto grado de humedad tienden a sufrir una evaporación (Allen, 2006).

b) Transpiración

Es el proceso a través del cual el agua fluye en forma de vapor desde la planta hacia la atmosfera a través de los estomas (Allen, 2006).

- **Factores que influyen en la evapotranspiración**

Los principales factores que influyen en la evapotranspiración de un cultivo como son: Clima, características del cultivo, el manejo y el medio de desarrollo (Allen, 2006).

a) Clima

Los factores climáticos que afectan la evapotranspiración son: Radiación, temperatura del aire, humedad atmosférica y velocidad del viento (Allen, 2006).

- **Radiación solar:** La radiación solar es la energía que cambia grandes cantidades de agua de estado líquida a gaseosa. La cantidad potencial de radiación que puede llegar a una superficie evaporante viene determinada por su localización y época del año (Allen, 2006).
- **Temperatura del aire:** El calor emitido por la tierra y la radiación solar absorbida por la atmosfera elevan la temperatura del aire, esta temperatura se transfiere al cultivo produciéndose así la tasa de evapotranspiración, en un día cálido y soleado, la pérdida de agua por parte de un cultivo mediante el proceso de evapotranspiración es mayor a un día fresco y nublado (Allen, 2006).
- **Humedad atmosférica:** La humedad atmosférica es el porcentaje de vapor de agua que contiene el aire o atmosfera, en regiones húmedas con una humedad atmosférica del 90 % el aire ya está cerca de la saturación, por lo tanto el aire puede absorber menos agua adicional, y la tasa de evapotranspiración es más baja, mientras que en una región árida seca y caliente con una humedad del 10 %, el aire puede aún extraer más agua del suelo y cultivos (Allen, 2006).
- **Velocidad del viento:** La acción del viento sobre humedad atmosférica es importante, si las masas de vapor de agua en el ambiente no son removidas por acción del viento, la tasa de evapotranspiración por parte de los cultivos es baja, por lo tanto la velocidad del viento tiene una relación directamente proporcional, es decir, a mayor velocidad del viento la tasa de evapotranspiración es mayor, y a menor velocidad del viento la tasa de evapotranspiración de los cultivos es menor (Allen, 2006).

b) Características del cultivo

El tipo de cultivo, variedad, etapa de desarrollo, altura, la rugosidad, reflejo, cobertura del suelo y las características radiculares del cultivo presentan diferentes tasas de evapotranspiración aunque se encuentren bajo condiciones ambientales idénticas (Allen, 2006).

c) Manejo y condiciones ambientales

Los factores como: salinidad, baja fertilidad del suelo, uso limitado de fertilizantes, presencia de horizontes duros o compactados en el suelo, cobertura del suelo, densidad del cultivo, contenido de humedad en el suelo, ausencia de control de enfermedades y de parásitos y el mal manejo del suelo pueden limitar el desarrollo del cultivo y reducir la evapotranspiración (Allen, 2006).

2.5.1.1.1. Evapotranspiración de referencia

La tasa de evapotranspiración de referencia, se da sin restricciones de agua, es decir con la suficiente disponibilidad de agua en la superficie del cultivo de referencia, también es conocido como evapotranspiración del cultivo de referencia, siendo la superficie de referencia de un cultivo hipotético de pasto con características específicas, sirve para estudiar la demanda de evapotranspiración de la atmósfera, descartando el tipo, desarrollo del cultivo, prácticas de manejo y factores del suelo (Allen, 2006).

2.5.1.1.2. Evapotranspiración real

La evapotranspiración real es la cantidad o volumen de agua en mm/día, producto del agua evaporada desde la superficie del suelo y transpirada por la cubierta vegetal, mientras mayor sea la evapotranspiración real, el volumen de biomasa también incrementará por el simple hecho de que a

medida que el cultivo va desarrollándose va requiriendo más agua por día y dicho volumen de agua se transforma en biomasa (Allen, 2006).

2.5.1.2. Coeficiente del cultivo

El coeficiente del cultivo es un valor que sirve para determinar la evapotranspiración real o requerimiento hídrico de los cultivos, el Kc depende de factores como tipo de cultivo, clima y el estado fenológico en el cual se encuentra dicho cultivo (Allen, 2006).

a) Tipo de Cultivo

Las diferencias en albedo, altura del cultivo, propiedades aerodinámicas, características de los estomas como por ejemplo número de estomas por cm² y del tipo de hojas de las plantas, mecanismos de apertura y cierre de estomas, los espaciamientos entre plantas, presentarán diferencias en la evapotranspiración de un cultivo y en la determinación de su Kc (Pereira, 2010).

b) Clima

La radiación solar y temperatura del aire intervienen en la humedad atmosférica, la velocidad del viento interviene en los porcentajes de la humedad atmosférica y este a su vez la evapotranspiración de los cultivos, y por lo tanto este cambia el coeficiente del cultivo, el Kc aumenta cuando la humedad relativa disminuye y viceversa (Pereira, 2010).

c) Etapas del crecimiento del cultivo

Los cultivos tienen un ciclo biológico, estados de desarrollo que con el tiempo incrementa la cobertura del suelo y la altura del cultivo, al mismo tiempo la evapotranspiración varía dependiendo el estado de desarrollo del cultivo, y por lo tanto el Kc varía en base a cuatro etapas de crecimiento: inicial, de desarrollo del cultivo, de mediados de temporada y de final de temporada que serán descritas a continuación (Pereira, 2010).

- **Etapla inicial:** Está comprendida desde la fecha de siembra para cultivos de ciclo corto y para cultivos perennes cuando aparecen las primeras hojas hasta el momento que el cultivo alcanza el 10% de cobertura del suelo, en esta etapa la evapotranspiración surge en mayor grado de la evaporación del suelo, el valor de Kc es alto cuando el suelo se encuentra húmedo, y bajo cuando la superficie del suelo se encuentra seca (Pereira, 2010).
- **Etapla de desarrollo del cultivo:** Esta etapa inicia cuando la cobertura del suelo ha alcanzado el 10% hasta llegar al 100 % de cobertura, generalmente ocurre al inicio de la floración, y a medida que el cultivo se desarrolla y sombrea cada vez más el suelo, la evaporación se verá cada vez más restringida y es la transpiración que intervendrá en mayor grado, en esta etapa del cultivo, el valor de Kc corresponde a la cantidad de cobertura del suelo y desarrollo de la planta (Pereira, 2010).
- **Etapla de mediados de temporada:** Este estado comprende desde la cobertura completa hasta el comienzo de la madurez, es decir, amarillamiento o senescencia de las hojas, caída de las hojas, coloración del fruto, el valor del Kc alcanza su valor máximo (Pereira, 2010).
- **Etapla de finales de temporada:** Comprende desde el inicio de la madurez hasta el momento de la cosecha o de la completa senescencia o caída de las hojas, el valor de Kc al finalizar la etapa final refleja el efecto de las prácticas de cultivo y el manejo del agua, nuevamente existirá el proceso en mayor grado de la evaporación del suelo (Pereira, 2010).

2.5.2. Precipitación

El agua líquida que ha sido evaporada de una superficie húmeda o fuentes de agua como por ejemplo: de lagos, ríos, mares, incluso de la evapotranspiración asciende hacia la atmósfera, el agua en forma de gas se condensa en la atmosfera produciéndose así la precipitación, en la mayoría de los casos en zonas donde el agua es escaso, la precipitación es la totalidad del aporte hídrico al suelo, la principal fuente de agua para la producción agrícola en la mayor parte del mundo es la lluvia, las tres características principales de la precipitación son: su cantidad, frecuencia e intensidad (Claro, 1991).

2.5.2.1. Precipitación efectiva

Es la cantidad, volumen de la precipitación total que es aprovechada por las plantas, depende de muchos factores como para que las plantas puedan aprovecharlo, por ejemplo: la inclinación del terreno donde esta implementado el cultivo, el contenido de humedad del suelo, la velocidad de infiltración, de la intensidad, tiempo de precipitación, la precipitación efectiva es directamente proporcional a la tasa de absorción de agua por la planta, la tasa de absorción de agua depende mucho de las características de los cultivos, tales como el grado de cobertura del suelo, profundidad de enraizamiento y el estado fenológico del cultivo o planta (Claro, 1991).

2.5.2.1.1. Factores que intervienen en la precipitación efectiva

Los principales factores que intervienen en la precipitación efectiva son:

- **Características morfológicas de la tierra**

La topología del terreno, es un factor importante, los terrenos con pendientes mucho más pronunciadas tienden a producir un escurrimiento de mayor volumen del total de las precipitaciones, inclusive causar grandes pérdidas de suelo, mientras que un terreno plano el agua de las precipitaciones puede permanecer por mucho más tiempo y ser aprovechada (Claro, 1991).

- **Características del suelo**

Las propiedades del suelo como: la capacidad absorción, retención, liberación y movimiento del agua influyen, la tasa de infiltración y permeabilidad influyen mucho en la precipitación efectiva (Claro, 1991).

2.5.3. Métodos de riego

Dentro de las actividades agrícolas, los métodos de riego son las distintas formas y técnicas de administrar agua de riego hacia las parcelas de cultivos implementadas (Fuentes & García, 1999). Este mismo autor clasifica los métodos de riego en tres categorías como son:

- a) Gravedad
- b) Aspersión
- c) Goteo

El conocimiento de cada método de riego es primordial, al momento de pensar en economizar el recurso hídrico, inclusive para una distribución adecuada del recurso hídrico dentro una sociedad (Fuentes & García, 1999).

- **Riego por gravedad**

El riego por gravedad o por superficie es un método de riego en donde el agua por diferencia de niveles por un canal de conducción previamente labrado como por ejemplo entre los surcos de cualquier cultivo, utiliza la superficie del suelo agrícola como parte del sistema de distribución del agua, sin embargo a medida que el caudal fluye por la superficie, canales o surcos, el volumen o caudal va reduciéndose, las pérdidas son causadas principalmente por la infiltración a través de la superficie del suelo, la tasa de infiltración del agua bajo la superficie del suelo depende mucho de su estructura, de la inclinación del terreno y velocidad con la que el caudal fluye, es importante además tomar en cuenta que el caudal que vaya a circular entre los canales o surcos no sea muy fuerte como para provocar una erosión hídrica (Fuentes & García, 1999).

- **Riego por aspersión**

El riego por aspersión es un método de riego en donde el agua para cubrir los requerimientos hídricos del cultivo se proporciona en forma de lluvia a través de instrumentos diseñados técnicamente a presión. Estos instrumentos deberán ser ubicados de tal forma que pueda cubrir uniformemente la totalidad de la parcela a regar.

Los sistemas de riego por aspersión se pueden dividir en dos grandes grupos:

- ✓ **Sistemas estacionarios:** donde los instrumentos de riego están fijamente en un sitio específico para la operación del riego.
- ✓ **Sistemas mecanizados:** aquellos donde pueden cambiar de posición de un lugar a otro, se desplazan continuamente durante el riego.

- **Riego por goteo**

El riego por goteo es suministrado mediante emisores gota a gota directamente a las zonas que ocupan las raíces, con un caudal constante e inferior a 16 l h^{-1} por punto de emisión o por metro lineal de manguera de goteo, generalmente para el riego por goteo se necesita sistemas de filtración antes de circular por la mangueras de emisores para evitar el taponamiento de dichos emisores, tienen algunas características como son:

- No se moja la totalidad del suelo y economiza el recurso hídrico
- Se utilizan pequeños caudales a baja presión
- El agua se aplica con alta frecuencia

2.6. Agronomía del riego

La agronomía del riego permite tener conocimiento técnico respecto a terminologías relacionadas con las aplicaciones de riego que deben o debería tomarse en cuenta para un crecimiento y desarrollo óptimo de los cultivos, de esta manera se puede contribuir a mejorar rendimientos de la producción y optimizar el recurso hídrico mediante la aportación justa de caudales de riego hacia los cultivos (Colimbo, 2000).

2.6.1. Frecuencia de riego

La frecuencia de riego es el número de días que transcurre entre dos riegos turnos de consecutivos que una Junta de Regantes o Comisión de regantes otorga a cada usuario desde un sistema de riego, generalmente la frecuencia de riego es cada siete o quince días, la frecuencia de riego debe ser de manera que la disponibilidad del agua en el suelo no descienda entre riego y riego, es decir, no deben ser periodos muy largos entre riego y riego, ya que los niveles de agua disponibles en el suelo pueden situarse por debajo de determinado umbral, produciéndose así un “stress hídrico” en la planta o

cultivos en general, el aumento de la frecuencia de riego tiene como finalidad mantener los niveles de humedad del suelo por encima del nivel crítico (Colimbo, 2000).

2.6.2. Volumen diario de aplicación de agua

El volumen diario de aplicación del agua en litros o mm día^{-1} se relaciona mucho con la programación de riego, determinándose los suministros y requerimientos hídricos de los cultivos, es necesario cuantificar, relacionar y equilibrar las cantidades de agua disponible en el suelo, tomando en cuenta las pérdidas de agua y factores de evapotranspiración por parte del cultivo, y así proporcionar un volumen ideal de agua hacia cultivo, dependen además de la fisiología del cultivo, características edáficas, y climáticas en el que se desarrolla el cultivo (Colimbo, 2000).

2.6.3. Volumen de aplicación de agua a nivel de parcela

Es el volumen necesario de agua que requiere un cultivo por unidad de superficie generalmente en m^2 o en hectáreas diariamente, la determinación depende mucho del tipo de cultivo, debido a las diferentes características fisiológicas de los distintos tipos de cultivos como por ejemplo: la tasa de evapotranspiración, las condiciones climáticas en el cual se desarrolla, el contenido de humedad disponible en el suelo que depende mucho de las propiedades físicas y topográficas del mismo, cubriendo así la necesidades hídricas de dicho cultivo por unidad de superficie (Colimbo, 2000).

2.6.4. Tiempo de aplicación del riego

El tiempo de la aplicación del riego es el tiempo necesario para cubrir la dosis de riego o el volumen de agua requerido por el cultivo, si el tiempo de riego es con un caudal permanente, los cultivos tienen disponibilidad del recurso sin restricciones, sin embargo, el excesivo tiempo de riego conocido con el nombre de sobreirrigación produce problemas como el lavado de nutrientes mediante percolación profunda, enfermedades radiculares como hongos y bacterias, asfixias radiculares por falta de oxígeno, mientras que un tiempo de riego bajo conocido con el nombre de subirrigación que no cubre la dosis de riego requerida por el cultivo, produce bajos rendimientos; el tiempo de riego resulta del cociente entre la cantidad de agua que el suelo puede almacenar para una profundidad determinada y la velocidad de infiltración (Colimbo, 2000).

2.7. Hidrometría

La Hidrometría se encarga de registrar, medir, calcular y analizar los volúmenes de agua que circulan a través de una sección transversal de un río, canal o tubería por unidad de tiempo, permitiendo conocer los datos de caudales y volúmenes en forma oportuna y veraz, útiles para lograr una mayor eficiencia en la programación, ejecución y evaluación del manejo integral del agua, dicha información también permite: dotar de información para los pronósticos de la disponibilidad de agua, determinación del balance hídrico, planificación de la distribución del agua de riego y determinar la eficiencia de conducción y distribución en un sistema de riego como apoyo para la solución de conflictos sociales (Sistema Nacional de Información Ambiental, 2010).

2.7.1. Secciones de control de aforo

Son los puntos, secciones o tramos donde se realizan las mediciones o aforos de caudales, cumpliendo obligatoriamente con: la accesibilidad, ubicación del tramo de aforo, sección homogénea a lo largo del tramo, ubicación en un bajo grado de turbulencia, además debe estar libre de malezas o cualquier otro obstáculo que pueda alterar las mediciones (Organización Meteorológica Mundial, 2001).

2.7.2. Métodos de aforo

Según la Organización Meteorológica Mundial (2011), los métodos prácticos de aplicación más utilizados son:

- Método volumétrico
- Medidor Parshall
- Método de vertederos y orificios
- Método de sección-velocidad

2.7.2.1. Método volumétrico

Principalmente es usado para caudales pequeños desde 0.5 hasta 5 litros por segundo, es el método más exacto, siempre y cuando el volumen del depósito pueda medirse el volumen, este método consiste hacer llenar un depósito de volumen conocido del agua que fluye por el canal, tubería, riachuelo, etc. y tomar el tiempo que se demora este en llenarse, una vez que se ha terminado de llenar se hace la relación entre el volumen llenado para el tiempo en segundos transcurridos (Galecio, 2007).

2.7.2.2. Medidor Parshall

Es un instrumento hidráulico que fue ideado por Ralph Parshall en 1920, se utiliza principalmente para el aforo de caudales pequeños y grandes de canales y pequeños ríos, además se recomienda para canales de riego de poca pendiente, en drenes, ya que tiene una pérdida de carga mínima, evitando además la sedimentación, se debe destacar el flujo de llegada de caudal uniforme (Galecio, 2007).

Consta de cuatro partes principales:

- a) Transición de entrada
- b) Sección convergente
- c) Garganta
- d) Sección divergente

Para determinar el caudal que atraviesa por el canal o medidor Parshall se aplica la formula expuesta a continuación:

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

Donde:

Q = es el caudal expresado en $m^3 \cdot h^{-1}$

H = Altura de la lámina de agua

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

2.7.2.3. Método de vertederos y orificios

Los vertederos obstaculizan la corriente hasta una altura determinada denominada carga hidráulica, hasta que se dé una caída de agua a través de una sección, midiéndose la altura desde la parte superior de la sección diseñada del vertedero hasta la altura alcanzada por el volumen de agua que pasa a través de la sección, sirven para medir caudales inferiores a 40 litros por segundo, para determinar el caudal se tienen formulas especificas dependiendo del tipo de vertedero con el que se trabaje (Galecio, 2007). Este mismo autor menciona diferentes tipos de vertederos detallándose cada uno de ellos a continuación:

- a) **Vertedero rectangular:** Es uno de los más utilizados y más sencillo para construir, pueden ser contruidos de madera o también metálicos, sirven para medir caudales de canales pequeños que ingresan a parcelas o predios de los usuarios de un sistema de riego.
- b) **Los vertederos triangulares:** Permiten obtener medidas más precisas de las alturas correspondientes a la carga hidráulica de caudales pequeños, generalmente son contruidos de placas metálicas. Siendo los más utilizados los que tienen forma isósceles de 90° .

2.7.2.4. Método de sección-velocidad

Este método es utilizado en canales o tuberías con secciones regulares, donde la áreas de las secciones puedan ser medibles, se determina separadamente el área que el agua de riego cubre la sección transversal del canal o tubería y la velocidad del agua, posteriormente la velocidad del agua de riego puede determinarse mediante los métodos del flotador que es el más utilizado o mediante el método del molinete, una vez determinada el área de la sección y la velocidad del agua, para determinar el caudal que circula por el canal se determina mediante el producto entre la velocidad del agua y el área de la sección tomando en cuenta que se trabaja con las mismas unidades (Galecio, 2007).

2.8. Eficiencia de un sistema de riego

La eficiencia de un sistema de riego se refiere la evaluación de las pérdidas de agua durante el trayecto del agua de riego, que abarca desde la bocatoma o fuente de abastecimiento de agua hasta el usuario, óvalo, cultivos o final de un canal, con el objetivo de realizar mejoras en la infraestructura hidráulica de un canal, su operación y mantenimiento del sistema, y de esta manera reducir los costos a un largo plazo (Nuñez, 2015).

Según Núñez (2015), la eficiencia de un sistema de riego está dado por la siguiente ecuación:

$$E_{fr} = E_{fc} \cdot E_{fd} \cdot E_{fa}$$

Donde:

E_{fc}: eficiencia conducción

E_{fd}: eficiencia de distribución

E_{fa}: eficiencia de aplicación

2.8.1. Eficiencia de conducción

La eficiencia de conducción permite la evaluación de la pérdida de caudal a lo largo del canal principal, comprende desde la Bocatoma o fuente de abastecimiento de caudal hasta el punto final del canal principal, sin embargo se puede realizar la evolución en distintos puntos o tramos más críticos relacionado principalmente al tipo de infraestructura, de esta manera permite evaluar el estado de operación y mantenimiento del canal principal, para su determinación todos las compuertas o derivaciones laterales deben estar cerradas y para evitar derivaciones de caudales e lo largo del canal principal, permitiéndonos cometer errores al momento de determinar la eficiencia de conducción (Nuñez, 2015).

Para determinar la eficiencia de conducción de un canal principal, se utiliza la siguiente fórmula:

$$E_{fc} = \frac{Q_f}{Q_i} \cdot 100$$

Donde:

E_{fc}: eficiencia de conducción (%)

Q_f: Caudal final

Q_i: Caudal inicial

Si el porcentaje de eficiencia de conducción es alto, significa que las pérdidas de agua son mínimas y que el canal principal que conduce el agua se encuentra en buen estado, caso contrario, los tramos que presentan una baja eficiencia necesitan un revestimiento, que sean entubados, embaulados, etc. para evitar que existan pérdidas por infiltración y evaporación directa, además verificar que no existan

fisuras, ni en la base, ni en los taludes, ni en los bordes, siempre se debe recorrer el canal principal y verificar que no existan robos del agua, los cuales no necesariamente usuarios (usuarios informales) (Nuñez, 2015).

2.8.2. Eficiencia de distribución

La eficiencia de distribución en los canales se determina en base a la distribución del agua hacia las parcelas, predios o chacras de los usuarios, desde el ingreso o derivación (óvalo) hasta el ingreso de los usuarios (Nuñez, 2015).

Para determinar la eficiencia de distribución se puede utilizar la fórmula de Christiansen:

$$Efd = 1 - \left[\frac{\sum_n^a (|Q_i - \mu|)}{\mu \cdot n} \right] \cdot 100$$

Donde:

Efd: Eficiencia de distribución (%)

Qi: Datos individuales de los caudales de ingreso de los 20 usuarios ($m^3 h^{-1}$)

μ : Promedio de los caudales aforados ($m^3 h^{-1}$)

n: Número usuarios

La Efd es un parámetro que permite conocer la uniformidad de la distribución del agua de riego, con base en los caudales de ingreso hacia los usuarios, una Efd baja indica que los caudales distribuidos a los usuarios son bastante diferentes, mientras que una Efd alta indica que los caudales entregados a los usuarios son similares entre sí, demostrando así la homogeneidad en su distribución de acuerdo al caudal de ingreso y área regable, el valor mínimo aceptable para la Efd es del 80 % (uniforme o buena distribución) (Nuñez, 2015).

2.8.3. Pérdidas de agua en los canales de riego

Las pérdidas de agua en los canales de riego tanto principales, secundarios como terciarios, dependen principalmente de la evaporación debido a las condiciones climáticas, la tasa de infiltración dependiendo de las características y propiedades físicas del suelo como textura, fugas y una deficiencia en su operación relacionado con la longitud y estado de conservación de la red de canales, y las pérdidas por operación están relacionadas con el manejo del agua por parte de los usuarios, debiéndose principalmente a la diferencia entre el agua proveniente de la captación y la solicitada, la capacidad de almacenamiento de las propias conducciones, la sobre oferta de agua al sistema por deficiencias en el control y medición, y por reducciones en la demanda de difícil previsión y a la lentitud de la respuesta del sistema ante cambios en la demanda en base a la superficie regable, y por último, la falta de experiencia del personal y supervisión realizada como para manejar adecuadamente un sistema de riego (Nuñez, 2015).

2.9. Entrega justa o equitativa del agua

La equidad, aplicada a un sistema de distribución de agua, puede definirse como la entrega de cantidades justas de agua a los usuarios en todo el sistema. La entrega equitativa es difícil de medir, ya que el concepto de cantidad justa comúnmente tiene interpretaciones subjetivas. Sin embargo, es importante definir alguna medida de la equidad, ya que los sistemas pueden diseñarse o rehabilitarse para entregar agua en forma imparcial a los usuarios. La equidad puede definirse como la uniformidad espacial de la variación de la cantidad entregada, respecto de la requerida o programada.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación

El estudio se realizó en el Sistema de Riego Tumbaco (Figura 2), perteneciente al cantón Quito de la provincia de Pichincha, situado a una altura comprendida entre 2465 a 2350 m.s.n.m, posee un clima seco templado (Lagos, 2006).

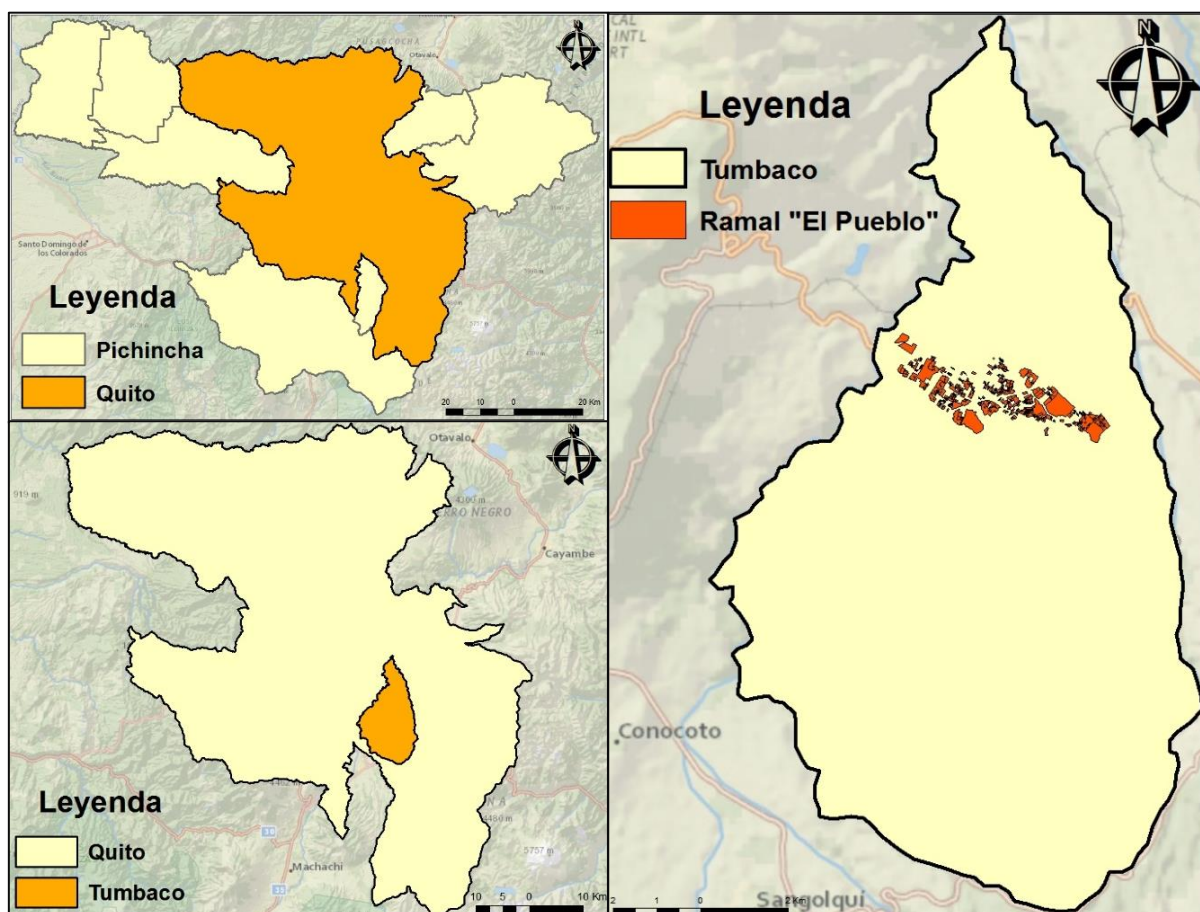


Figura 2. Ubicación política del ramal “El Pueblo” del SRT

3.1.1. Coordenadas geográficas del ramal “El Pueblo”

El ramal “El Pueblo” del SRT, está limitada por las siguientes coordenadas geográficas:

- Al Norte 78°23'51"W 0°12'49"S
- Al Sur 78°24'10"W 0°13'46"S
- Al Este 78°22'29"W 0°13'38"S
- Al Oeste 78°25'11"W 0°12'35"S

Según la Junta de Riego Tumbaco (2005), el ramal “El Pueblo”, atraviesa por los siguientes barrios: Tola Chica, La Morita, La Morita 2, Chiviquí, La Cerámica, Rumihuayco, Cochabamba, Leopoldo Chávez, La Dolorosa, Tumbaco Centro y Tolagasi.

3.1.2. Límites políticos del ramal “El Pueblo”

Según la JRT, el ramal “El Pueblo” está limitado por: al norte con la Quebrada Lushun, al sur con la Estribación norte del cerro Ilaló, al este con el Centro Académico Docente Experimental La Tola (UCE) y al Oeste con el Río San Pedro.

3.1.3. Características agroclimáticas

El ramal “El Pueblo” por encontrarse ubicado en la parroquia de Tumbaco, presenta las siguientes características agroclimáticas promedio registradas en el año 2015.

Tabla 4. Características agroclimáticas de la zona de estudio.

Características agroclimáticas	Datos
Temperatura promedio anual (°C)	16.3
Precipitación promedio anual (mm)	870.3
Humedad relativa promedio anual (%)	71.75

Fuente: INAMHI, 2015 Datos Boletín Anual

3.2. Materiales

Los materiales utilizados durante esta investigación se dividieron en: Equipos, Insumos, Materiales de oficina y Software/aplicaciones.

a) Equipos

- Calculadora
- Cámara fotográfica 20 megapíxeles
- Cinta métrica
- Cronómetro
- Impresora
- Medidor de caudales (Parshall, vertedero, volumétrico)
- Ordenador portátil

b) Insumos

- Información geográfica actualizada del SRT (SHP).
- Información geográfica actualizada de Usuarios del ramal “El Pueblo” (SHP).
- Padrón de usuarios registrados actualmente en la JRT.
- Turnos de riego y caudales asignados a usuarios del Ovalo 10 del ramal “El Pueblo” del SRT.

c) Materiales de Oficina

- Esferos
- Fichas técnicas de recolección de datos
- Grapadora
- Libreta de campo
- Lápices
- Resma de hojas A4
- Tablero plástico

d) Software y aplicaciones

- Software ArcGIS 10.5
- Microsoft office
- Aplicación “Google Maps Área Calculator Tool”

3.3. Metodología

La determinación de la eficiencia de conducción de las tres secciones del canal principal del ramal “El Pueblo”, la eficiencia de distribución del agua de riego a los usuarios pertenecientes al óvalo 10, el

tiempo de riego requerido por cada uno de los usuario de dicho óvalo y el análisis de la existencia de sobre o subirrigación se realizó en tres fases (Figura 3).

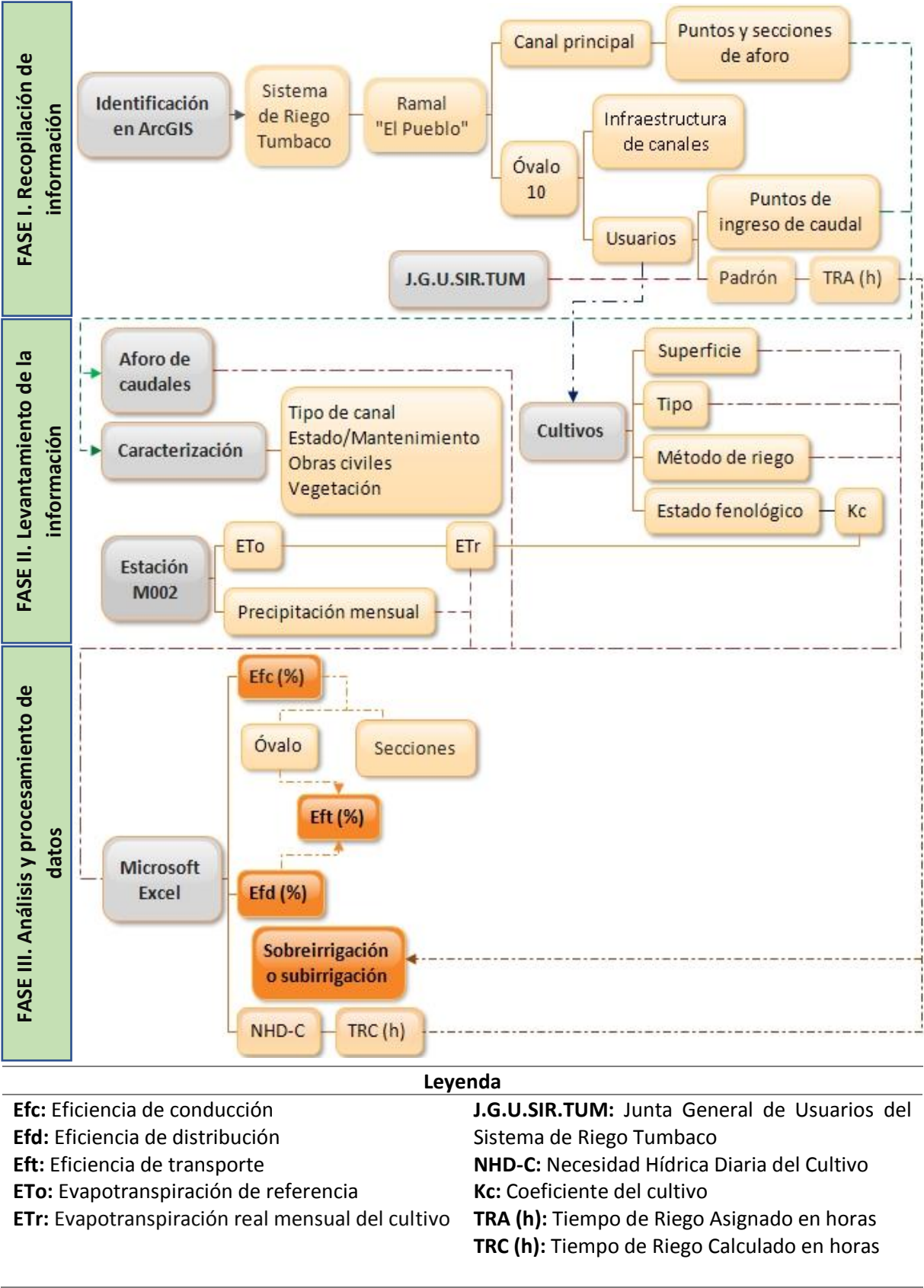


Figura 3. Esquema metodológico

3.3.1. Levantamiento de la información

- Canal secundario

Mediante la base de datos actualizada del último catastro del SRT, con la información geográfica y temática (formato Shp) de todos los ramales, utilizando las herramientas del Software ArcGIS, se seleccionó y recortó toda la información temática y geográfica como infraestructura, elementos hidráulicos y usuarios pertenecientes al ramal “El Pueblo” (Figura 4).

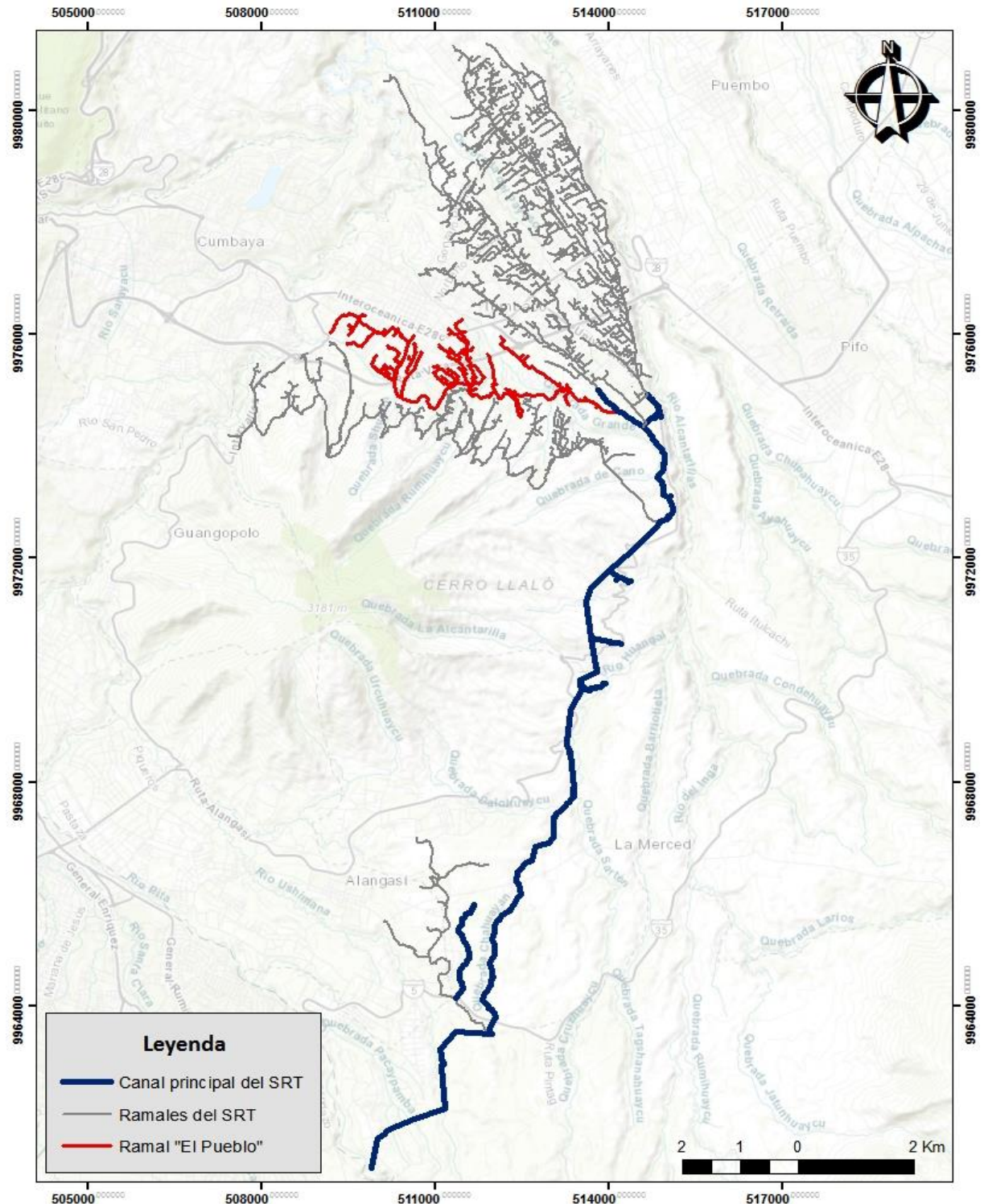


Figura 4. Ubicación del ramal “El Pueblo” dentro del SRT.

- **Secciones**

Mediante una ficha de recolección de datos (Anexo 3), se levantó la información de cada una de las secciones ubicadas a lo largo del canal principal del ramal “El Pueblo”, información como: sector o barrio, tipo de canal abierto (revestido o no revestido), estado físico de la sección transversal y longitudinal, mantenimiento, infraestructura hidráulica, obras civiles, material flotante que no pertenecía al canal (basura, escombros, vegetación, entre otros).

- **Óvalo**

Se procedió a levantar información acerca de los usuarios pertenecientes al óvalo 10, turnos y tiempos de riego (Anexo 6), información como: nombre de usuario, fecha, caudal de ingreso al óvalo y a cada uno de los usuarios (método volumétrico), tipo de canal, infraestructuras o componentes hidráulicos presentes, estado de los canales y de las compuertas, material flotante en el interior de los canales de distribución, obras civiles y materiales que no permitan el flujo normal del agua de riego por el canal.

3.3.2. Eficiencia de conducción

3.3.2.1. Secciones

Para la determinación de la eficiencia de conducción del agua de riego en las tres secciones formadas a lo largo del canal principal del ramal, se siguieron los siguientes pasos:

a) Identificación de puntos y secciones en el canal principal del ramal

Una vez obtenida toda la información geográfica del ramal “El Pueblo”, utilizando el mismo software ArcGIS, fue seleccionado el canal principal del ramal y a su vez separado de los demás componentes del Sistema de Riego, el canal principal fue dividido en tres partes, en cada parte se localizó una sección de forma aleatoria, en total se formaron tres secciones al inicio, al medio y al final del canal (Figura 5), cada sección está formada por dos puntos con sus respectivas coordenadas geográficas (Tabla 5) para realizar los respectivos aforos de caudales, en cada sección no debía existir derivaciones, ni ingresos de caudales a través de otros canales, con el objetivo de analizar el estado o mantenimiento en el cual se encontraba cada parte del canal (inicio, medio y final).

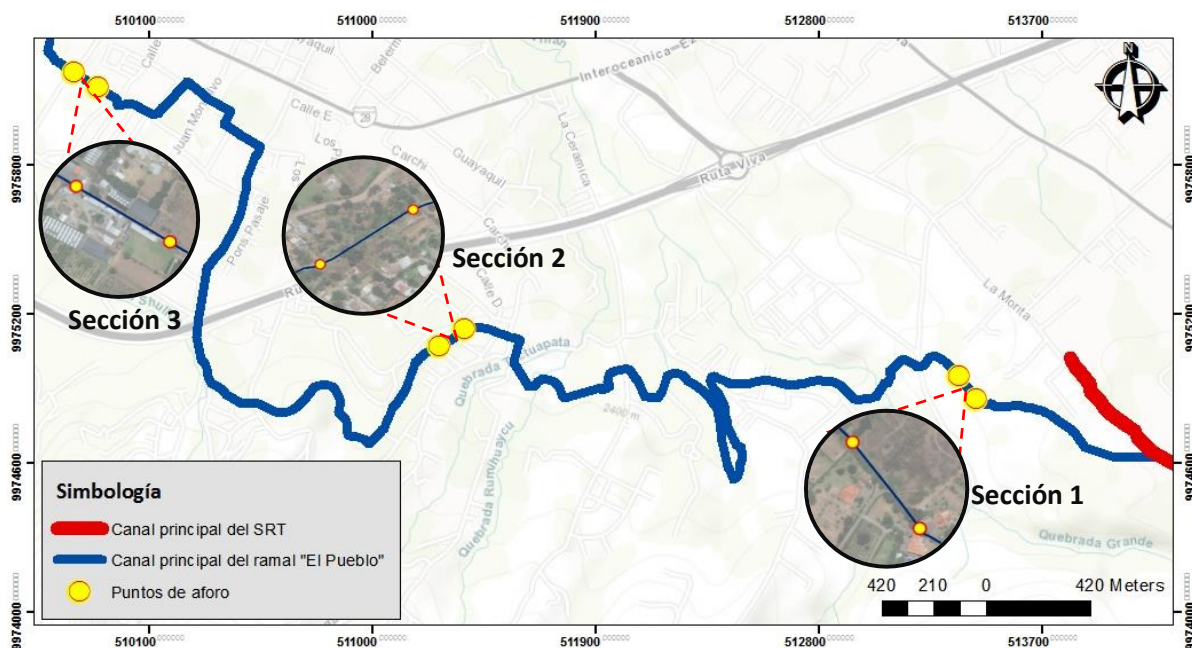


Figura 5. Ubicación de las secciones en el ramal principal

Tabla 5. Coordenadas geográficas de puntos de aforo en el canal del ramal “El Pueblo”

Sección	Puntos de control de aforo	Coordenadas UTM	
		Longitud (m)	Latitud (m)
1	1	791708	9974848
	2	791632	9974952
2	1	789642	9975122
	2	789543	9975060
3	1	788182	9976097
	2	788070	9976167

b) Medición de caudales (método Parshall)

Para realizar las mediciones o aforos de los caudales en los seis puntos ubicados a lo largo del canal, se utilizó el método Parshall de 9”, considerando que el caudal aproximado que circula por el canal varía entre 10.8 y 903.6 l s⁻¹ (según la Junta de Regantes); las mediciones se realizaron el día miércoles 24 de octubre, solicitando a la Junta General de Usuarios del Sistema de Riego Tumbaco, la suspensión de repartos de agua de todos los óvalos únicamente por ese día, evitando así derivaciones e ingresos hacia el canal para que no alteren las mediciones y los resultados, el medidor Parshall se instaló en el canal, evitando que por los extremos y por la base del medidor exista flujo de agua que altere una medición precisa, una vez alcanzado un régimen permanente, se realizaron las mediciones de la carga hidráulica, con tres repeticiones cada 15 minutos y para calcular el caudal que fluye por el Parshall se utilizó la siguiente fórmula:

$$Q = (0.013762 Ha^{1.53}) \times 3.6$$

Donde:

Q: Caudal del canal (m³ h⁻¹)

Ha: Carga hidráulica (mm)

3.3.2.2. Óvalo 10

Para la determinación de la eficiencia de conducción del agua de riego en los canales terciarios el óvalo 10, se siguieron los siguientes pasos:

a) Identificación óvalo

Con la información geográfica y temática del SRT del último catastro, una vez identificado el ramal “El Pueblo”, incluyendo: canal principal, canales secundarios, acometidas, usuarios, repartidores, óvalos, etc. Utilizando el software ArcGIS, se identificó y seleccionó el óvalo 10 y todos sus componentes, dicho óvalo fue sugerido por la presidenta del ramal “El Pueblo” y de dicho óvalo (Figura 6).

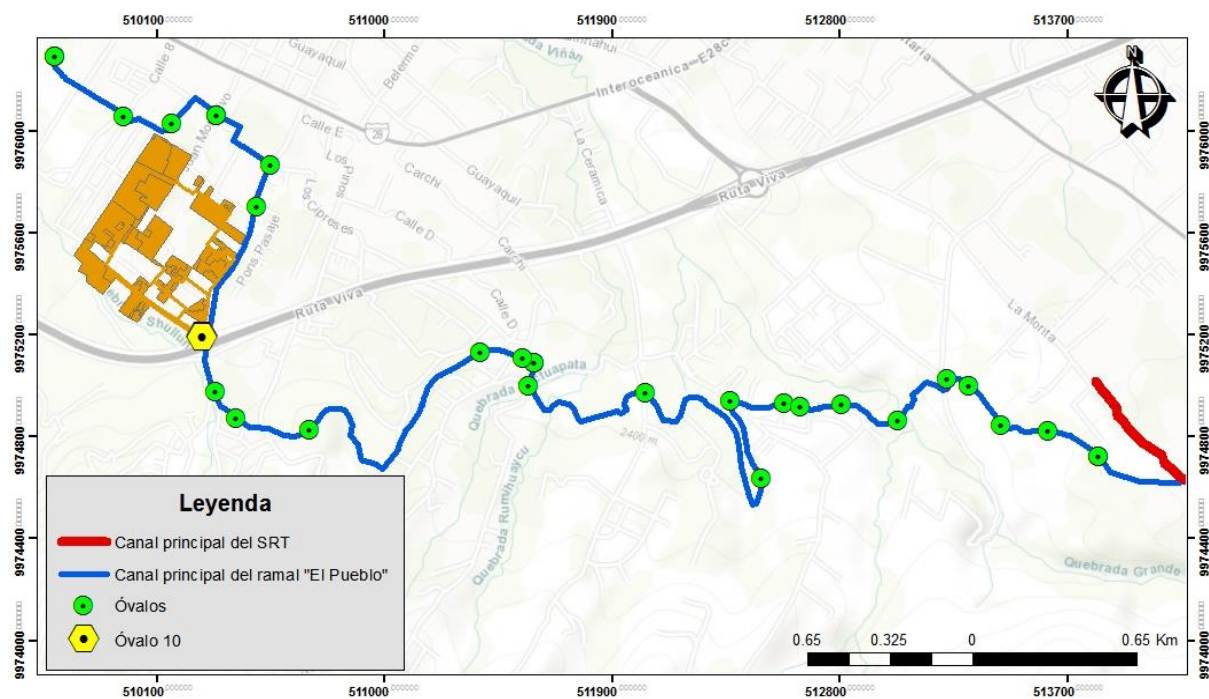


Figura 6. Ubicación del óvalo 10 del ramal

b) Usuarios

Los usuarios del óvalo fueron identificados, seleccionados y procesados en ArcGIS (Figura 7).

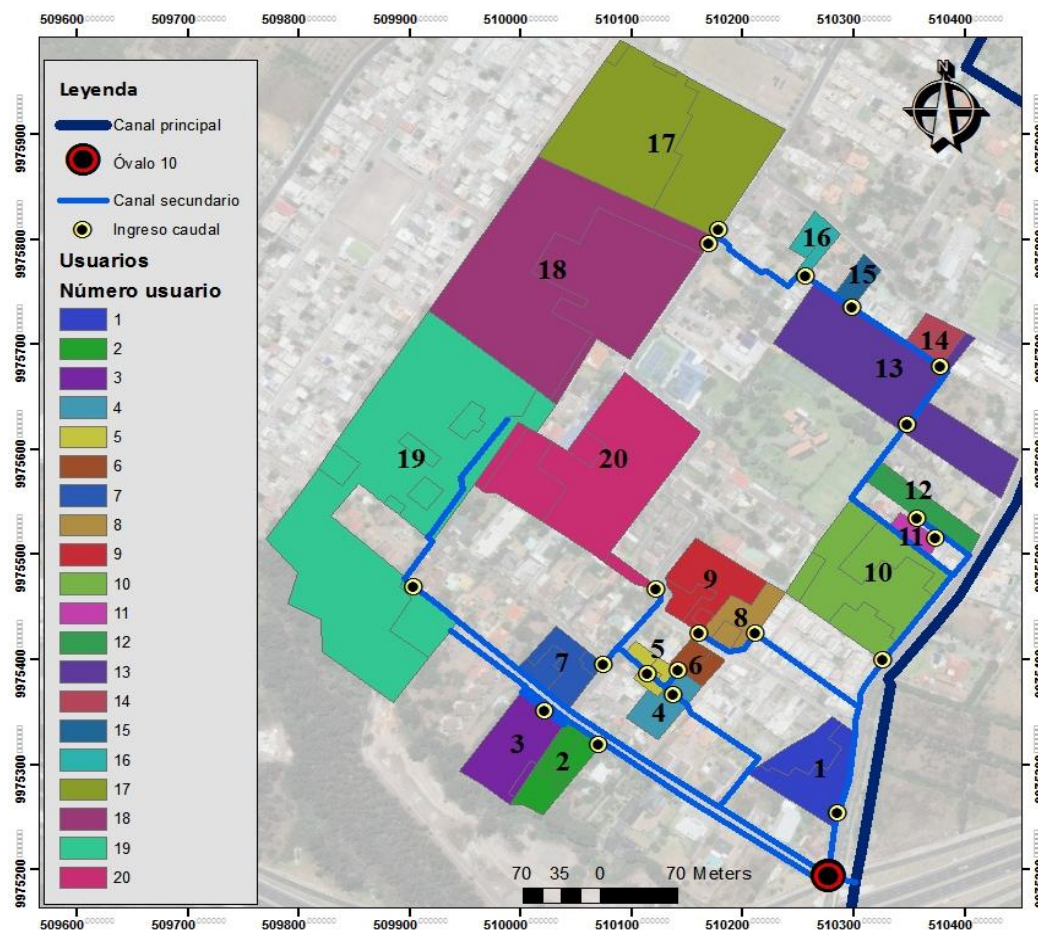


Figura 7. Componentes del Óvalo 10

c) Secciones internas

Adicionalmente, la red de canales se dividió en secciones entre los usuarios para sistematizar el procesamiento de la información (Figura 8).

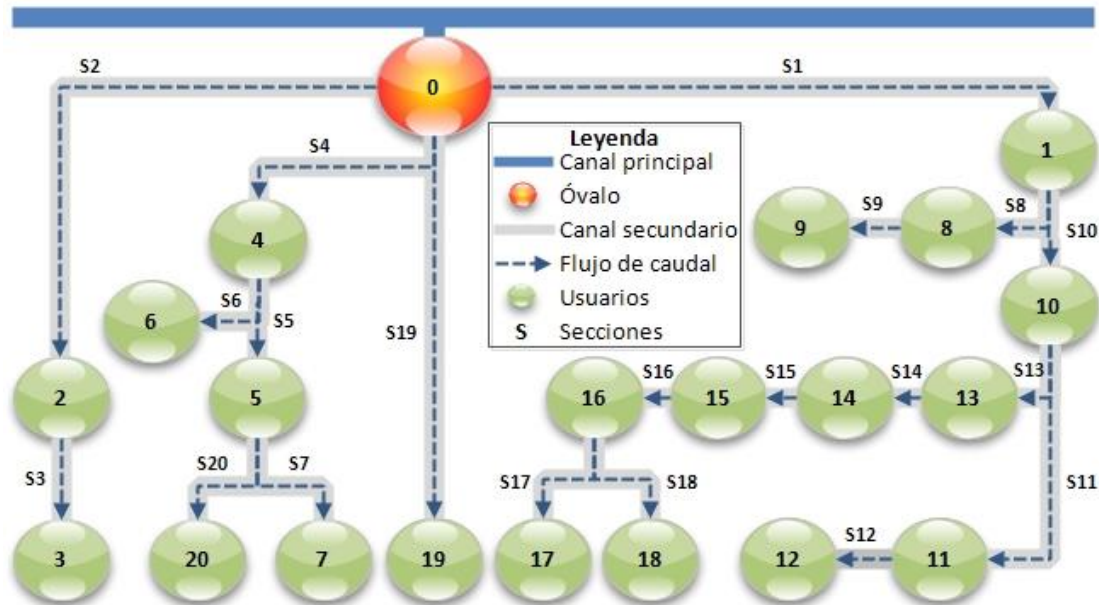


Figura 8. Diagrama unifilar del óvalo 10

d) Medición de caudales (método volumétrico)

Se realizó la medición del caudal de ingreso al óvalo 10 y al ingreso de cada uno de los usuarios (Figura 7), mediante el método volumétrico, debido a que el caudal oscila entre 0.5 a 5.0 l s⁻¹ en operación normal, sin restricción de derivaciones hacia otros óvalos; el ingreso del agua a los usuarios se realizaba mediante orificios (tuberías). El método consistió en tomar un recipiente de volumen conocido de 25 litros y tomando en cuenta el tiempo de llenado del recipiente se determinó el caudal, mediante la siguiente fórmula:

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

Donde:

Q: Caudal de ingreso (óvalo o usuario) (m³ h⁻¹)

V: Volumen recipiente (m³)

T: Tiempo de llenado (hora)

e) Cálculo de la eficiencia de conducción

Con los datos de los caudales medidos en cada una de las secciones ubicadas a largo del canal principal del ramal y en las secciones del óvalo 10, se determinó la Efc a través de la siguiente ecuación:

$$Efc = \frac{Q_f}{Q_i} \cdot 100$$

Donde:

Efc: Eficiencia de conducción (%)

Q_i: Caudal inicial (Primer punto y óvalo) (m³ h⁻¹)

Qf: Caudal final (Segundo punto y usuario) ($\text{m}^3 \text{h}^{-1}$)

f) Interpretación

Una vez determinada la eficiencia de conducción en cada una de las secciones, se utilizó la metodología propuesta por la FAO (Tabla 6) para su interpretación.

Tabla 6. Interpretación de la eficiencia de conducción del agua de riego

Rangos (%)	Interpretación
> 70	Aceptable (A)
50-70	Baja (B)
<50	Pobre (P)

3.3.3. Eficiencia de distribución

Una vez realizadas las mediciones de los caudales en el óvalo 10, mediante la fórmula expuesta a continuación, se determinó la Efd del agua de riego.

$$Efd = 1 - \left[\frac{\sum_n^a (|Qi - \mu|)}{\mu \cdot n} \right] \cdot 100$$

Donde:

Efd: Eficiencia de distribución (%)

Qi: Datos individuales de los caudales de ingreso de los 20 usuarios ($\text{m}^3 \text{h}^{-1}$)

μ : Promedio de los 20 caudales aforados ($\text{m}^3 \text{h}^{-1}$)

n: Número usuarios

3.3.4. Sobre o subirrigación

a) Padrón de usuarios del óvalo

Se solicitó al Junta de Regantes, el padrón de usuarios (Anexo 5) para conocer los turnos y los tiempos de riego asignados a los usuarios del óvalo 10 y (Tabla 7).

Tabla 7. Código y tiempo de riego cada 7 días de los usuarios del óvalo 10

Usuarios		Código	TRA	Usuarios		código	TRA
1	Leguisamo de Córdoba M	241011	6	11	Salazar Jibaja Lucila	241017	6
2	Viteri Paredes Luis	241003	8	12	Herederos Jibaja Martínez	241023	6
3	Viteri Espinosa Esteban	241004	8	13	Acero Tuza Juan Carlos	241025	4
4	De la Cruz Chinchero Rosa	241006	4	14	Andrade Andrade Abelardo	241019	4
5	Aules Chinchero Luis	241007	4	15	Zarate Bolaños José Julio	241018	4
6	Guido Mantilla	241005	4	16	Zarate Bolaños Rosa	241020	4
7	C.D.I	241009	4	17	Marie Clarac	241024	38
8	Velastegui Carlota del Pilar	241013	6	18	Recalde Fernández Galo R	241022	63
9	Hnos López de la Cruz	241014	6	19	Hnos. Recalde Maldonado	241010	120
10	Almeida Flores Eduardo	241015	25	20	Fundación Engling	241008	27

Para la determinación de la existencia de sobre o subirrigación en cada una de las parcelas de los usuarios, se determinó el tiempo de riego.

b) Determinación del tiempo de riego

Se determinó el tiempo de riego mediante el cálculo de las necesidades hídricas de los cultivos, en base a superficie, tipo de cultivo, método de riego y de las condiciones climáticas que afectan a los procesos fisiológicos de las plantas. El tiempo de riego fue determinado para cada uno de los usuarios pertenecientes al óvalo 10 y para cada uno de los meses del año, en base a la siguiente metodología (Figura 9).

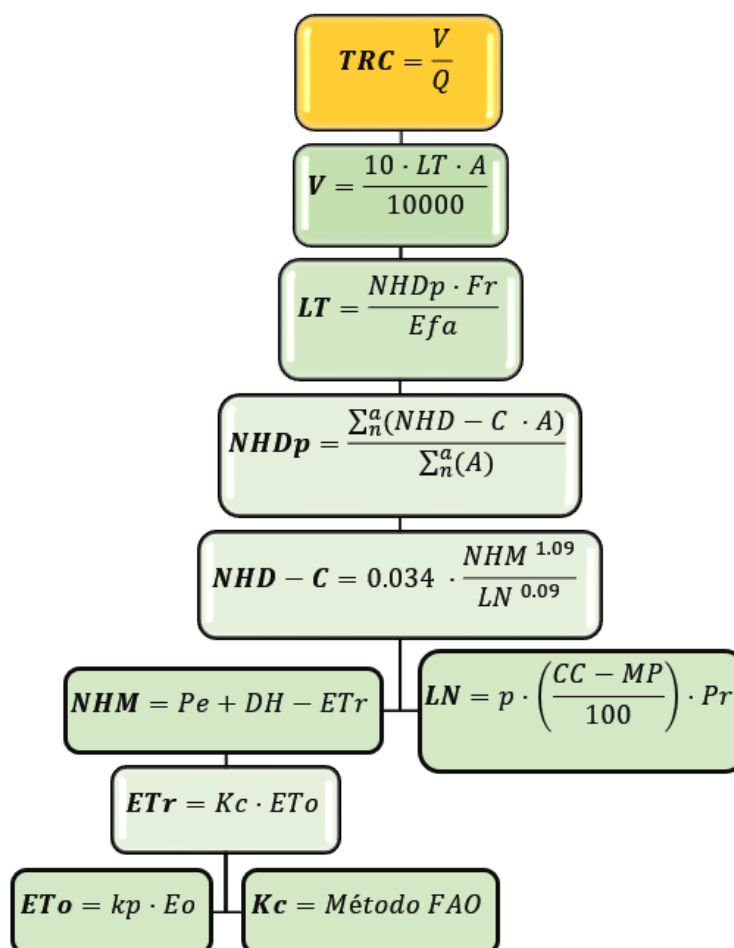


Figura 9. Metodología para la determinación del tiempo de riego de cada usuario

Donde:

- **TRC:** Tiempo de riego que requiere el usuario (h).
- **V:** Volumen total de agua de riego que necesita el usuario (m³).
- **Q:** Caudal de ingreso medido en cada uno de los usuarios (m³ h⁻¹).
- **LT:** Lamina total (mm).
- **A:** Área del cultivo implementado en las parcelas de los usuarios (m²). Se realizaron mediciones de las áreas cultivadas de cada uno de los usuarios, para las áreas pequeñas utilizando la cinta métrica y para las áreas grandes, se utilizó la aplicación Google Maps Área Calculator Tool, detallando además el tipo de cultivo, método de riego, edad para cultivos perennes y fecha de siembra para cultivos de ciclo corto.
- **NHDp:** Necesidad hídrica diaria ponderada (mm).
- **Fr:** Frecuencia de riego. En el óvalo 10, la Fr es cada 7 días.

- **Efa:** Eficiencia de aplicación en función del método de riego: Gravedad (45%), aspersión (70%), micro aspersión (85%) y goteo (95%). En el óvalo 10, la mayoría de los usuarios utilizan el método de riego por gravedad y solo un usuario riego por aspersión.
- **NHD-C:** Necesidad hídrica diaria del cultivo (mm).
- **NHM:** Necesidad hídrica mensual (mm) de los cultivos, en base a las condiciones climáticas, propiedades del suelo, sin tomar en cuenta su superficie.
- **LN:** Lámina neta (mm) de reposición para el cultivo.
- **Pe:** Precipitación efectiva (mm).
- **DH:** Aporte de humedad de precipitaciones anteriores (mm).
- **ETr:** Evapotranspiración real mensual del cultivo (mm).
- **p:** Porcentaje máximo de agotamiento de agua en el suelo FAO.
- **CC:** Capacidad de campo. La textura promedio del suelo es de tipo franco arcilloso, con un contenido de humedad en términos de volumen del 34.10%.
- **MP:** Punto de marchitamiento, 20.80 % para el suelo del óvalo 10.
- **Pr:** Profundidad radicular efectiva del cultivo (mm).
- **Kc:** Coeficiente del cultivo determinado por el método de la FAO.
- **ETo:** Evapotranspiración de referencia (mm).
- **kp:** Coeficiente del tanque evaporímetro: para la Tola, estación M002 del INAMHI, el coeficiente promedio del tanque evaporímetro es 0.72 (Ortiz et al., 2018).
- **Eo:** Evaporación promedio mensual (mm) medidos en la estación meteorológica M002 de la Tola.

Para determinar si existe sobreirrigación o subirrigación se realizó una comparación entre el tiempo de riego asignado con el tiempo de riego calculado para cada uno de los usuarios, si el tiempo de riego calculado es mayor al asignado por la JRT existe subirrigación, es decir, que no cubren las necesidades hídricas de los cultivos, y si el tiempo de riego calculado es menor que el asignado, existe sobreirrigación.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Eficiencia de conducción en las tres secciones del canal principal del ramal

a) Caracterización

Tabla 8. Caracterización física de las secciones

Sección	Fotografía	Caracterización
1		Canal abierto sin revestimiento (tierra), irregular, abandonado (sin mantenimiento), existe la presencia de basura, abundantes piedras, con un cauce profundo, ancho del canal aproximado de 1.2 metros, vegetación presente en el cauce como kikuyo, berro, presencia de vegetación fuera del canal (costados) como arbustos, y pequeños árboles, textura del suelo arcilloso (pesado).
2		Canal abierto sin revestimiento (tierra), presencia de abundante basura y abundantes piedras (sin mantenimiento), un lado del canal no presenta vegetación por ser el camino por donde las personas transitan, mientras que el otro lado existe vegetación como kikuyo y fuera del canal árboles, cauce poco profundo, ancho del canal de 1.0 metros, textura del suelo arcilloso (pesado).
3		Canal abierto revestido, presencia de sedimentos como arena, materia orgánica como raíces de árboles, poca basura y piedras, algas en el fondo del canal, canal poco profundo con ancho aproximado de 1 metro, poco mantenimiento.

b) Eficiencia de conducción

La eficiencia de conducción en las secciones 1, 2 y 3 fue de 95.39%, 95.72%, 99.60% (Tabla 9), respectivamente, categorizadas como aceptables de acuerdo a los criterios establecidos en la Tabla 6.

Tabla 9. Eficiencia de conducción en las tres secciones

Sección	Qi (m ³ h ⁻¹)	Qf (m ³ h ⁻¹)	Efc (%)	Longitud (m)	Interpretación
1	622.76	594.07	95.39	118.3	Aceptable
2	560.48	536.47	95.72	113.7	Aceptable
3	254.63	253.62	99.6	104.5	Aceptable

En la primera y segunda sección se pierde alrededor del 5% del caudal aforado correspondiente al primer punto de cada tramo, mientras que en la tercera sección se perdió el 1% del caudal que atravesó por el primer punto de dicho tramo (Tabla 9).

Los porcentajes de caudales perdidos tanto del primero, segundo y tercer tramo representan a un caudal perdido durante ese trayecto de: $28.69 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$; $24.01 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$; $1.37 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, respectivamente (Figura 10).

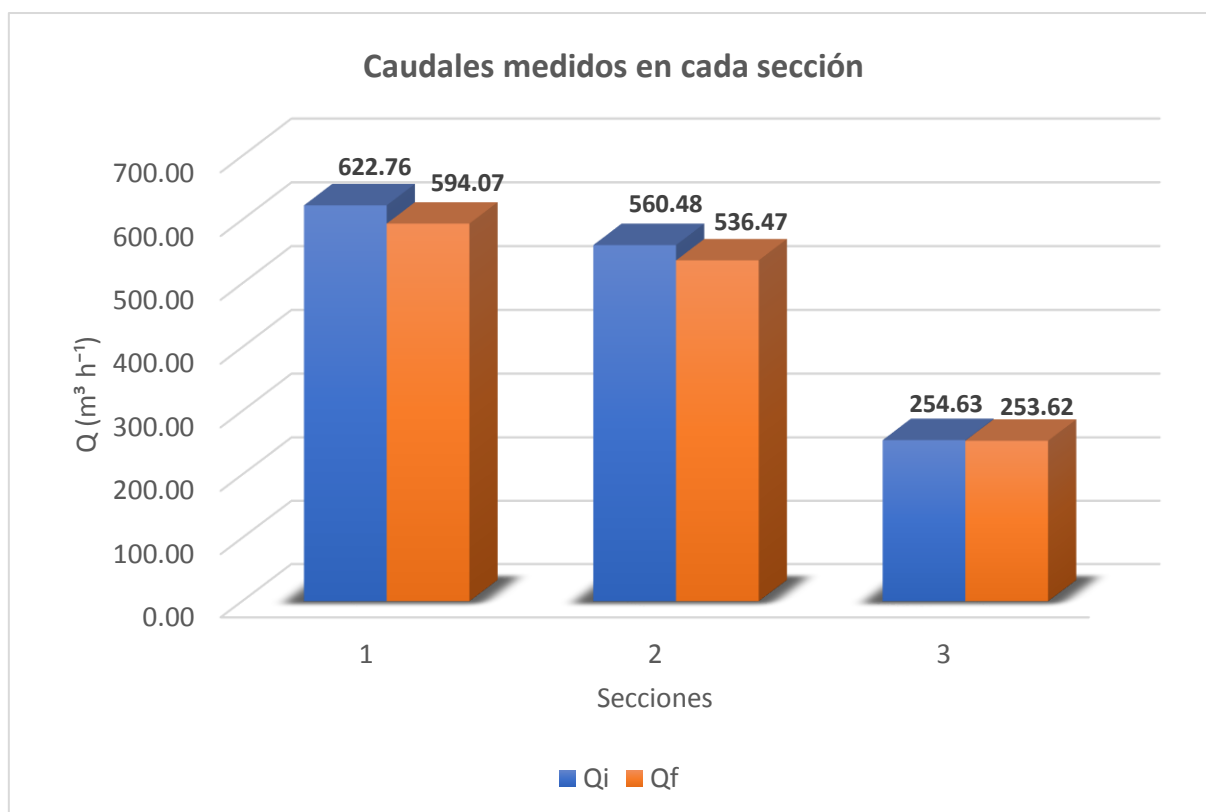


Figura 10. Caudales medidos en las secciones del canal principal

Según Núñez (2015), las pérdidas de agua en los canales de riego se producen por diferentes razones, principalmente por el tipo de cauce del canal, ya que en las dos primeras secciones donde se realizaron los aforos son canales de tipo abierto y no revestidos, en donde la vegetación y la evaporación directa desde el espejo de agua produjeron las pérdidas de caudales, producto de la infiltración, transpiración por la vegetación y la evaporación directa, mientras que en la tercera sección el canal fue de tipo abierto con revestimiento, en donde las pérdidas están dadas por la evaporación directa desde el espejo de agua y la tasa de infiltración es mínima.

Adicionalmente, las pérdidas de caudal o volúmenes de agua se producen debido a los problemas relacionados con un inadecuado mantenimiento del canal, por la falta de limpieza, puesto que en las tres secciones se encontró basura, piedras y arena acumulada, no permitiendo el flujo normal del caudal; en el caso de las dos primeras secciones, el canal fue de tipo abierto, con una infiltración baja por la textura del suelo arcilloso con una baja permeabilidad, y de acuerdo al tipo de vegetación, las pérdidas varían, son diferentes las pérdidas de caudales si los canales se encuentran rodeados por árboles, arbustos o hierbas, por las diferentes tasas de transpiración.

4.2. Eficiencia de conducción del canal secundario del óvalo 10

El 75 % de los usuarios presentan una eficiencia de conducción comprendida entre el 50% y el 56%, categorizada como baja, mientras que el 25% de los usuarios, resultaron con una eficiencia de conducción menor al 50%, categorizada como pobre (Tabla 10), siendo la eficiencia de conducción promedio del 52.30%.

Tabla 10. Eficiencia de conducción de los usuarios del óvalo

Sección	Po	P1 (Usuario)	Longitud (m)	Qf (m³ h⁻¹)	Efc (%)	Interpretación
1	Óvalo (Qi= 6.82 m³ h⁻¹)	1	62.03	3.780	55.47	Baja
2		2	248.52	3.791	55.63	Baja
3		3	312.91	3.744	54.94	Baja
4		4	279.71	3.780	55.47	Baja
5		5	316.48	3.769	55.31	Baja
6		6	311.40	3.701	54.31	Baja
7		7	368.80	3.712	54.46	Baja
8		8	281.43	3.722	54.62	Baja
9		9	346.71	3.694	54.20	Baja
10		10	217.32	3.733	54.78	Baja
11		11	388.28	3.719	54.57	Baja
12		12	405.89	3.528	51.77	Baja
13		13	535.55	3.485	51.14	Baja
14		14	619.67	3.431	50.34	Baja
15		15	716.22	3.395	49.82	Pobre
16		16	760.35	3.359	49.29	Pobre
17		17	903.49	3.251	47.70	Pobre
18		18	904.39	3.240	47.54	Pobre
19		19	475.80	2.700	39.62	Pobre
20		20	457.21	3.744	54.94	Baja
				$\bar{X}$	52.30	

Los usuarios que reciben un caudal mayor al 50% son aquellos que se encuentran al inicio del óvalo, donde la distancia de recorrido del agua es pequeña, mientras que, los que reciben menos del 50% del caudal de ingreso, son aquellos que se encuentran muy distantes del óvalo y además intervienen los problemas causados por la infraestructura hidráulica, especialmente de las compuertas y/o repartidores que se encuentran en mal estado, a través de los cuales, después de haber terminado el turno de riego del usuario, el agua sigue fluyendo por dichas compuertas, perdiéndose caudal en el trayecto del agua hasta cada usuario, es por eso que a partir del usuario 14, el caudal va disminuyendo consecutivamente hasta llegar al usuario 18, de la misma manera, la eficiencia de conducción va reduciéndose con respecto a los usuarios que lo anteceden (Figura 20), sin embargo, el usuario 19 tiene acceso al agua permanentemente, debido a su necesidad hídrica, ya que es el usuario con la mayor área regable que los demás usuarios de dicho óvalo, lo cual no es un problema de infraestructura sino más bien de operación, gran parte de los canales dentro del óvalo 10, son de tipo abierto revestido, revestido cerrado y entubados (Figura 12), reduciéndose las pérdidas por infiltración y evaporación.

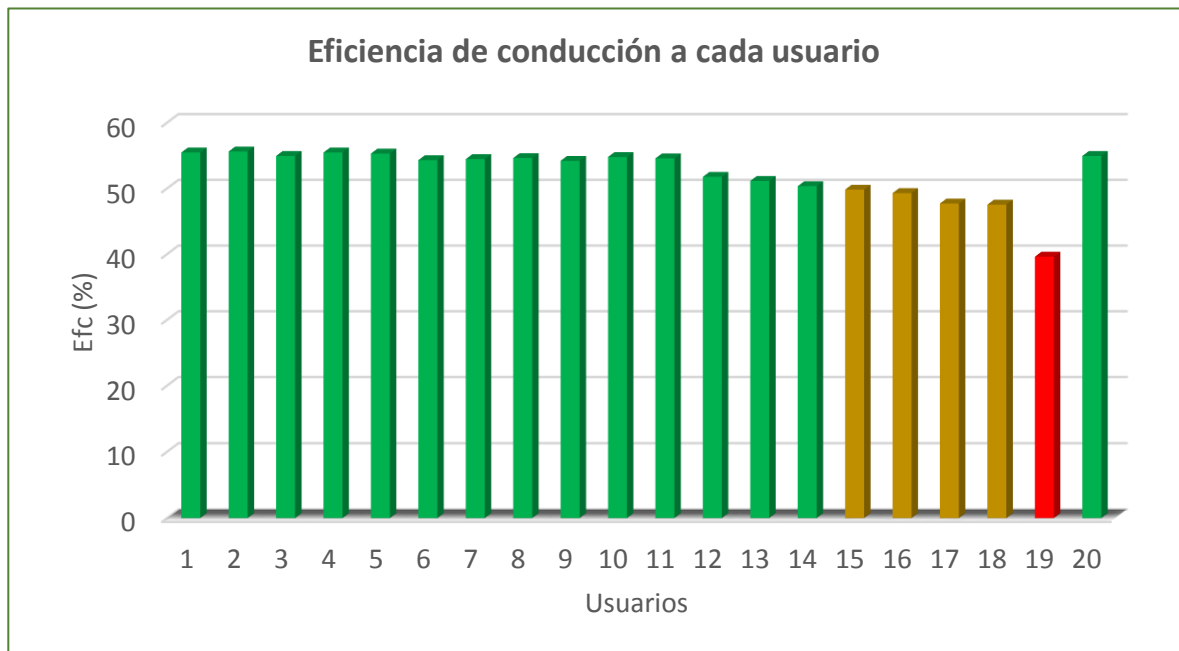


Figura 11. Eficiencia de conducción en el óvalo 10

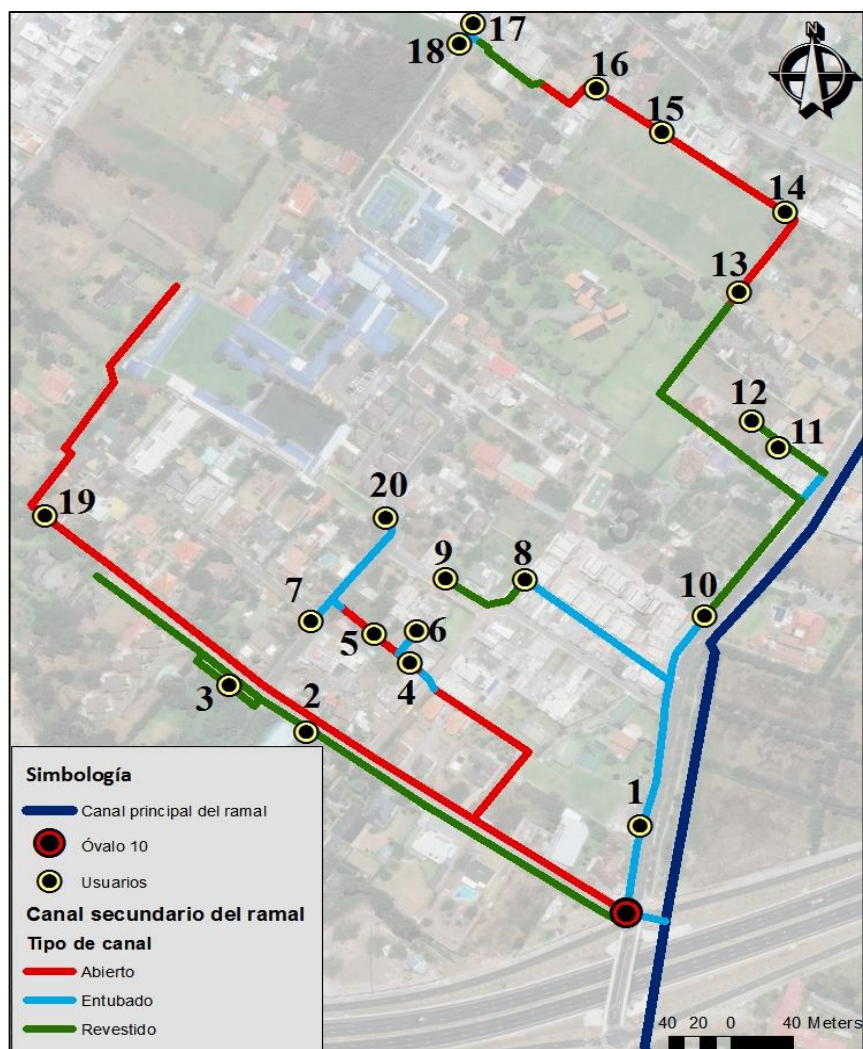


Figura 12. Infraestructura hidráulica en el óvalo 10

4.3. Eficiencia de distribución del agua de riego en el óvalo

La eficiencia de distribución del óvalo promedio fue del 53.07 % (Tabla 11), esto quiere decir que el agua distribuido a cada uno de los usuarios no es uniforme con respecto a la superficie regable de cada uno de los usuarios, existe una distribución pobre, posiblemente podría ser el problema de operación debido a que los tiempos de riego asignados a cada uno de los usuarios con el caudal de ingreso establecido en la tabla 11, no se determinó usando un modelo matemático en base a la superficie regable y los requerimientos hídricos de los cultivos, sino que fueron asignados de acuerdo al pedido de los usuarios dependiendo de lo que ellos suponían necesitar y a lo que podían pagar anualmente.

Tabla 11. Volumen de agua entregado (VE) a los usuarios

Usuario	Q (m ³ h ⁻¹)	TRA (h)	V (m ³)	Superficie (ha)	VE (m ³ ha ⁻¹)	Y- $\bar{X}$
1	3.78	6	22.68	0.35	64.80	109.65
2	3.79	8	30.33	0.09	346.51	172.06
3	3.74	8	29.95	0.51	59.04	115.41
4	3.78	4	15.12	0.03	506.53	332.08
5	3.77	4	15.08	0.08	177.79	3.34
6	3.7	4	14.8	0.07	214.57	40.12
7	3.71	4	14.85	0.11	130.13	44.32
8	3.72	6	22.33	0.19	115.71	58.74
9	3.69	6	22.16	0.07	309.00	134.55
10	3.73	25	93.33	0.68	136.47	37.98
11	3.72	6	22.31	0.08	288.61	114.16
12	3.53	6	21.17	0.25	83.59	90.86
13	3.48	4	13.94	0.44	11.00	163.45
14	3.43	4	13.72	0.12	117.93	56.52
15	3.39	4	13.58	0.1	137.96	36.49
16	3.36	4	13.44	0.05	252.49	78.04
17	3.25	38	123.53	1.2	102.81	71.64
18	3.24	63	204.12	1.98	102.92	71.53
19	2.7	120	324	3.08	105.16	69.29
20	3.74	27	101.09	0.45	225.93	51.48
					$\bar{X}$	174.4475
					Σ	1851.7
					Σ/n	92.59
					Efd (%)	53.07

4.4. Eficiencia de transporte

La eficiencia de transporte del óvalo fue del 27.76 %, quiere decir que este porcentaje recibe en promedio cada usuario del caudal de ingreso al óvalo, y el 72.24 % no ingresa al usuario, sino más bien son las pérdidas, tomando en consideración que el 40 % del agua que ingresa al óvalo es distribuido solamente al usuario 19, y el 32.24 %, pertenece al caudal perdido, ya sea por el tipo de canal, el mal estado de las compuertas de distribución, las pérdidas por infiltración y evaporación.

4.5. Determinación de sobre o subirrigación en los usuarios del óvalo

a) Tiempos de riego

Los tiempos de riego para el análisis de sobre o subirrigación, se escogió para el mes de agosto (tiempo máximo de riego, Tabla 12), debido a que es el mes donde existe el pico más alto de la tasa de

evapotranspiración de los cultivos con respecto a los demás meses, ya que sus condiciones ambientales son muy desfavorables, y de acuerdo al tiempo máximo de riego se deben hacer los tiempos de riego, por lo tanto, en el mes de agosto se requiere mayor tiempo de riego para reponer las necesidades hídricas de los cultivos.

Tabla 12. Tiempo de riego máximo requerido por cada usuario

N°	Usuario	Q (m ³ h ⁻¹)	Área (ha)	TRA (h)	TRC (h)	Sobreirrigación /subirrigación
1	Leguisamo de Córdova María	3.78	0.35	6	13.8	-7.8
2	Viteri Paredes Luis Antonio	3.79	0.09	8	3.5	4.5
3	Viteri Espinosa Esteban Roberto	3.74	0.51	8	20.5	-12.5
4	De la Cruz Chinchero Rosa María	3.78	0.03	4	1.2	2.8
5	Aules Chinchero Luis y Hna.	3.77	0.08	4	3.3	0.7
6	Guido Mantilla	3.70	0.07	4	2.8	1.2
7	Centro de Desarrollo Integral	3.71	0.11	4	4.6	-0.6
8	Velastegui Carlota del Pilar	3.72	0.19	6	7.7	-1.7
9	Hnos López de la Cruz	3.69	0.07	6	3.0	3.0
10	Almeida Flores Eduardo	3.73	0.68	25	27.3	-2.3
11	Salazar Jibaja Lucila	3.72	0.08	6	2.9	3.1
12	Herederos Jibaja Martínez	3.53	0.25	6	9.4	-3.4
13	Acero Tuza Juan Carlos	3.48	0.44	4	13.8	-9.8
14	Andrade Andrade Abelardo	3.43	0.12	4	5.2	-1.2
15	Zarate Bolaños José Julio	3.39	0.10	4	3.7	0.3
16	Zarate Bolaños Rosa Matilde	3.36	0.05	4	2.4	1.6
17	Marie Clarac	3.25	1.20	38	56.0	-18.0
18	Recalde Fernández Salvador Galo R	3.24	1.98	63	93.9	-30.9
19	Hnos. Recalde Maldonado	2.70	3.08	120	174.7	-54.7
20	Fundación Engling/Maldonado Laura	3.708	0.45	27	11.7	15.3

TRA: Tiempo de riego asignado

TRC: Tiempo de riego calculado

Dependiendo del caudal de ingreso a cada usuario, la superficie de riego, el tipo de cultivo y el método de riego, el tiempo de riego es diferente, por ejemplo, el usuario 19 tiene un área regable mayor que los demás los usuarios y con un caudal menor, por lo tanto, el tiempo de riego para cubrir la demanda hídrica de los cultivos es mayor, el usuario 4 tiene un mayor caudal que el usuario 19, pero tiene una menor área regable que los demás usuarios, por lo tanto el tiempo de riego calculado es menor.

La comparación entre el tiempo de riego asignado a cada usuario con el tiempo de riego calculado (Tabla 12), determina si los usuarios están sobre o subirrigando sus cultivos con el caudal y tiempo de riego asignados.

En la Tabla 12, se observan los tiempos de riego donde, los casilleros con fondo y letras de color rojo, indican que los usuarios están subirrigando sus cultivos, es decir, que existe un déficit hídrico para los cultivos, mientras que los casilleros restantes, indican que los usuarios están sobreirrigando sus cultivos. Sin embargo, en la mayoría de los usuarios existe subirrigación, a excepción de los usuarios 2, 4, 5, 6, 9, 11, 16, 20, que presentan sobreirrigación, en la misma Tabla se puede observar cuales son

las horas excedentes con respecto al tiempo de riego asignado y las horas faltantes para cubrir sus necesidades hídricas.

Los tiempos de riego de los usuarios que presentan sobreirrigación, se debe a los tiempos de riego asignados a cada usuario del óvalo 10, por la J.G.U.SIR.TUM, fueron elaborados en base al área regable, sin tomar en cuenta las condiciones ambientales, características del suelo como textura, capacidad de almacenamiento de humedad en el suelo después de una precipitación, evapotranspiración de los cultivos, el tipo de cultivo que cada usuario tiene implementado, debido a que cada cultivo tiene diferentes necesidades hídricas dependiendo del estado fenológico y la evapotranspiración.

La tasa de evapotranspiración de los cultivos a causa de los cambios de las condiciones ambientales como: la intensidad de precipitaciones, radiación solar, temperatura, velocidad del viento y humedad relativa de cada uno de los meses del año para dicha zona, hacen que los tiempos de riego con un caudal conocido sea diferente para cada uno de los meses del año y para cada usuario.

5. CONCLUSIONES

La presente investigación permitió finalizar con las siguientes conclusiones:

El aforo de caudales, el tipo de canal, el estado de los canales, las condiciones ambientales, la operación y mantenimiento de un sistema de riego, permiten determinar tanto la eficiencia de conducción del canal principal como de los canales de distribución hacia los usuarios; las eficiencias de conducción para las tres seccionas definidas al inicio, medio y final del canal principal del ramal “El Pueblo”, resultaron ser aceptables, tanto para los dos primeros canales abiertos sin revestimiento, como para el canal de tipo abierto con revestimiento, cuya alta eficiencia es debido a la corta distancia entre punto a punto de cada sección, sin embargo, en los canales abiertos sin revestimiento su eficiencia fue más baja con relación a la eficiencia de conducción del canal abierto revestido.

Las pérdidas de caudales se producen principalmente por la infiltración a través de la superficie del suelo, que ocurre en mayor grado en canales de tierra de tipo arenoso y en menor grado en canales de tierra de tipo arcilloso, adicional a ello, el efecto de la evaporación directa que es ocasionada por la radiación solar y la temperatura, sobre todo en canales abiertos, sean de tierra o revestidos, otra de las razones por la que el agua se pierde durante el trayecto es por la absorción de las raíces de la vegetación que se encuentra en el cauce de los canales sin revestimiento, por ejemplo: árboles, arbustos y hierbas, presenciados durante el recorrido por el canal principal del ramal “El Pueblo”, y finalmente las derivaciones de caudal por las estructuras hidráulicas como compuertas en mal estado o deterioradas.

Las pérdidas de caudal durante un la red de canales, por la evaporación directa, infiltración y el estado de las compuertas hacia los diferentes usuarios, permiten determinar la eficiencia de conducción desde el óvalo hacia los usuarios, resultando en la mayoría de los usuarios una Efc de baja a pobre, sin embargo, este resultado se debió a que un usuario toma alrededor del 40 % del caudal de ingreso hacia el óvalo y el caudal restante se reparte por turnos hacia los demás usuarios; la eficiencia de distribución, está influenciada principalmente por la pérdida de caudal a través de las compuertas, disminuyendo así consecutivamente hasta el último usuario.

Para determinar el tiempo de riego se tomó en consideración aspectos como: caudal de ingreso a cada usuario, área regable, tipo de cultivo y las condiciones edafoclimáticas. Los tiempos de riego determinados para cada uno de los usuarios pertenecientes al óvalo 10 del ramal “El Pueblo”, permitieron conocer que la mayoría de los usuarios en el mes de agosto presentaron subirrigación en sus cultivos, considerando que en éste mes en donde las condiciones climáticas incrementan la tasa de evapotranspiración por parte de los cultivos con relación a los demás meses.

6. RECOMENDACIONES

Durante las mediciones con el medidor Parshall es necesario considerar las pérdidas de caudal que se dan fuera del Parshall, para reducir tales pérdidas es recomendable tratar de sellar con cualquier objeto lo más que se pueda, donde existen fugas de caudal y al momento de realizar los cálculos tomar en cuenta las pérdidas que se den a pesar de haber sellado la mayor parte de orificios donde se presentaban tales fugas.

Para mejorar la eficiencia de conducción del canal principal del ramal “El Pueblo” es necesario revestir las secciones donde existan mayores pérdidas de caudal, debido a la existencia de un bosque y que es la principal causa de las pérdidas tanto por infiltración como por absorción de las raíces de los árboles de eucalipto, se debe mejorar la administración de la J.G.U.SIR.TUM, conjuntamente mejorar el mantenimiento del canal principal en general, como por ejemplo: la limpieza de la vegetación acumulada, arena, piedras y la basura que arrojan al canal, en el recorrido se logró evidenciar la presencia de basura, tanto la vegetación y basura acumulada no permite el flujo normal del agua de riego a través del canal produciendo desbordamientos, mejorar la infraestructura hidráulica que se encuentra en mal estado, sobre todo las compuertas y repartidores hacia los diferentes óvalos y usuarios de los óvalos, debido al paso de caudal por las compuertas a pesar de que las compuertas se encuentran cerradas.

Tener mayor control acerca de la existencia de infraestructuras de desagües, que siendo un canal de riego para cultivos, es utilizada como desagüe de predios, cuyas aguas se dirigen hacia el canal principal haciendo que el agua aparte de la basura existente en el canal, quede mucho más contaminada y no sea apta para el riego de los cultivos, razón por la cual según mediciones del pH en las tres secciones es de alrededor de 8.5, sin embargo esta agua es utilizada para irrigar los cultivos.

Ajustar los tiempos de riego para cada usuario, tomando como referencia el tiempo máximo de riego. El crecimiento y desarrollo de los cultivos depende mucho del aporte ideal y de calidad del agua de riego. Los tiempos de riego excesivos pueden contraer problemas en este aspecto, tales como la presencia de enfermedades así como por ejemplo bacterias y hongos, y que por la alta humedad relativa y edáfica, van generando pudriciones radiculares, además la saturación del suelo produce la asfixia y la falta de oxígeno en la zona radicular de los cultivos presentando síntomas como marchitamiento y amarillamiento en las hojas, otro de los problemas con los riegos excesivos es el lavado de macro y micro nutrientes del suelo por percolación profunda. Por otro lado el déficit hídrico en los cultivos de la misma manera altera los procesos fisiológicos de los cultivos, no existe la disolución de los macro y micronutrientes en la solución del suelo para que las plantas puedan aprovecharlos, presentándose también síntomas como marchitamientos y amarillamiento en las hojas, el exceso como el déficit hídrico en los cultivos por los problemas mencionados hacen que los rendimientos bajen en su totalidad, es recomendable que los suelos donde están establecidos los cultivos se mantengan en el punto medio de humedad del suelo, es decir a capacidad de campo y no excediéndose en grandes volúmenes de agua de riego más de lo requerido.

7. RESUMEN

El riego en la agricultura es una actividad muy importante tanto para el crecimiento y desarrollo de los diferentes cultivos, permitiendo así el crecimiento económico y la soberanía alimentaria de una nación, sin embargo en muchas naciones existe la escasez del agua del recurso hídrico para riego, debido a la gran demanda del recurso hídrico para distintos usos que ha incrementado su costo, limitándose para el uso en las actividades agrícolas, en Ecuador gran parte del recurso hídrico es destinado para ser usado en la agricultura, estimándose una superficie 8 millones de hectáreas cultivables, sin embargo el 12 % de dicha superficie tienen la posibilidad de acceder a un sistema de riego construido por el estado.

El resultado de un manejo ineficiente de la parte administrativa los sistemas de riego, han generado problemas en la distribución equitativa, pues la distribución del agua de riego ha estado obligado a seguir procesos políticos y no técnicos como se debería, adicionalmente el uso irracional del agua de riego por parte de los usuarios son los principales problemas que en la actualidad afectan a las comunidades y sector productivo, y la no asignación de un volumen de agua de acuerdo a una necesidad hídrica de cultivos de cada uno los usuarios.

En este estudio se propuso determinar la eficiencia de conducción en tres tramos del canal principal del ramal “El Pueblo”, la eficiencia de distribución del agua de riego a los usuarios pertenecientes al óvalo 10 del Sistema de Riego Tumbaco y finalmente mediante cálculo del tiempo de riego requerido por cada uno de los usuarios analizar si existe sobre o subirrigación.

El estudio se realizó en el ramal “El Pueblo” del Sistema de Riego Tumbaco, para cumplir con los objetivos planteados se levantó información como: la ubicación de las tres secciones al inicio, al medio y final del canal principal del ramal, óvalo 10, usuarios y turnos de riego de dicho óvalo.

Se procedió levantar información de cada una de las secciones como tipo de canal, estado de canal, presencia de material flotante, etc. y posteriormente la medición de caudal utilizando el instrumento Parshall de 9” con tres repeticiones, y para las mediciones del caudal de ingreso al óvalo y usuarios se lo realizó mediante el método volumétrico, con los datos de los caudales aforados y posteriormente promediados en cada punto, se determinó la Efc y Efd, y a su vez fueron interpretados bajo los criterios establecidos por la FAO.

Para la determinación de la existencia de sobre o subirrigación durante el riego en cada una de las parcelas de los usuarios, se determinó el tiempo de riego mediante el cálculo de las necesidades hídricas de los cultivos, y si el tiempo de riego calculado es mayor al asignado por la JRT existe subirrigación, es decir que no cubren las necesidades hídricas de los cultivos, y si el tiempo de riego calculado es menor que el asignado, existe sobreirrigación.

Para la primera, segunda y tercera sección las eficiencias de conducción del agua de riego fueron de 95,39 %; 95.72 %; 99.60 % respectivamente, categorizado como aceptable. El 75 % de los usuarios presentan una eficiencia de conducción del 50 % al 56 %, categorizada como baja, y el 25 % que corresponden a los usuarios 15, 16, 17, 18 y 19, resultaron con una eficiencia de conducción menor al 50 %, categorizada como pobre.

Las pérdidas de agua en los canales de riego se dan debido a diferentes razones, principalmente al tipo de canal o infraestructura, su mantenimiento, la vegetación, la exposición directa al sol y la distancia que el agua debe recorrer.

La Eficiencia de distribución del óvalo resultó de 53.07 %, es decir que el agua distribuido a cada uno de los usuarios no es uniforme con respecto a la superficie regable de cada uno de los usuarios, existe una mala distribución, debido a que los tiempos de riego asignados a cada uno de los usuarios, no se determinó usando un modelo matemático.

Dependiendo del caudal de ingreso a cada usuario, superficie de riego, tipo de cultivo, método de riego; el tiempo de riego es diferente, el usuario 19 tiene un área regable mayor que demás los usuarios y con un caudal menor que todos los usuarios, por lo tanto el tiempo de riego para cubrir la demanda hídrica de los cultivos es mayor, el usuario 4 tiene un mayor caudal que el usuario 19, pero tiene una menor área regable que los demás usuarios, por lo tanto el tiempo de riego calculado es menor, en la mayoría de los usuarios existe subirrigación de los cultivos, a excepción de los usuarios 2, 4, 5, 6, 9, 11, 16, 20, que presentan sobreirrigación, los usuarios con sobreirrigación, son debido a que los tiempos de riego asignados no fueron elaborados en base al área regable, condiciones ambientales, características del suelo, características de los cultivos.

Se puede concluir que el aforo de caudales, el tipo de canal, el estado de los canales, las condiciones ambientales, la operación y mantenimiento de un sistema de riego, permiten determinar tanto la eficiencia de conducción del canal principal como de los canales de distribución hacia los usuarios, las pérdidas de caudales se producen principalmente por la infiltración a través de la superficie del suelo, el efecto de la evaporación directa ocasionada por la radiación solar y por las derivaciones de caudal por las estructuras hidráulicas como compuertas en mal estado o deterioradas.

Las pérdidas de caudal durante un largo trayecto, a causa de la evaporación, infiltración y el estado de las compuertas hacia los diferentes usuarios permiten determinar la eficiencia de conducción desde el óvalo hacia los usuarios, resultando en la mayoría de los usuarios una Efc de baja a pobre, sin embargo este resultado se debió a que un usuario toma alrededor del 40 % del caudal de ingreso hacia el óvalo, y el caudal restante repartido por turnos de riego hacia los demás usuarios, la diferencia de eficiencia de distribución, es debido a la distancia que el agua debe recorrer y por las compuertas de distribución hacia los usuarios que preceden a cada usuario, puesto que deriva caudales por dichas compuertas y no llega al usuario siguiente el mismo caudal que ha ingresado al óvalo, disminuyendo así consecutivamente hasta el último usuario.

Para mejorar la eficiencia de conducción, es necesario revestir las secciones donde existan mayores pérdidas de caudal, la administración de la J.G.U.SIR.TUM, y el mantenimiento del canal principal en general.

La determinación del tiempo de riego permite analizar si existe sobre o subirrigación en los usuarios y ajustar de mejor manera los tiempos de riego, el crecimiento y desarrollo de los cultivos depende mucho del aporte ideal y de calidad del agua de riego, tiempos de riego excesivos pueden contraer problemas en este aspecto, tales como la presencia de enfermedades por la alta humedad relativa y edáfica, van generando pudriciones radiculares, además la saturación del suelo produce la asfixia y la falta de oxígeno en la zona radicular de los cultivos presentando síntomas como marchitamiento y amarillamiento en las hojas, otro de los problemas con los riegos excesivos es el lavado de macro y micro nutrientes del suelo por percolación profunda. Por otro lado el déficit hídrico en los cultivos de la misma manera altera los procesos fisiológicos de los cultivos, no existe la disolución de los macro y micronutrientes en la solución del suelo para que las plantas puedan aprovecharlos, presentándose también síntomas como marchitamientos y amarillamiento en las hojas, el exceso como el déficit hídrico en los cultivos por los problemas mencionados hacen que los rendimientos bajen en su totalidad, es recomendable que los suelos donde están establecidos los cultivos se mantengan en el punto medio de humedad del suelo, es decir a capacidad de campo y evitando la saturación del suelo y además el punto de marchitez permanente, no excediéndose en grandes volúmenes de agua de riego más de lo requerido.

SUMMARY

Irrigation in agriculture is a very important activity for both the growth and development of different crops, thus allowing the economic growth and food sovereignty of a nation, however in many nations there is a shortage of water from the water resource for irrigation, Due to the high demand of water resources for different uses that have increased its cost, limited to use in agricultural activities, in Ecuador much of the water resource is destined to be used in agriculture, estimating an area of 8 million hectares However, 12% of this area has the possibility of accessing an irrigation system built by the state.

The result of an inefficient management of the irrigation systems administrative part, have generated problems in the equitable distribution, since the distribution of the irrigation water has been forced to follow political and non-technical processes as it should, in addition the irrational use of water Irrigation by users are the main problems that currently affect the communities and the productive sector, and the non-allocation of a volume of water according to a water need for each user's crops.

In this study, it was proposed to determine the driving efficiency in three sections of the main channel of the "El Pueblo" branch, the efficiency of irrigation water distribution to the users belonging to the oval 10 of the Tumbaco Irrigation System and finally by calculating the time of Irrigation required by each of the users to analyze if there is an overrun or subirrigation.

The study was carried out in the "El Pueblo" branch of the Tumbaco Irrigation System, in order to meet the stated objectives, information was gathered such as: the location of the three sections at the beginning, middle and end of the main channel of the branch, oval 10, users and irrigation shifts of said oval.

We proceeded to collect information from each of the sections such as channel type, channel status, presence of floating material, etc. and later the flow measurement using the Parshall instrument of 9 " with three repetitions, and for the measurements of the flow of income to the oval and users was carried out by means of the volumetric method, with the data of the volumetric flows and later averaged in each point , the Efc and Efd were determined, and in turn they were interpreted according to the criteria established by the FAO.

For the determination of the existence of sobre or subirrigación during the irrigation in each one of the parcels of the users, the time of irrigation was determined by means of the calculation of the hydric needs of the crops, and if the time of calculated irrigation is greater than assigned by the JRT there is augmentation, that is, they do not cover the water needs of the crops, and if the calculated irrigation time is less than the assigned one, there is over irrigation.

For the first, second and third sections, irrigation water conduction efficiencies were 95.39%; 95.72%; 99.60% respectively, categorized as acceptable. 75% of users have a driving efficiency of 50% to 56%, categorized as low, and 25% that correspond to users 15, 16, 17, 18 and 19, resulted with a driving efficiency of less than 50 %, categorized as poor.

Water losses in irrigation canals occur due to different reasons, mainly to the type of canal or infrastructure, its maintenance, vegetation, direct exposure to the sun and the distance that water must travel.

The efficiency of distribution of the oval resulted from 53.07%, that is to say that the water distributed to each one of the users is not uniform with respect to the irrigable surface of each one of the users, there is a bad distribution, because the times of Irrigation assigned to each of the users, was not determined using a mathematical model.

Depending on the flow of income to each user, irrigation surface, type of crop, irrigation method; the irrigation time is different, the user 19 has a larger irrigable area than the other users and with a lower flow than all the users, therefore the irrigation time to cover the water demand of the crops is greater, the user 4 It has a higher flow rate than the user 19, but it has a smaller irrigable area than other users, therefore the calculated irrigation time is less, in the majority of users there is crop up-irrigation, except for users 2, 4, 5, 6, 9, 11, 16, 20, that present sobreirrigación, users with sobreirrigación, are due to the assigned irrigation times were not elaborated based on the irrigable area, environmental conditions, characteristics of the soil, characteristics of the crops.

It can be concluded that the flow rate, the type of channel, the state of the channels, the environmental conditions, the operation and maintenance of an irrigation system, allow to determine both the efficiency of driving the main channel and the distribution channels Towards the users, the losses of flows are produced mainly by the infiltration through the surface of the soil, the effect of the direct evaporation caused by the solar radiation and by the derivations of flow through the hydraulic structures such as gates in poor condition or deteriorated .

The losses of flow during a long journey, due to evaporation, infiltration and the status of the gates to the different users allow to determine the driving efficiency from the oval to the users, resulting in the majority of users a low E_{fc} poor, however this result was due to a user taking about 40% of the income flow to the oval, and the remaining flow distributed by irrigation shifts to other users, the difference in distribution efficiency, is due to the distance that the water must travel and through the distribution gates to the users that precede each user, since it derives flows through said gates and does not reach the next user the same flow that has entered the oval, thus decreasing consecutively until the last user.

To improve the driving efficiency, it is necessary to cover the sections where there are greater flow losses, the administration of the J.G.U.SIR.TUM, and the maintenance of the main channel in general.

The determination of the time of irrigation allows to analyze if there is sobre or subirrigación in the users and to adjust of better way the times of irrigation, the growth and development of the crops depends a lot of the ideal contribution and of quality of the water of irrigation, times of irrigation excessive can get problems in this aspect, such as the presence of diseases due to high relative humidity and soil, they generate radicular decay, in addition the saturation of the soil produces asphyxia and lack of oxygen in the root zone of crops presenting symptoms such as wilting and yellowing in the leaves, another problem with excessive irrigation is the washing of macro and micro nutrients from the soil by deep percolation. On the other hand the water deficit in the crops in the same way alters the physiological process of the crops, there is no dissolution of the macro and micronutrients in the soil solution so that the plants can take advantage of them, also presenting symptoms such as wilting and yellowing in the leaves, the excess like the hydric deficit in the crops for the mentioned problems make the yields fall in their totality, it is recommended that the soils where the crops are established are kept at the midpoint of soil moisture, that is to say, field and avoiding the saturation of the soil and also the point of permanent wilting, not exceeding large volumes of irrigation water more than required.

8. REFERENCIAS

- Allen, R. (2006). *Evapotranspiración del cultivo. Documento FAO 56. Serie Riego y Drenaje*. FAO, Roma.
- Álvarez, R. (2011). *Conagua da Impulso al Desarrollo del Campo*. Recuperado el 09 de Septiembre de 2018, de www.planetaazul.com.mx/site/.
- Apollin, F. (2012). *Riego campesino en Ecuador. Las experiencias innovadoras de Agrónomos y Veterinarios Sin Fronteras*.
- Apollin, F., & Eberhart, C. (1998). *Metodologías de análisis y diagnóstico de sistemas de Riego Campesino*. Ecuador: CAMAREN.
- Arteaga, S., & Fierro, G. (2015). *Valoración de la infraestructura de riego aplicado a Cuambo, parroquia Salinas, cantón Ibarra, Provincia de Imbabura. Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ing. Agronegocios Avalúos y Catastros*. Ibarra, Ecuador: Universidad Técnica del Norte. Recuperado el 08 de Septiembre de 2018, de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/4474>
- Asamblea Nacional, A. (2014). *Ley Orgánica De Recursos Hídricos, Usos Y Aprovechamiento del Agua*. Quito, Ecuador. Recuperado el 09 de Septiembre de 2018, de www.asambleanacional.gob.ec/es/multimedioslegislativos/35146-ley-organica-de-recursos-hidricos-usos-y-aprovechamiento-d-1
- Carrera, L. (1972). *Las obras hidráulicas y la supervivencia del Ecuador*. Quito, Ecuador: S/N.
- Claro, F. (1991). *Balance Hidrico*. HIMAT, Bogotá.
- Colimbo, G. R. (2000). *Estimacion de la Demanda de Agua de Riego*. Colimbo: Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Obtenido de <http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/9851/CNR-0244.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Estévez, B. (2016). *CARACTERIZACIÓN PREDIAL Y DE INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA DE RIEGO TUMBACO EN EL RAMAL EL PUEBLO*. Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas. Quito, Ecuador: Autor.
- Foro de Recursos Hídricos. (2008). *El despojo del agua y la necesidad de una transformación urgente*. Quito, Ecuador: CAMAREN. Recuperado el 09 de Septiembre de 2018, de <http://www.camaren.org/el-despojo-del-agua-y-lanecesidad-de-una-transformacion-urgente/>
- Fuentes, J., & García, G. (1999). *Técnicas de Riego / Sistemas de Riego en la Agricultura*. (M.-P.M. S.A.). Mexico:: s.n.
- Galecio, J. (2007). *Métodos de Aforo para la Estimación de la Recarga de Acuíferos, Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil*. Santiago de Chile, Chile: Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.
- Gornes, A. (2010). *Mala distribución del agua en Ecuador*. Quito, Ecuador: NOTICIAS. Recuperado el 09 de Septiembre de 2018, de <http://www.noticias.nl/audio/mala-distribuci%C3%B3n-del-agua-en-ecuador>
- Junta General de Riego Tumbaco. (2015). *Proyecto de Catastro de Usuarios*. Quito, Ecuador.

- Lagos, E. (2006). *Estudio de distribución técnica del agua, para 242 usuarios del ramal El Pueblo - sistema de riego Tumbaco. Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ing. Agr.* Quito, Ecuador: Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas.
- Núñez, A. (2015). *Eficiencia para sistemas de riego.* Lima, Perú. Recuperado el 09 de Septiembre de 2018, de http://minagri.gob.pe/portal/download/pdf/manual-riego/manual_determinacion_eficiencia_riego.pdf
- Organización Meteorológica Mundial. (2001). *Guía de prácticas hidrológicas.* OMM-No. 168 (Sexta ed., Vol. I): Ginebra.
- Palacios, V. (1996). *Métodos de distribución y eficiencias en el uso del agua en los sistemas de riego.* Montecillo, México. Recuperado el 05 de Enero de 2019, de https://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros_html/manejo-dadr/files/assets/basic-html/page27.html
- Pereira, L. S. (2010). *El riego y sus tecnologías.* Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM), Albacete. España. Recuperado el 09 de Septiembre de 2018, de crea.uclm.es/crea/descargas/_files/El_Riego_y_sus_Tecnologias.pdf
- Rios, A. (2015). La Ingeniería Agrícola del Agricultor. En *Instituto de investigaciones de Ingeniería Agrícola* (pág. 250p). La Habana: Editorial Infoima.
- Sistema Nacional de Información Ambiental. (2010). *Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Uso y Aprovechamiento del Agua.* Quito, Ecuador.
- Tamayo, C. (2012). *Curso para líderes de Organizaciones de Regantes. Marco Legal y Competencias.* MAGAP, Quito, Ecuador.
- Valdes, J. E. (2007). *Métodos de aforo para la estimación de la recarga de acuíferos.* Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile. Recuperado el 09 de Septiembre de 2018, de http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2007/galecio_j/sources/galecio_j.pdf

Vocabulario técnico según la Comisión Internacional de Riego y Drenaje (ICID)

- ✓ **Absorción:** Penetración de moléculas fluidas en un material poroso con el que estén en contacto, como consecuencia del gradiente de energía en la interfaz.
- ✓ **Administración (de riego):** Gobierno o dirección para hacer funcionar un sistema de riego, al efecto de sacarle utilidad. Integra actuaciones de mantenimiento y reparación de sus obras e instalaciones, junto a la organización de operaciones de riego.
- ✓ **Aportación:** Acción de llevar, conducir, traer. Cantidad de agua aportada.
- ✓ **Aprovechamiento (de agua):** Uso del agua para que sirva de provecho.
- ✓ **Caudal:** Cantidad de agua que mana o corre. Con esta acepción del DRAE, no es sinónimo de gasto.
- ✓ **Compuerta:** Plancha fuerte de madera o de hierro, que se desliza a través de una comente por carriles o correderas, y se coloca en los canales, diques, etc., para graduar o cortar el paso del agua, con accionamiento manual o motorizado, automático o no.
- ✓ **Concesión (de aguas):** Otorgamiento gubernativo que autoriza el volumen de agua que un sistema de riego podrá aportar y distribuir a su zona regable durante un tiempo prefijado. La concesión deberá ser establecida con una cierta garantía y se materializará en una dotación real en función de los recursos hídricos disponibles.
- ✓ **Control:** Regulación o mando, manual o automático, sobre un sistema. Aplicase al dominio sobre el comportamiento del agua en los elementos que determinan el funcionamiento de un sistema de riego (captación, almacenamiento, conducción, distribución, aplicación o avenamiento).
- ✓ **Déficit (de agua):** Falta o escasez del agua que se juzga necesaria, disponibilidad, estrés.
- ✓ **Desagüe:** Descarga.
- ✓ **Desarrollo:** Evolución de cosas u organismos, por medio del cual pasan de un estado a otro, incorporación de nuevas soluciones o técnicas.
- ✓ **Distribución:** División del agua entre los regantes, designando lo que a cada uno le corresponde, según voluntad, conveniencia, regla o derecho.
- ✓ **Dosis (de riego):** Cantidad o porción de agua que se aplica a una unidad de superficie de cultivo en cada operación de riego.
- ✓ **Eficiencia:** Virtud y facultad para lograr un efecto determinado con el uso racional de los medios necesarios. Económicamente indica producción de un proceso, en relación con sus costes. En caso del riego, suele ser cuantificada mediante indicadores o parámetros de calidad de gestión.
- ✓ **Escasez:** Condición opuesta a la de excedencia, cuando la cuantía de la cantidad de agua ofrecida es menor que la demandada al precio prevaleciente.
- ✓ **Estructura:** Organización en un cuerpo o sustancia mediante la distribución o disposición de sus elementos.
- ✓ **Excedente:** Se aplica a situaciones de un sistema de explotación cuando, atendidas las demandas, durante un tiempo determinado, de acuerdo con las normas de uso y reglas de explotación del sistema, y con las garantías establecidas, se genere un superávit de recursos hídricos.
- ✓ **Fiabilidad:** Probabilidad de que un sistema funcione en buenas condiciones técnicas, sin fallo, durante el tiempo previsto en proyecto.
- ✓ **Fuga:** Salida de agua por orificio o abertura (juntas y grietas) producidos accidentalmente.
- ✓ **Hidráulico:** Se aplica a la ingeniería que se dedica a la conducción y al aprovechamiento de las corrientes de agua.
- ✓ **Hídrico:** Perteneciente o relativo al agua
- ✓ **Infiltración:** Proceso por el que el agua entra en los poros o intersticios del suelo, a través de su horizonte superficial, desplazando al aire de los mismos.
- ✓ **Lámina (de riego):** Espesor de la capa de agua con que una superficie de tierra, supuestamente a nivel, quedaría cubierta por la aportación de un riego convencional (no localizado).
- ✓ **Manejo:** Aplicado al agua de riego, a los riegos, o a sistemas de riego, pueden ser preferibles otros términos, como administración, dirección, explotación, gerencia, gestión, gobierno, operación y uso.
- ✓ **Mantenimiento:** Conjunto de medidas de explotación para la conservación de los elementos de un sistema de riego, para dar permanencia a su funcionamiento correcto.

- ✓ **Marchitamiento:** Proceso de pérdida de vigor de la planta para el intercambio gaseoso con la atmósfera, la expansión celular en hojas y flores, etc., lo que puede repercutir en una limitación en la actividad vegetal (crecimiento vegetativo o desarrollo fisiológico) y, por tanto, en la cantidad y calidad de cosecha.
- ✓ **Mejoramiento:** Paso a un estado superior. De sistemas de riego.
- ✓ **Necesidad(es) (hídrica/s):** Cantidad de agua para satisfacer en un momento dado una demanda dada desabastecimiento, o de riego, o para usos industriales, etc.
- ✓ **Obra (hidráulica):** Construcción destinada a formar parte de un sistema de explotación hidráulico de fábrica, de hormigón, de tierra.
- ✓ **Operación (de riego):** Ejecución de labores para la conducción o distribución de agua de riego, o para el riego propiamente dicho, consistente en la aplicación de la misma en un cantero.
- ✓ **Optimización:** Acción y efecto de optimizar. Conforme a previsiones de demanda, en tiempo diferido, o en tiempo real.
- ✓ **Pérdidas (hídricas):** Agua que sale del dominio hidrográfico de un sistema de riego sin cumplir el objetivo para el que fue allí aportada. En parte se desperdicia como consumo por evaporación o transpiración y en parte escapa por filtraciones, fugas y descargas (sobrantes) fuera del dominio considerado.
- ✓ **Permeabilidad:** Capacidad de un cuerpo de dejar pasar un fluido a su través. Se usa para caracterizar el paso del agua en el suelo y la aireación.
- ✓ **Procesamiento (de datos):** Acto de someter datos a una serie de operaciones programadas.
- ✓ **Ramal (de aspersión / de goteo):** Tubería sobre la que se disponen (aspersores / goteros), dispuesta, a su vez, sobre la tubería de alimentación, o porta ramales.
- ✓ **Rendimiento:** Indicador de eficiencia técnica, también llamado rendimiento volumétrico. Aplicado al uso del agua de riego, el de conducción se define como la relación entre el agua útil entregada en las tornas, tras su transporte y distribución, y la derivada en cabeza del sistema.
- ✓ **Retención:** Interrupción o contención de una corriente de agua.
- ✓ **Riego:** Acción y efecto de regar o esparcir agua al suelo o a plantas cultivadas. Mediante diversas técnicas, se aplica agua a canteros o directamente sobre las plantas, para asegurar la producción de cultivos cuyas exigencias hídricas no son satisfechas por la aportación de procedencia natural.
- ✓ **Sequía:** Tiempo seco de larga duración con precipitación inferior a la media.
- ✓ **Zona regable:** Superficie que se riega en cada campaña o turno.
- ✓ **Tasa.** No debe ser usado para referirse a la intensidad de un proceso, como en intensidad, o velocidad, de infiltración.
- ✓ **Temperatura:** Magnitud física relacionada con la energía de agitación de las moléculas, que se percibe por la sensación de caliente o frío.
- ✓ **Textura (del suelo):** Proporción relativa de varias fracciones de partículas elementales de un suelo, agrupadas por su tamaño.
- ✓ **Tiempo:** Duración de un proceso. Así, el de cubrimiento del suelo, cuando el agua se aplica con riego por superficie.
- ✓ **Toma (de regante):** Abertura u orificio donde el agua de riego queda a disposición del usuario. Puede actuar como cabeza de control de una serie de ramificaciones que integran la correspondiente red de distribución terciaria.
- ✓ **Tubería.** Conducto formado por tubos donde se lleva el agua.
- ✓ **Vertedero:** Obra donde se vierte agua por encima de una pared cuya coronación horizontal ofrece utilidad con fines de aforo o de regulación de nivel.

9. ANEXOS

Anexo 1. Medidor Parshall de 9”.



1. Vista lateral de la estructura del canal Parshall 9”.



2. Prueba de Aforo de caudal.



3. Vista del interior del canal

Anexo 2. Problemas encontrados en el canal principal del ramal “El Pueblo”.



1. Desbordamientos



2. Piedras



3. Basura



4. Desagüe 1



5. Escombros y piedras



6. Desagüe 2



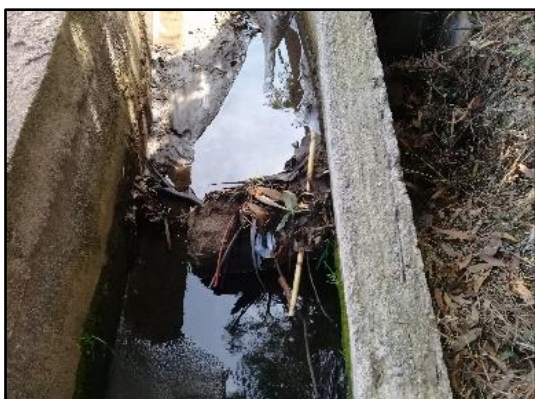
7. Tierra en canal



8. Basura no permite flujo normal



9. Acumulación vegetación



10. Piedras grandes y materia orgánica



11. Basura del bosque



12. Falta de limpieza



13. Infraestructuras mal estado



14. Árbol caído



15. Basura en canal tierra



16. Agua contaminada



17. Sedimentos de arena



18. Basura en ingreso de óvalo



19. Basura costados de canal



20. Piedras ingreso del óvalo



21. Derrumbes cana de tierra



21. Acumulación piedras canal final



22. Piedras y escombros en canal revestido y de tierra

Anexo 3. Formato de la ficha para el levantamiento de información para la determinación de la eficiencia de conducción

**UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS
INGENIERIA AGRONOMICA**



REGISTRO DE INFORMACION

EFICIENCIA DE CONDUCCION

RAMAL:

FECHA:

SECCION		
NOMBRE DEL SECTOR:		
PUNTO.....		
• COORDENADAS LATITUD _____ LONGITUD _____	UTM X _____ Y _____ ZONA _____	
METODOS		
AFORO QUIMICO $Q = \frac{C1 - C}{C - C2}$		q = 0.0621 C1=18.36 ds/m C=aguas abajo C2=aguas arriba
CONDUCTIVIDAD (Us/cm)		HORA
C2=aguas arriba	C=aguas abajo	
CANAL DE PARSHALL $Q = 0.013762 ha^{1.53} \quad ha = (mm)$		Ha = altura en la convergencia
ALTURA EN LA CONVERGENCIA (cm)		HORA

VERTEDERO RECTANGULAR $Q = 1,7 \cdot 0,4m \cdot h^{3/2}$ $h =$ en metros	
<i>ALTURA carga hidráulica (cm)</i>	HORA
OBSERVACIONES	
1.-TIPO CANAL: Revestido ☐ No revestido ☐ _____ _____	
2.- PASTO: Presencia ☐ Ausencia ☐ _____ _____	
3.- MATERIAL FLOTENTE (Especificar qué tipo de material es por ejemplo: basura): 	
4.- OBRAS CIVILES (Especificar qué tipo de obra es por ejemplo: alcantarillado o vereda): 	
5.- NOTAS _____ _____ _____ _____	

Anexo 4. Respaldos fotográficos de aforo en las secciones del canal principal del ramal.



1.



2.



3.

Anexo 5. Padrón de usuarios del óvalo 10 del ramal “El Pueblo” proporcionada por la J.G.U.SIR.TUM.

Calendarios Individuales

19/09/2018

Pueblo

Ovalo 10-31

Junta General de Usuarios del Sistema de Riego Tumbaco

Dirección: Zoila Carrera s/n y
Antonio José de Sucre
Telf. 2376-531

Usuario: Leguisamo de Cordova Maria

Numero horas: 6

Ramal: Pueblo

Ovalo: Ovalo 10-31

Superficie: 0.30 hectareas

DIAS								
TURNO	1 y 16	2 y 17	3 y 18	4 y 19	5 y 20	6 y 21	7 y 22	8 y 23
PRIMERO	12:00 a. m. a	.	.	.	.	.	.	.
TERCERO	06:00 a. m							
TURNO	8 y 23	9 y 24	10 y 25	11 y 26	12 y 27	13 y 28	14 y 29	15 y 30
SEGUNDO	12:00 p. m. a	.	.	.	.	.	.	.
CUARTO	06:00 p. m							

Junta General de Usuarios del Sistema de Riego Tumbaco

Dirección: Zoila Carrera s/n y
Antonio José de Sucre
Telf. 2376-531

Usuario: Ojeda Godoy Jorge Armando

Numero horas: 2

Ramal: Pueblo

Ovalo: Ovalo 10-31

Superficie: 0.10 hectareas

DIAS								
TURNO	1 y 16	2 y 17	3 y 18	4 y 19	5 y 20	6 y 21	7 y 22	8 y 23
PRIMERO	06:00 a. m. a	.	.	.	.	.	.	.
TERCERO	08:00 a. m							
TURNO	8 y 23	9 y 24	10 y 25	11 y 26	12 y 27	13 y 28	14 y 29	15 y 30
SEGUNDO	06:00 p. m. a	.	.	.	.	.	.	.
CUARTO	08:00 p. m							

Junta General de Usuarios del Sistema de Riego Tumbaco

Dirección: Zoila Carrera s/n y
Antonio José de Sucre
Telf. 2376-531

Usuario: Velastegui Carlota del Pilar

Numero horas: 6

Ramal: Pueblo

Ovalo: Ovalo 10-31

Superficie: 0.30 hectareas

DIAS								
TURNO	1 y 16	2 y 17	3 y 18	4 y 19	5 y 20	6 y 21	7 y 22	8 y 23
PRIMERO	08:00 a. m. a	.	.	.	.	.	.	.
TERCERO	02:00 p. m							
TURNO	8 y 23	9 y 24	10 y 25	11 y 26	12 y 27	13 y 28	14 y 29	15 y 30
SEGUNDO	08:00 p. m. a	12:00 a. m. a	.	.	.	.	.	.
CUARTO	00:00	02:00 a. m						

Junta General de Usuarios del Sistema de Riego Tumbaco

Dirección: Zoila Carrera s/n y
Antonio José de Sucre
Telf. 2376-531

Usuario: Hnos Lopez de la Cruz

Numero horas: 6

Ramal: Pueblo

Ovalo: Ovalo 10-31

Superficie: 0.30 hectareas

DIAS								
TURNO	1 y 16	2 y 17	3 y 18	4 y 19	5 y 20	6 y 21	7 y 22	8 y 23
PRIMERO	02:00 p. m. a	.	.	.	.	.	.	.
TERCERO	08:00 p. m							
TURNO	8 y 23	9 y 24	10 y 25	11 y 26	12 y 27	13 y 28	14 y 29	15 y 30
SEGUNDO	.	02:00 a. m. a	.	.	.	.	.	.
CUARTO		08:00 a. m						

Calendarios Individuales

19/09/2018

Junta General de Usuarios del Sistema de Riego Tumbaco

Dirección: Zoila Carrera s/n y
Antonio José de Sucre
Telf. 2376-531

Usuario: Almeida Flores Eduardo

Numero horas: 25

Ramal: Pueblo

Ovalo: Ovalo 10-31

Superficie: 1.29 hectareas

DIAS								
TURNO	1 y 16	2 y 17	3 y 18	4 y 19	5 y 20	6 y 21	7 y 22	8 y 23
PRIMERO	08:00 p. m. a	12:00 a. m. a	.	.	.	.	.	.
TERCERO	00:00	09:00 p. m						
TURNO	8 y 23	9 y 24	10 y 25	11 y 26	12 y 27	13 y 28	14 y 29	15 y 30
SEGUNDO	.	08:00 a. m. a	12:00 a. m. a	.	.	.	.	.
CUARTO		00:00	09:00 a. m					

Junta General de Usuarios del Sistema de Riego Tumbaco

Dirección: Zoila Carrera s/n y
Antonio José de Sucre
Telf. 2376-531

Usuario: Cordero Jaramillo Leonardo Maria

Numero horas: 4

Ramal: Pueblo

Ovalo: Ovalo 10-31

Superficie: 0.20 hectareas

DIAS								
TURNO	1 y 16	2 y 17	3 y 18	4 y 19	5 y 20	6 y 21	7 y 22	8 y 23
PRIMERO	.	09:00 p. m. a	12:00 a. m. a	.	.	.	.	.
TERCERO		00:00	01:00 a. m					
TURNO	8 y 23	9 y 24	10 y 25	11 y 26	12 y 27	13 y 28	14 y 29	15 y 30
SEGUNDO	.	.	09:00 a. m. a	.	.	.	.	.
CUARTO			01:00 p. m					

Junta General de Usuarios del Sistema de Riego Tumbaco

Dirección: Zoila Carrera s/n y
Antonio José de Sucre
Telf. 2376-531

Usuario: Salazar Jibaja Lucila

Numero horas: 6

Ramal: Pueblo

Ovalo: Ovalo 10-31

Superficie: 0.30 hectareas

DIAS								
TURNO	1 y 16	2 y 17	3 y 18	4 y 19	5 y 20	6 y 21	7 y 22	8 y 23
PRIMERO	.	.	01:00 a. m. a	.	.	.	.	.
TERCERO			07:00 a. m					
TURNO	8 y 23	9 y 24	10 y 25	11 y 26	12 y 27	13 y 28	14 y 29	15 y 30
SEGUNDO	.	.	01:00 p. m. a	.	.	.	.	.
CUARTO			07:00 p. m					

Junta General de Usuarios del Sistema de Riego Tumbaco

Dirección: Zoila Carrera s/n y
Antonio José de Sucre
Telf. 2376-531

Usuario: Herederos Jibaja Martinez

Numero horas: 6

Ramal: Pueblo

Ovalo: Ovalo 10-31

Superficie: 0.30 hectareas

DIAS								
TURNO	1 y 16	2 y 17	3 y 18	4 y 19	5 y 20	6 y 21	7 y 22	8 y 23
PRIMERO	.	.	07:00 a. m. a	.	.	.	.	.
TERCERO			01:00 p. m					
TURNO	8 y 23	9 y 24	10 y 25	11 y 26	12 y 27	13 y 28	14 y 29	15 y 30
SEGUNDO	.	.	07:00 p. m. a	12:00 a. m. a	.	.	.	.
CUARTO			00:00	01:00 a. m				

Calendarios Individuales

19/09/2018

Junta General de Usuarios del Sistema de Riego Tumbaco

Dirección: Zoila Carrera s/n y
Antonio José de Sucre
Telf. 2376-531

Usuario: Tusa Maria sector "Las Vacas"

Numero horas: 4

Ramal: Pueblo

Ovalo: Ovalo 10-31

Superficie: 0.20 hectareas

DIAS								
TURNO	1 y 16	2 y 17	3 y 18	4 y 19	5 y 20	6 y 21	7 y 22	8 y 23
PRIMERO	.	.	01:00 p. m. a	.	.	.	.	.
TERCERO	.	.	05:00 p. m.	.	.	.	.	.
TURNO	8 y 23	9 y 24	10 y 25	11 y 26	12 y 27	13 y 28	14 y 29	15 y 30
SEGUNDO	.	.	.	01:00 a. m. a	.	.	.	.
CUARTO	.	.	.	05:00 a. m.	.	.	.	.

Junta General de Usuarios del Sistema de Riego Tumbaco

Dirección: Zoila Carrera s/n y
Antonio José de Sucre
Telf. 2376-531

Usuario: Andrade Andrade Abelardo

Numero horas: 4

Ramal: Pueblo

Ovalo: Ovalo 10-31

Superficie: 0.20 hectareas

DIAS								
TURNO	1 y 16	2 y 17	3 y 18	4 y 19	5 y 20	6 y 21	7 y 22	8 y 23
PRIMERO	.	.	05:00 p. m. a	.	.	.	.	.
TERCERO	.	.	09:00 p. m.	.	.	.	.	.
TURNO	8 y 23	9 y 24	10 y 25	11 y 26	12 y 27	13 y 28	14 y 29	15 y 30
SEGUNDO	.	.	.	05:00 a. m. a	.	.	.	.
CUARTO	.	.	.	09:00 a. m.	.	.	.	.

Junta General de Usuarios del Sistema de Riego Tumbaco

Dirección: Zoila Carrera s/n y
Antonio José de Sucre
Telf. 2376-531

Usuario: Zarate Bolaños Jose Julio

Numero horas: 4

Ramal: Pueblo

Ovalo: Ovalo 10-31

Superficie: 0.20 hectareas

DIAS								
TURNO	1 y 16	2 y 17	3 y 18	4 y 19	5 y 20	6 y 21	7 y 22	8 y 23
PRIMERO	.	.	09:00 p. m. a	12:00 a. m. a	.	.	.	.
TERCERO	.	.	00:00	01:00 a. m.	.	.	.	.
TURNO	8 y 23	9 y 24	10 y 25	11 y 26	12 y 27	13 y 28	14 y 29	15 y 30
SEGUNDO	.	.	.	09:00 a. m. a	.	.	.	.
CUARTO	.	.	.	01:00 p. m.	.	.	.	.

Junta General de Usuarios del Sistema de Riego Tumbaco

Dirección: Zoila Carrera s/n y
Antonio José de Sucre
Telf. 2376-531

Usuario: Zarate Bolaños Rosa Matilde

Numero horas: 4

Ramal: Pueblo

Ovalo: Ovalo 10-31

Superficie: 0.20 hectareas

DIAS								
TURNO	1 y 16	2 y 17	3 y 18	4 y 19	5 y 20	6 y 21	7 y 22	8 y 23
PRIMERO	.	.	.	01:00 a. m. a	.	.	.	.
TERCERO	.	.	.	05:00 a. m.	.	.	.	.
TURNO	8 y 23	9 y 24	10 y 25	11 y 26	12 y 27	13 y 28	14 y 29	15 y 30
SEGUNDO	.	.	.	01:00 p. m. a	.	.	.	.
CUARTO	.	.	.	05:00 p. m.	.	.	.	.

Calendarios Individuales

19/09/2018

Junta General de Usuarios del Sistema de Riego Tumbaco

Dirección: Zoila Carrera s/n y
Antonio José de Sucre
Telf. 2376-531

Usuario: Zarate Bolaños Carlos Ernesto

Numero horas: 2

Ramal: Pueblo

Ovalo: Ovalo 10-31

Superficie: 0.08 hectareas

DIAS								
TURNO	1 y 16	2 y 17	3 y 18	4 y 19	5 y 20	6 y 21	7 y 22	8 y 23
PRIMERO	.	.	.	05:00 a. m. a 07:00 a. m.	.	.	.	.
TERCERO	.	.	.	.	.	.	.	.
TURNO	8 y 23	9 y 24	10 y 25	11 y 26	12 y 27	13 y 28	14 y 29	15 y 30
SEGUNDO	.	.	.	05:00 p. m. a 07:00 p. m.	.	.	.	.
CUARTO	.	.	.	.	.	.	.	.

Junta General de Usuarios del Sistema de Riego Tumbaco

Dirección: Zoila Carrera s/n y
Antonio José de Sucre
Telf. 2376-531

Usuario: Recalde Fernandez Salvador Galo R

Numero horas: 41

Ramal: Pueblo

Ovalo: Ovalo 10-31

Superficie: 2.15 hectareas

DIAS								
TURNO	1 y 16	2 y 17	3 y 18	4 y 19	5 y 20	6 y 21	7 y 22	8 y 23
PRIMERO	.	.	.	07:00 a. m. a 00:00	12:00 a. m. a 00:00	.	.	.
TERCERO	.	.	.	.	.	.	.	.
TURNO	8 y 23	9 y 24	10 y 25	11 y 26	12 y 27	13 y 28	14 y 29	15 y 30
SEGUNDO	.	.	.	07:00 p. m. a 00:00	12:00 a. m. a 00:00	.	.	.
CUARTO	.	.	.	.	.	.	.	.

Junta General de Usuarios del Sistema de Riego Tumbaco

Dirección: Zoila Carrera s/n y
Antonio José de Sucre
Telf. 2376-531

Usuario: Recalde Fernandez Salvador Galo R

Numero horas: 22

Ramal: Pueblo

Ovalo: Ovalo 10-31

Superficie: 1.15 hectareas

DIAS								
TURNO	1 y 16	2 y 17	3 y 18	4 y 19	5 y 20	6 y 21	7 y 22	8 y 23
PRIMERO	.	.	.	.	.	12:00 a. m. a 10:00 p. m.	.	.
TERCERO	.	.	.	.	.	.	.	.
TURNO	8 y 23	9 y 24	10 y 25	11 y 26	12 y 27	13 y 28	14 y 29	15 y 30
SEGUNDO	.	.	.	.	.	12:00 a. m. a 10:00 p. m.	.	.
CUARTO	.	.	.	.	.	.	.	.

Junta General de Usuarios del Sistema de Riego Tumbaco

Dirección: Zoila Carrera s/n y
Antonio José de Sucre
Telf. 2376-531

Usuario: Marie Clarac

Numero horas: 38

Ramal: Pueblo

Ovalo: Ovalo 10-31

Superficie: 2.00 hectareas

DIAS								
TURNO	1 y 16	2 y 17	3 y 18	4 y 19	5 y 20	6 y 21	7 y 22	8 y 23
PRIMERO	.	.	.	.	.	10:00 p. m. a 00:00	12:00 a. m. a 00:00	.
TERCERO	.	.	.	.	.	.	.	.
TURNO	8 y 23	9 y 24	10 y 25	11 y 26	12 y 27	13 y 28	14 y 29	15 y 30
SEGUNDO	.	.	.	.	.	10:00 p. m. a 00:00	12:00 a. m. a 00:00	.
CUARTO	.	.	.	.	.	.	.	.

Anexo 6. Formato de la ficha para el levantamiento de información para la determinación de la eficiencia de conducción, distribución, sobre y subirrigación del óvalo 10.



Universidad Central del Ecuador
Facultad de Ciencias Agrícolas
Carrera de Ingeniería Agronómica



Fase de Campo II

“DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN EN EL RAMAL “EL PUEBLO” DEL SISTEMA DE RIEGO TUMBACO”

Áreas de Cultivos

Fecha: 27/11/2018

Objetivo: Determinar áreas y tipo de cultivos en cada uno de los usuarios pertenecientes al Óvalo 10 del Ramal “El Pueblo” del Sistema de Riego Tumbaco.

Grupo

1

Responsables

- Erika Pinto
- César Meza

Firma

Usuario: Acero Tuza Juan Carlos

Ubicación:

Área regable a medir



Toma de datos:

Tipo de cultivo	Cultivo	Edad	Tipo de riego	Área (m ²)
Agrícola perenne				
Total				

Tipo de cultivo	Cultivo	Fecha de siembra	Tipo de riego	Área
Agrícola Ciclo Corto				
Total				

Ojo: Predomina más superficie de Pasto (Ornamental).

Áreas medidas	
Tipo cultivo	Superficie m²
Ornamental en general jardines y pastos	
Agrícola Perenne	
Agrícola Ciclo corto	
Otro (Vacio)	
Total m²	12676,3

Anexo 7. Respaldos fotográficos de las mediciones de áreas, tipos de cultivos de los usuarios del óvalo 10.



1. Cultivos de mango aguacate y cítricos usuario 10.



2. Cultivo de aguacate, ornamentales usuario 7 y 8



3. Ingreso caudal a usuario 18 y cultivos



4. Cultivos de cítricos y ornamentales de usuario 8 y 9



5. Cultivos de cítricos, frutales y ornamental usuario 8 y 10



6. Entrevistas de aspecto social a usuarios



7. Medición de áreas de usuario 11 y 5



8. Ingreso de caudal y cultivos de usuario 8 y 7



9. Enfermedades identificadas en aguacate, cultivos de ciclo corto y cítricos



10. Medición de áreas de cultivos frutales y ornamentales



11. Identificación del tipo de canal, y tipo de cultivos en cada usuario



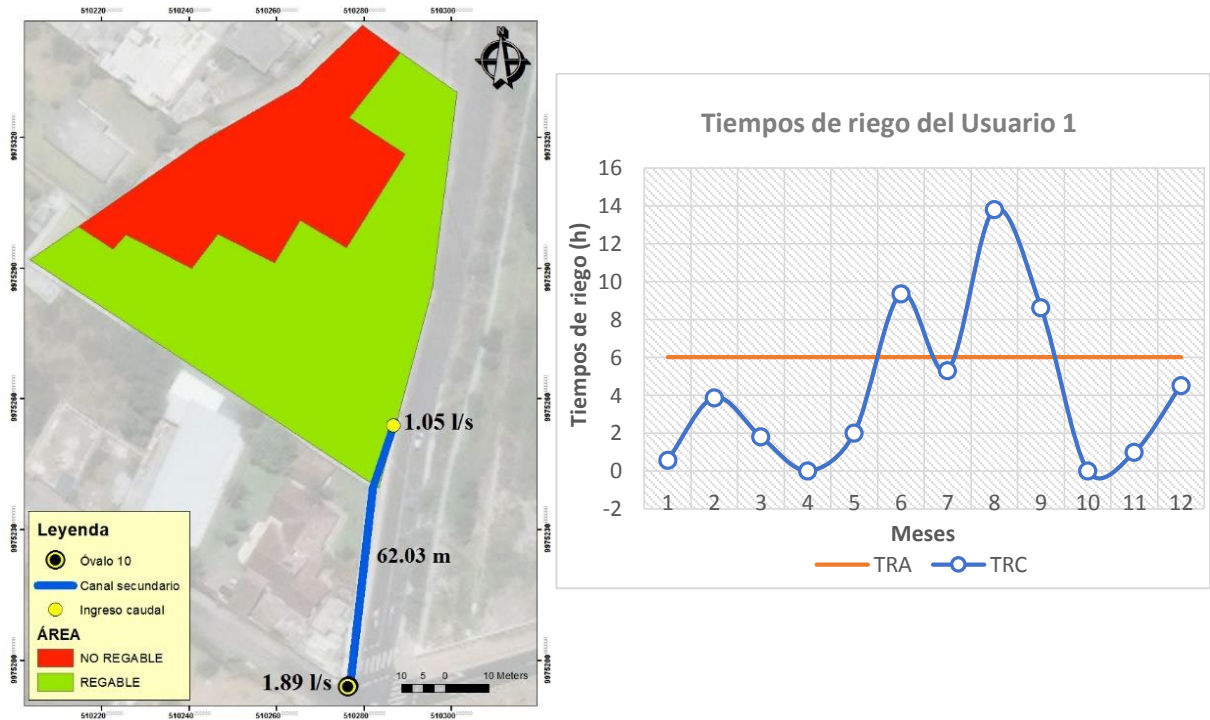
12. Área de frutales y ornamentales y equipo de trabajo

Anexo 8. Caudales de ingreso y tiempos de riego de cada uno de los usuarios.

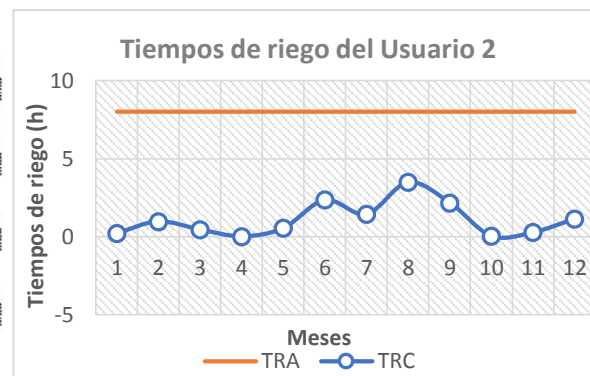
1. Tiempos de riego calculados para cada uno de los usuarios y los meses del año

Usuario	T.R.A	TRC de los Meses											
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	6	0.58	3.88	1.81	0.01	2.00	9.35	5.31	13.81	8.64	0.02	0.99	4.51
2	8	0.23	0.99	0.46	0.03	0.55	2.36	1.45	3.50	2.19	0.05	0.29	1.15
3	8	0.93	5.78	2.71	0.05	3.02	13.89	7.96	20.51	12.84	0.08	1.51	6.73
4	4	0.22	0.35	0.17	0.06	0.27	0.80	0.69	1.20	0.75	0.10	0.17	0.40
5	4	0.80	1.09	0.51	0.18	0.72	2.20	1.89	3.31	2.05	0.28	0.51	1.30
6	4	0.16	0.79	0.36	0.01	0.43	1.90	1.15	2.81	1.75	0.02	0.22	0.91
7	4	0.35	1.34	0.63	0.05	0.74	3.13	1.94	4.63	2.90	0.08	0.39	1.55
8	6	1.78	2.39	1.05	0.35	1.71	5.13	4.56	7.69	4.74	0.61	1.13	2.77
9	6	0.48	0.87	0.42	0.14	0.63	1.99	1.61	2.96	1.85	0.23	0.39	0.98
10	25	5.65	8.12	3.83	1.42	6.20	18.26	16.33	27.26	16.78	2.39	3.85	9.17
11	6	1.62	1.18	0.40	0.28	0.90	1.93	2.37	2.93	1.79	0.49	0.79	1.49
12	6	7.23	4.64	1.07	0.79	2.88	6.11	7.93	9.37	5.61	1.51	3.08	6.34
13	4	0.53	3.86	1.81	0.00	1.97	9.32	5.22	13.76	8.61	0.00	0.97	4.50
14	4	0.81	1.52	0.75	0.24	1.09	3.48	2.77	5.18	3.24	0.38	0.66	1.73
15	4	3.16	1.95	0.42	0.33	1.18	2.42	3.26	3.72	2.23	0.64	1.32	2.70
16	4	0.90	0.79	0.34	0.22	0.70	1.57	1.80	2.37	1.46	0.38	0.51	0.92
17	38	2.98	15.80	7.43	0.31	8.49	37.89	22.33	55.97	35.02	0.50	4.33	18.36
18	63	15.13	27.92	13.85	4.50	19.72	63.04	50.09	93.85	58.54	7.03	12.28	31.91
19	120	13.24	50.51	23.82	1.02	31.34	117.26	73.93	174.66	108.63	2.62	17.81	57.56
20	27	0.63	3.28	1.51	0.04	1.77	7.91	4.71	11.70	7.30	0.08	0.89	3.81

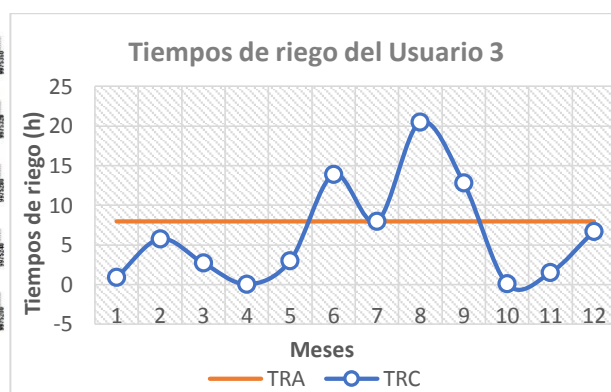
2. Caudal de ingreso y tiempos de riego de cada uno de los usuarios



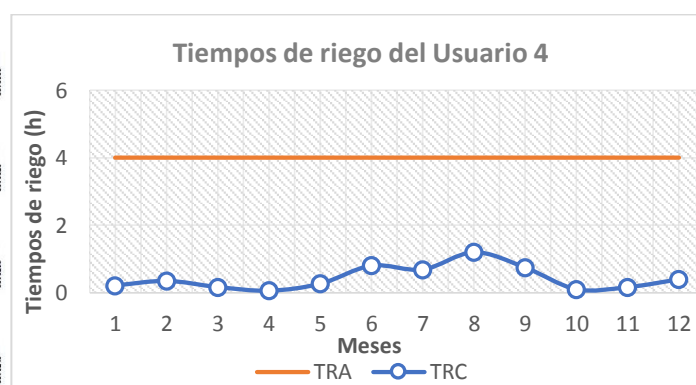
2.1. Caudal de ingreso y tiempos de riego del usuario 1



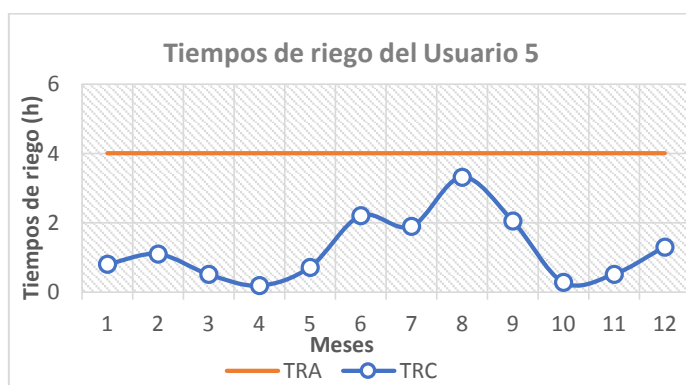
2.2. Caudal de ingreso y tiempos de riego del usuario 2



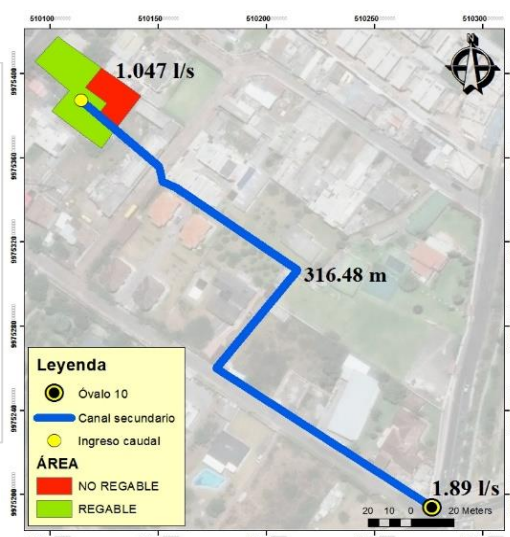
2.3. Caudal de ingreso y tiempos de riego del usuario 3

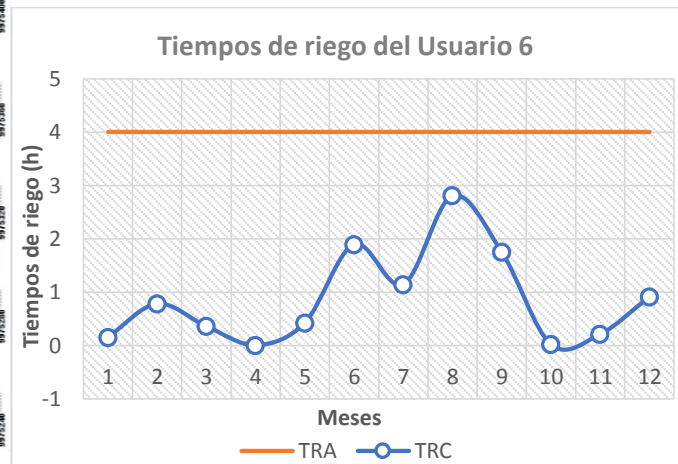
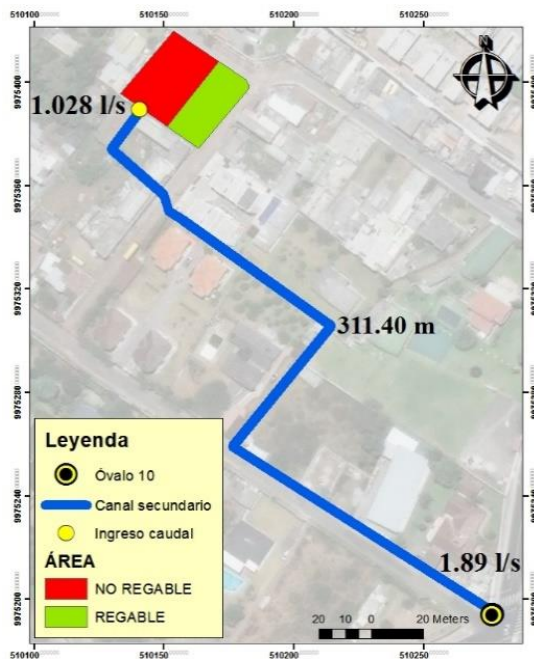


2.4. Caudal de ingreso y tiempos de riego del usuario 4

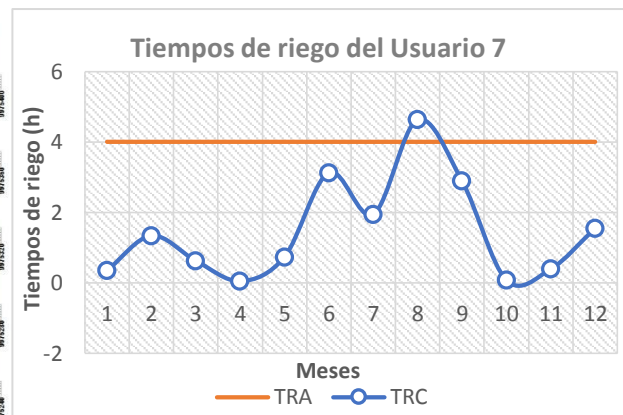
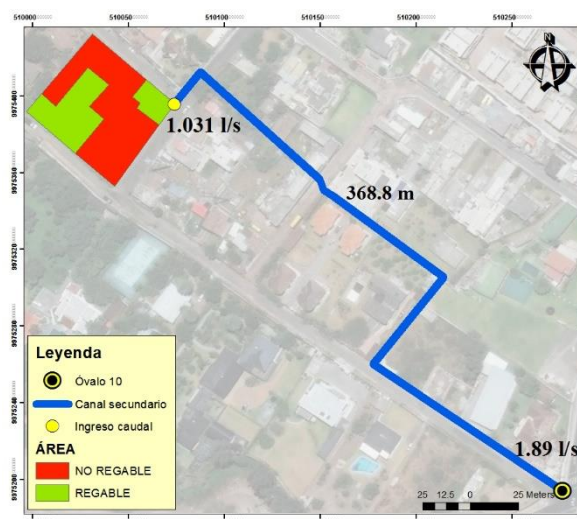


2.5. Caudal de ingreso y tiempos de riego del usuario 5

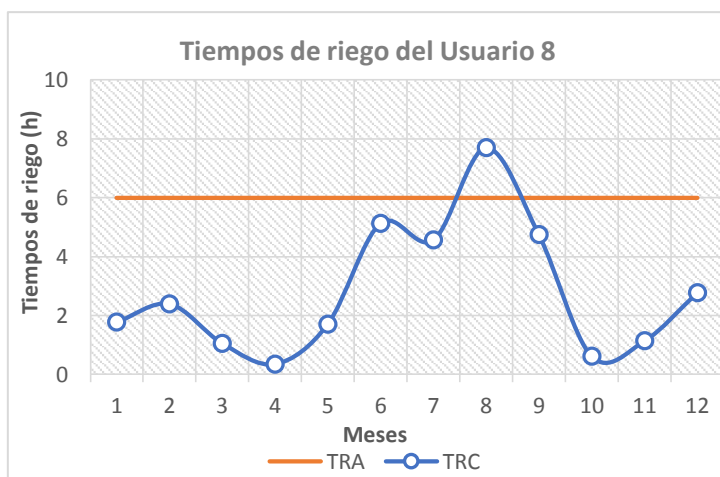




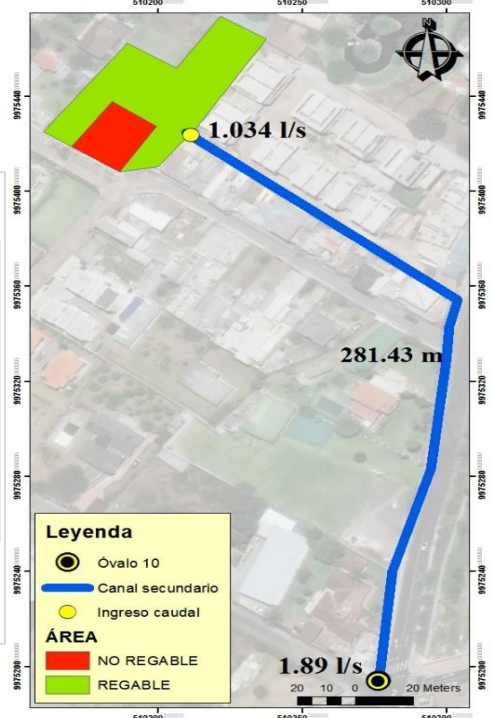
2.6. Caudal de ingreso y tiempos de riego del usuario 6

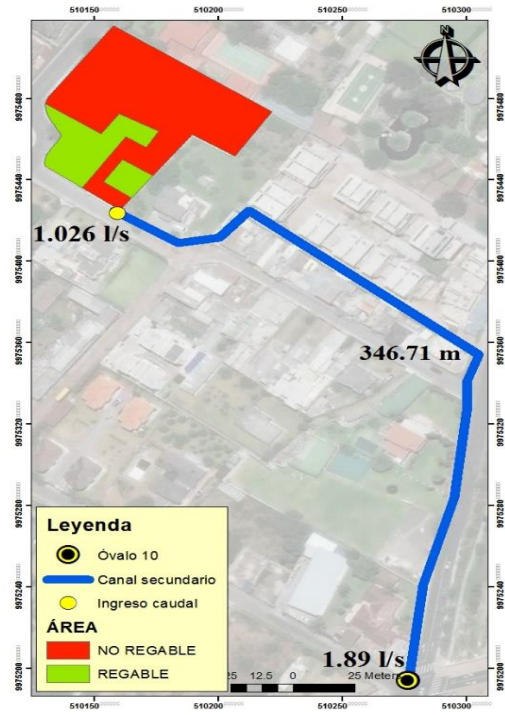
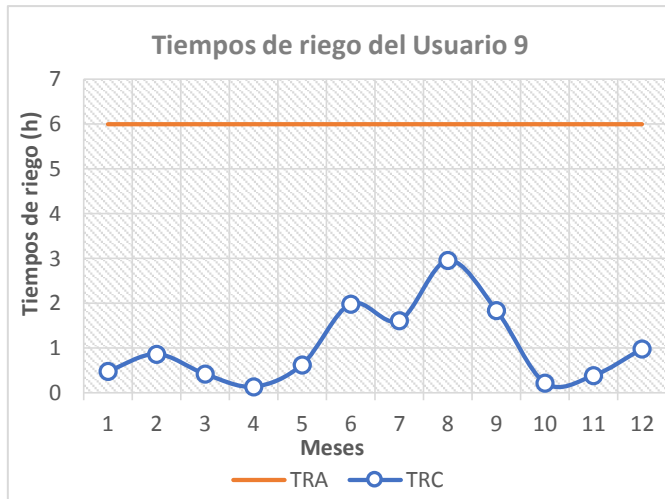


2.7. Caudal de ingreso y tiempos de riego del usuario 7

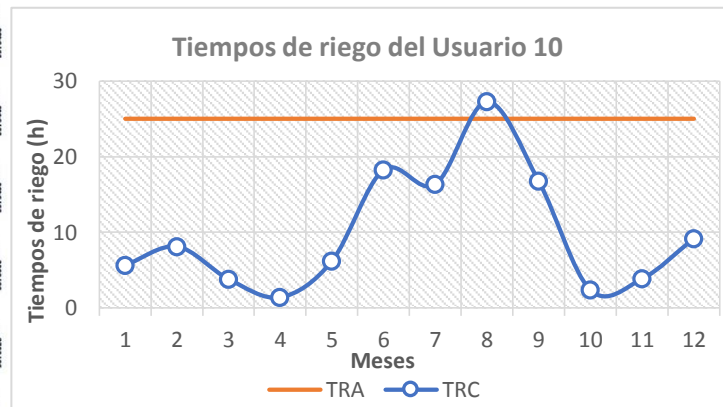
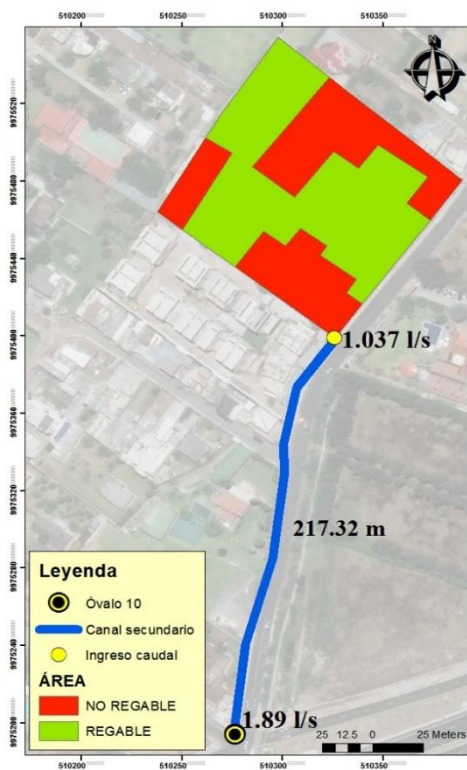


2.8. Caudal de ingreso y tiempos de riego del usuario 8

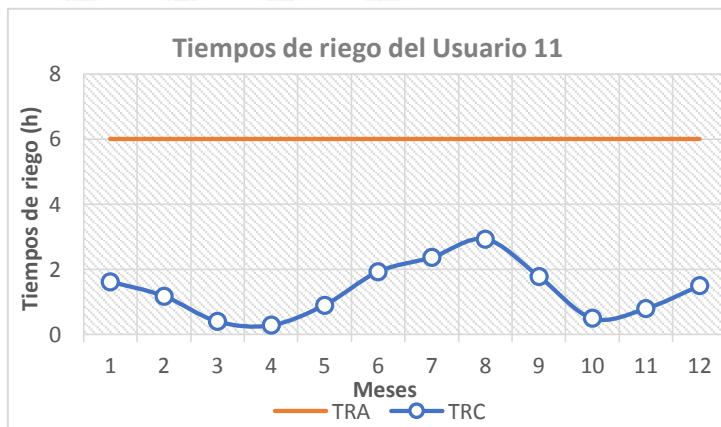




2.9. Caudal de ingreso y tiempos de riego del usuario 9

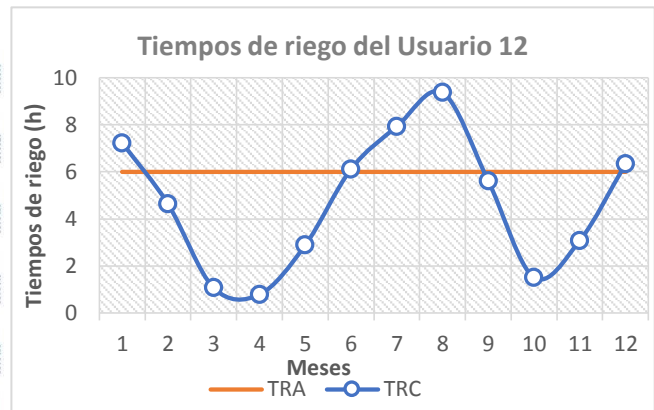
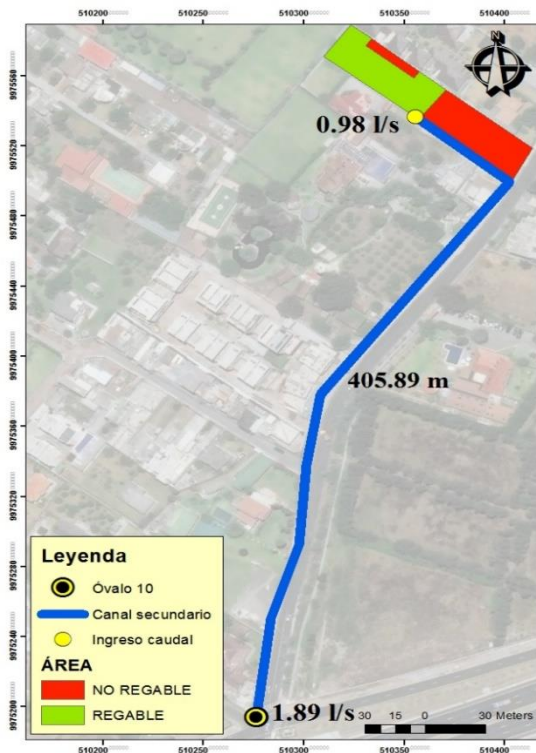


2.10. Caudal de ingreso y tiempos de riego del usuario 10

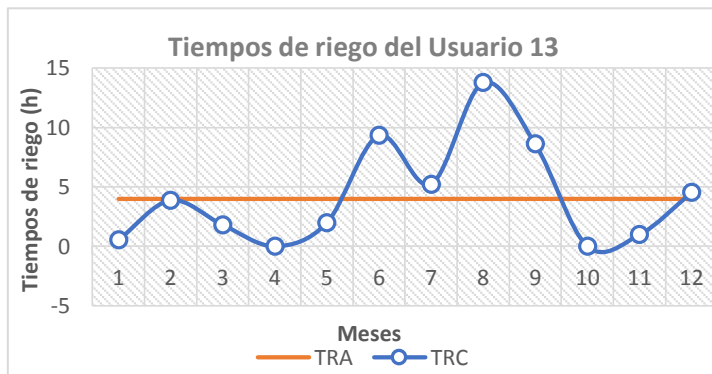


2.11. Caudal de ingreso y tiempos de riego del usuario 11

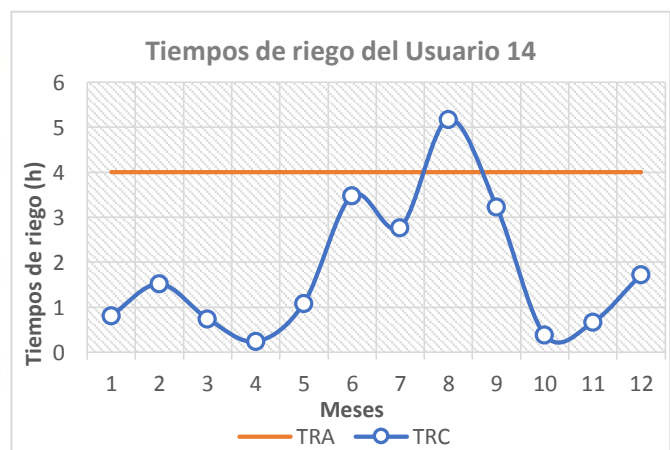
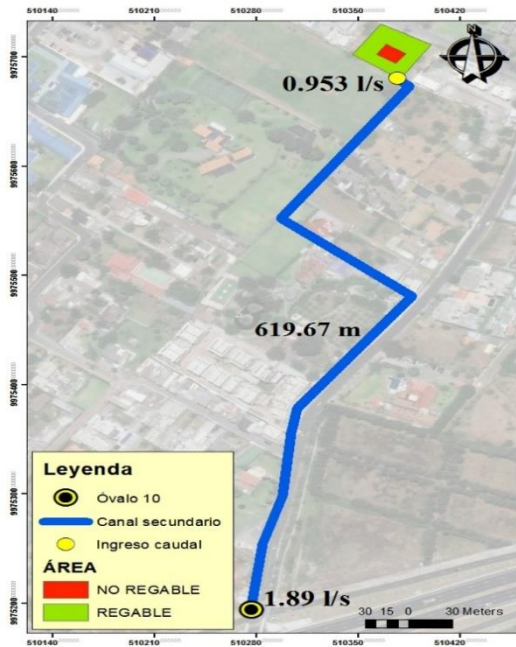
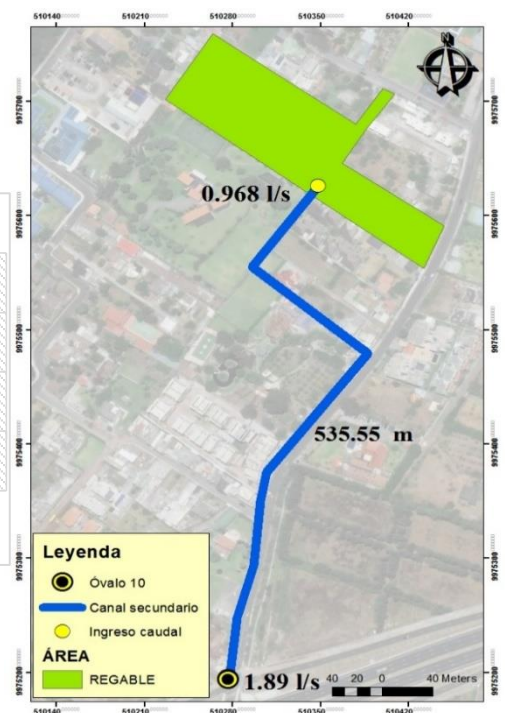




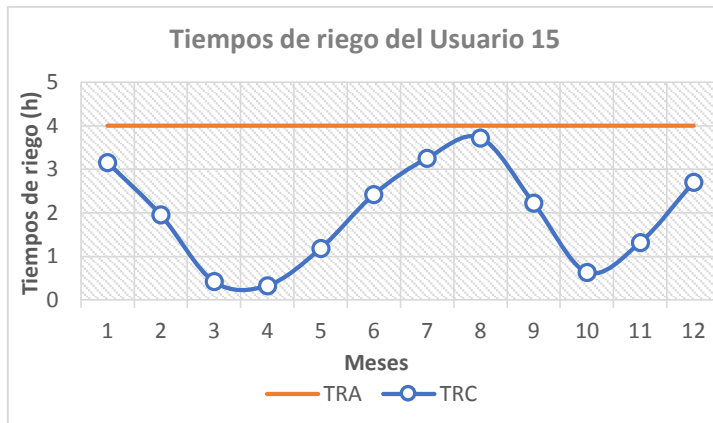
2.12. Caudal de ingreso y tiempos de riego del usuario 12



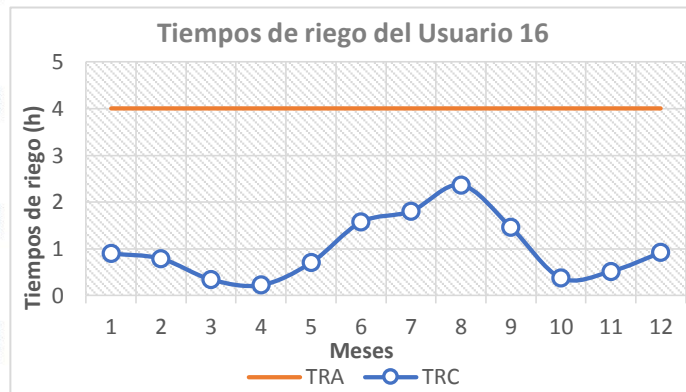
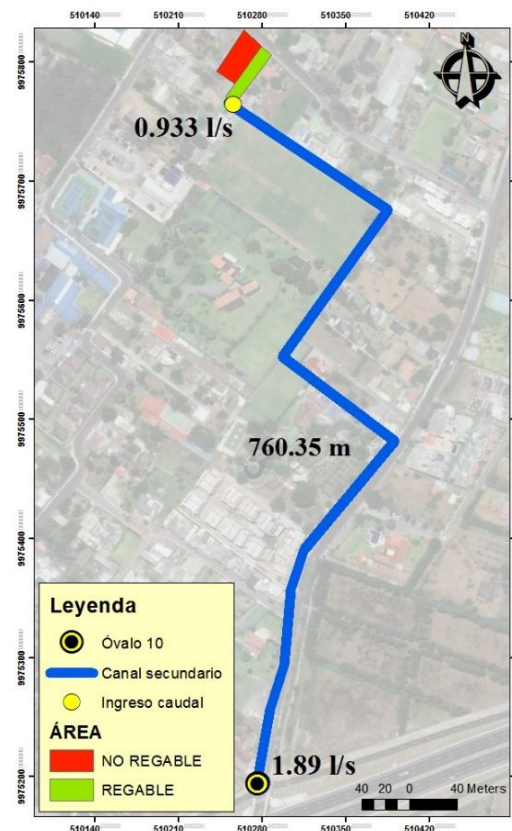
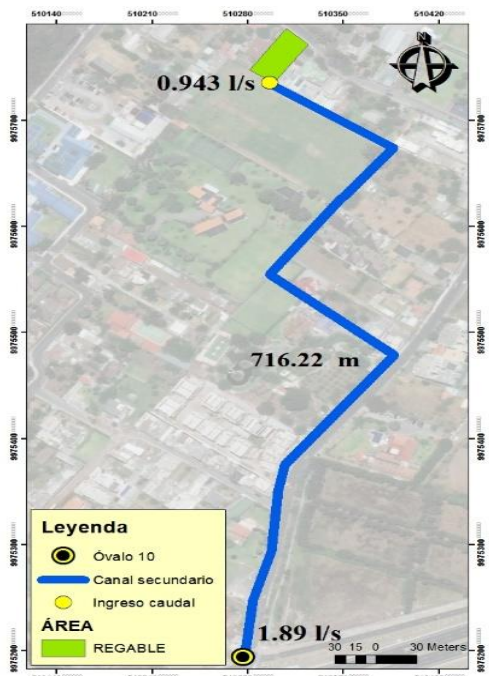
2.13. Caudal de ingreso y tiempos de riego del usuario 13



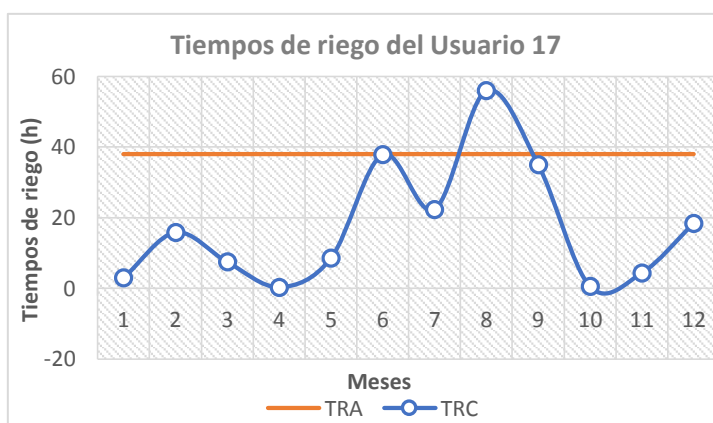
2.14. Caudal de ingreso y tiempos de riego del usuario 14



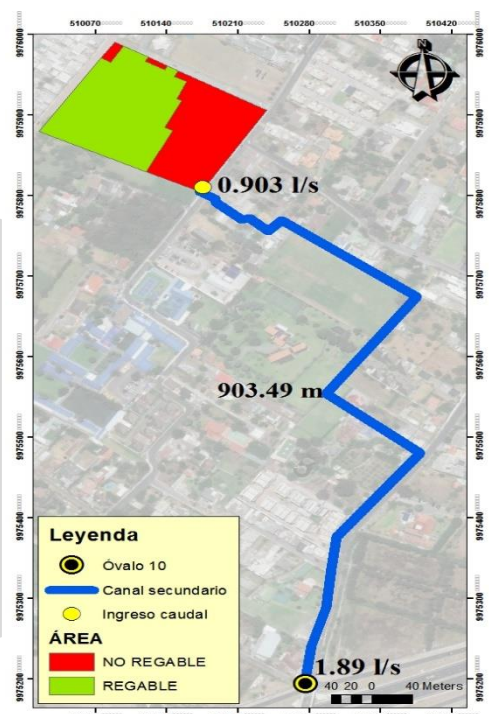
2.15. Caudal de ingreso y tiempos de riego del usuario 15

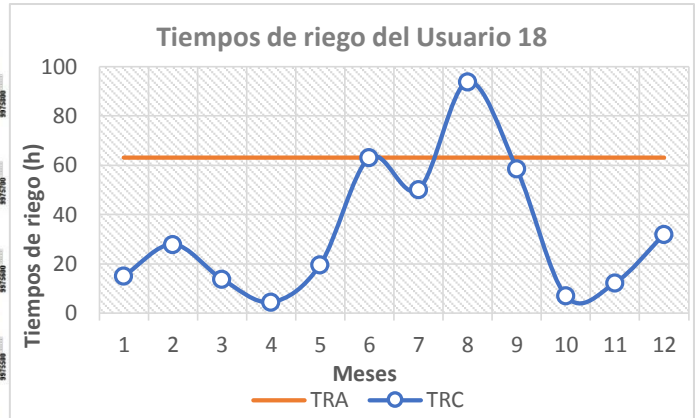
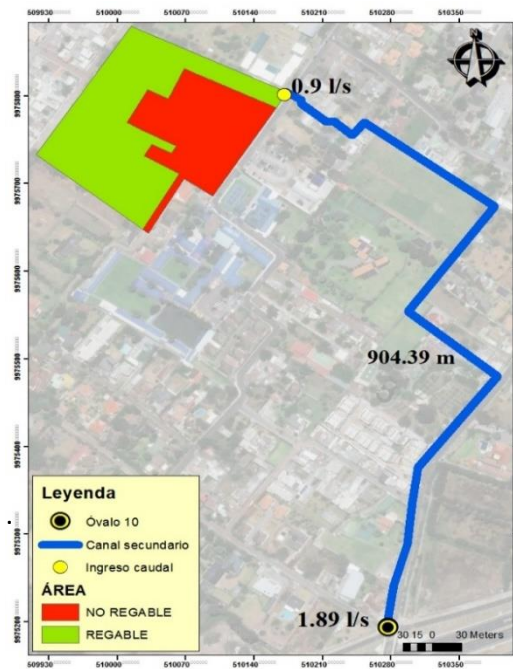


2.16. Caudal de ingreso y tiempos de riego del usuario 16

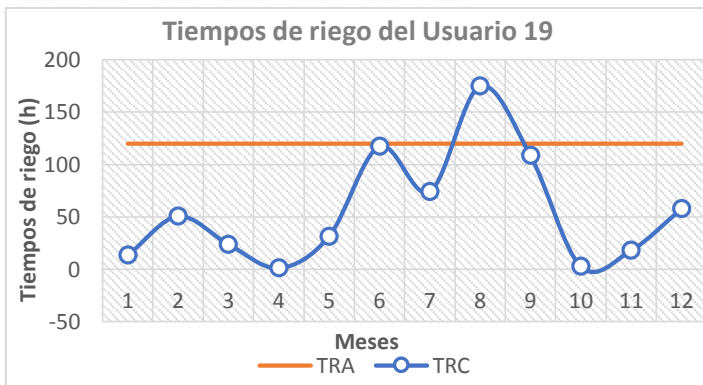


2.17. Caudal de ingreso y tiempos de riego del usuario 17

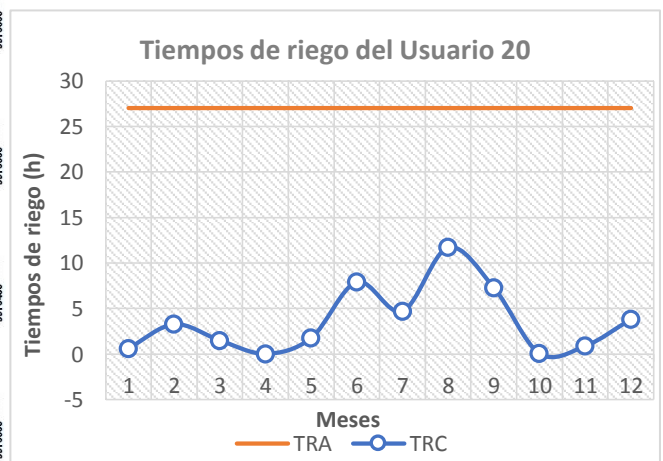
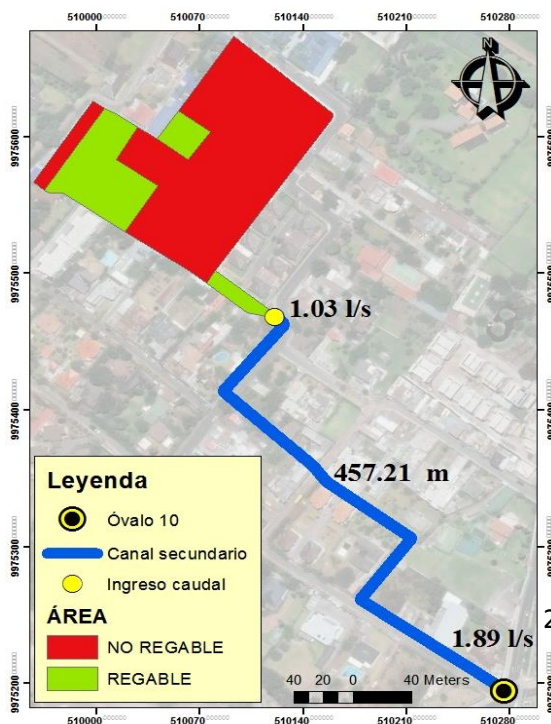
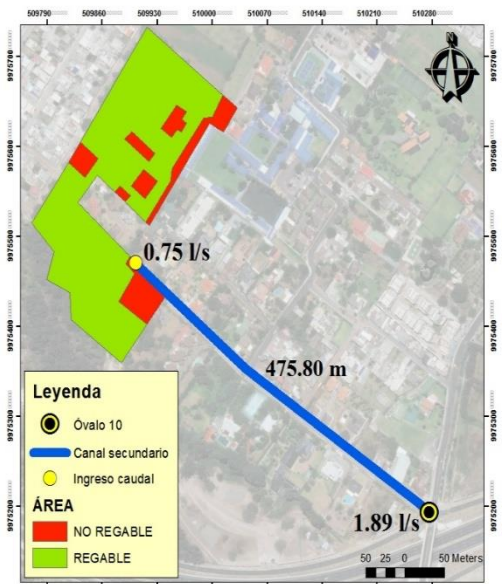




2.18. Caudal de ingreso y tiempos de riego del usuario 18

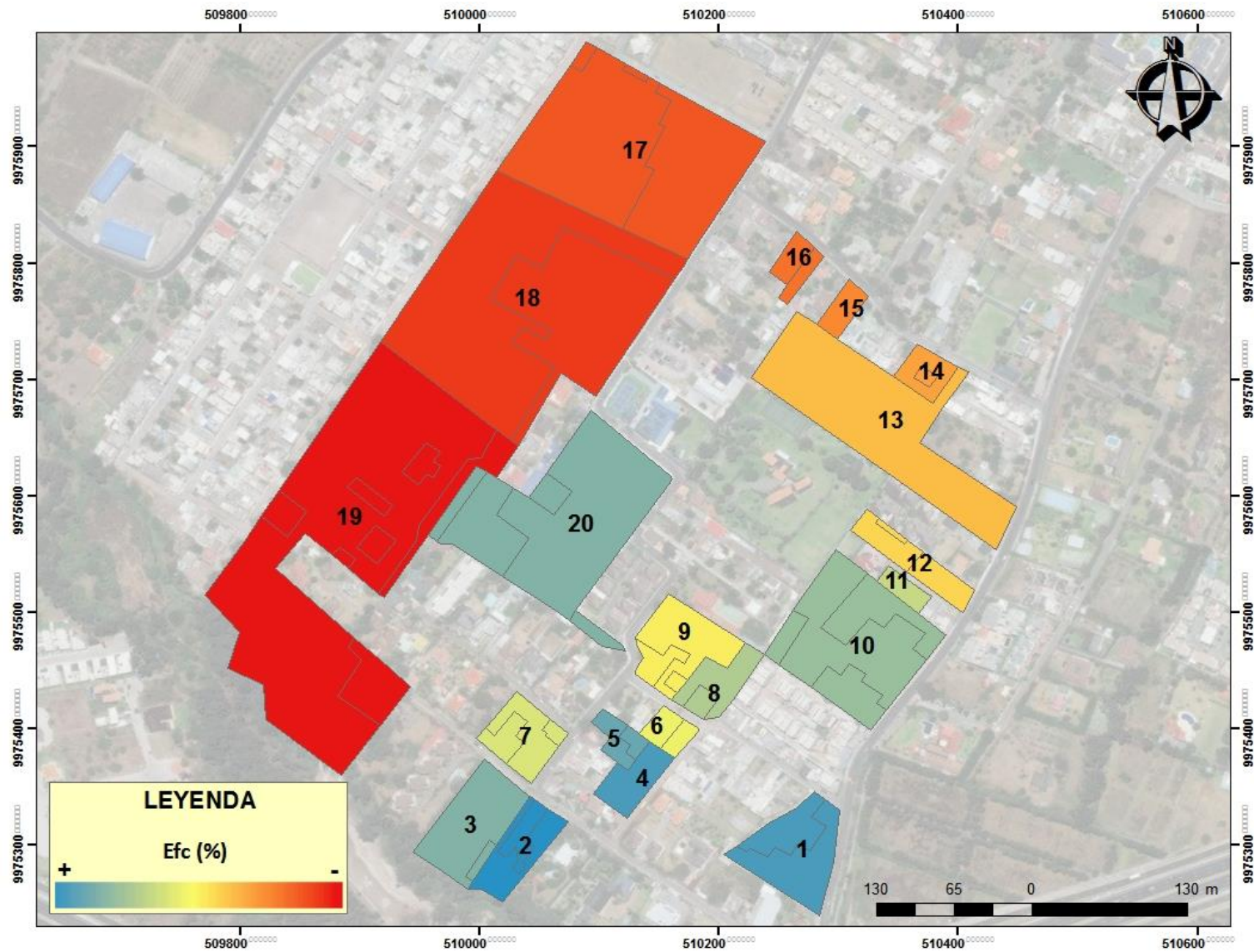


2.19. Caudal de ingreso y tiempos de riego del usuario 19

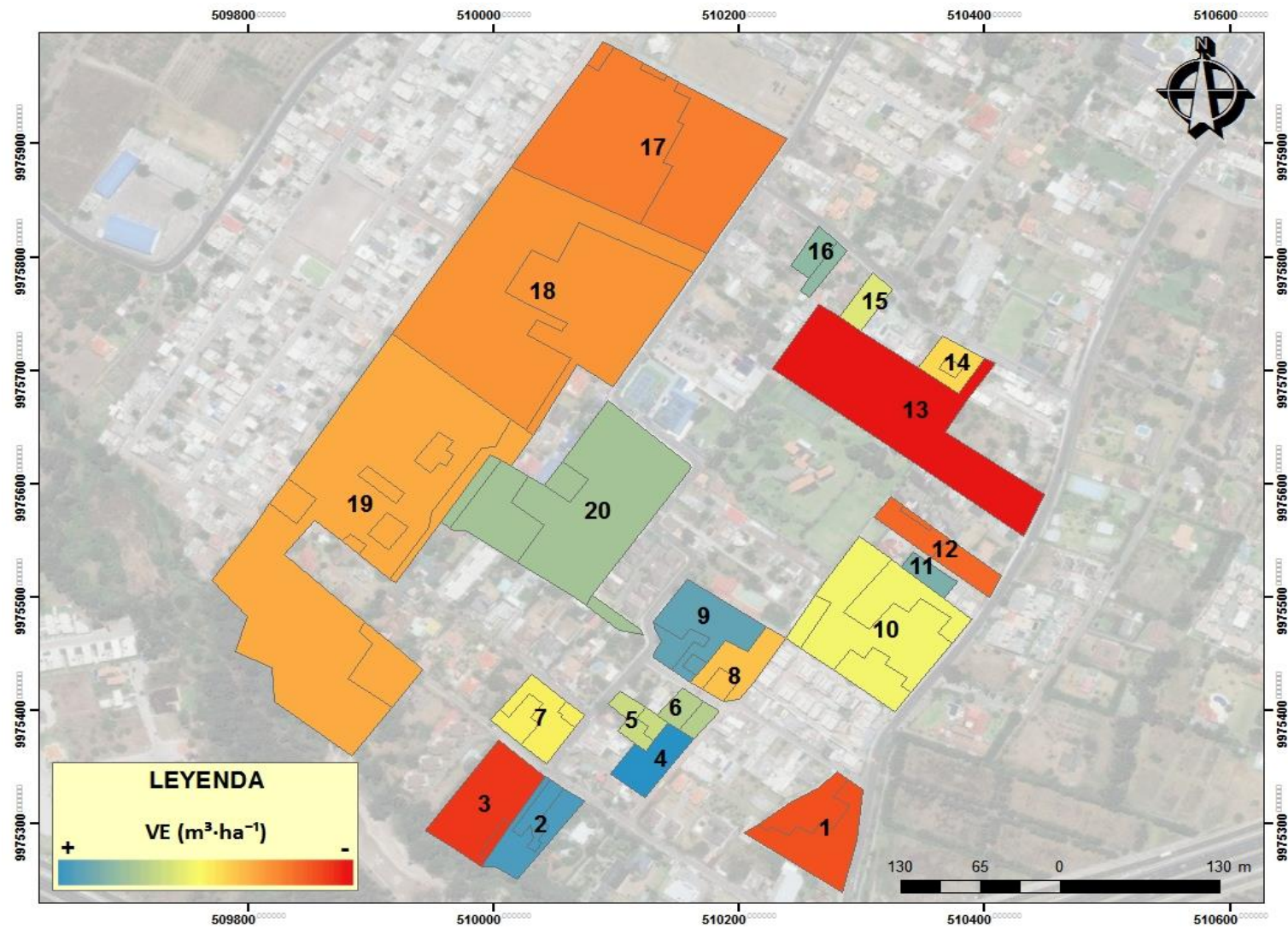


2.20. Caudal de ingreso y tiempos de riego del usuario 20

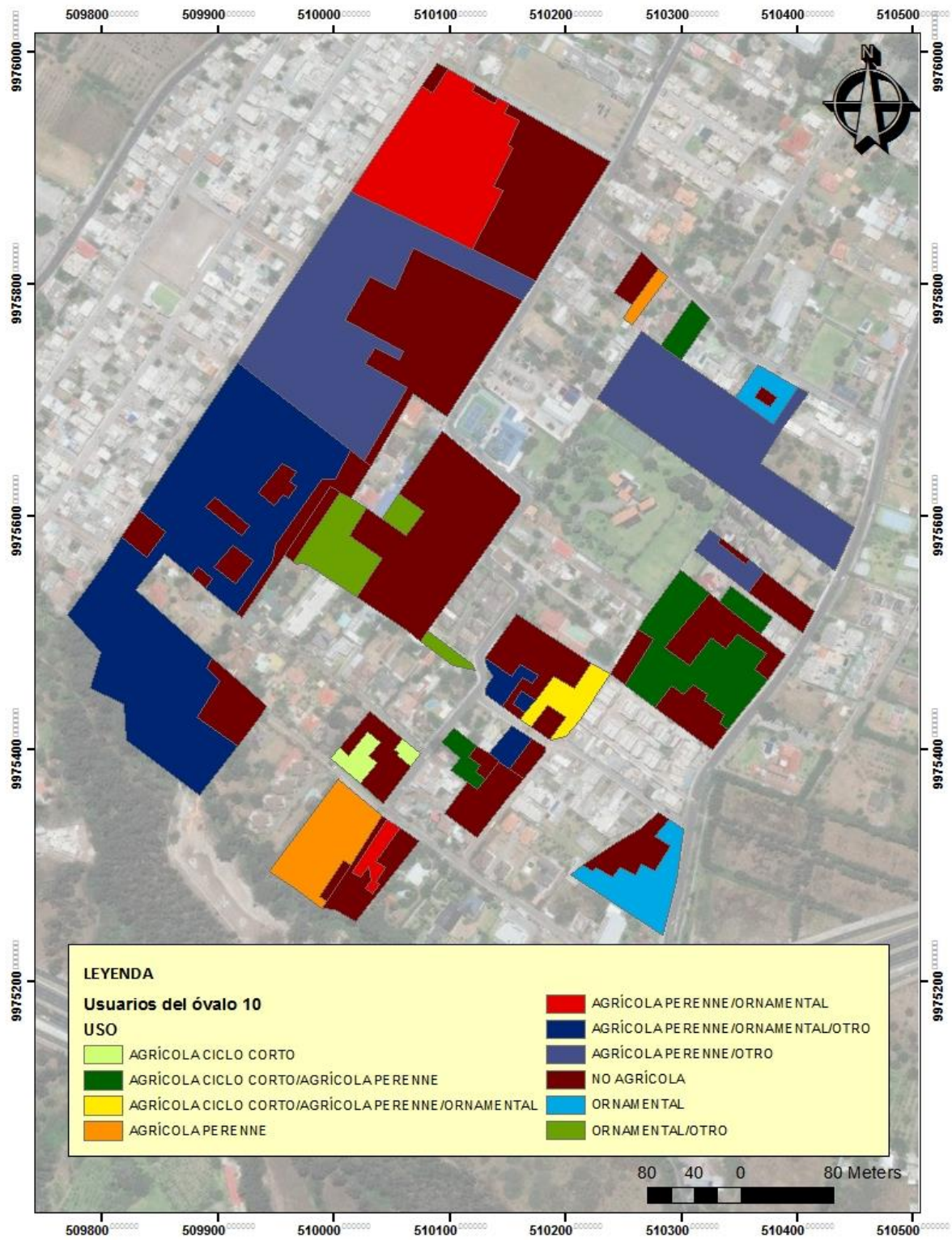
Anexo 9. Eficiencia de conducción de los usuarios del óvalo.



Anexo 10. Eficiencia de distribución de los usuarios del óvalo.



Anexo 11. Uso del suelo de los usuarios del óvalo



Anexo 12. Áreas y tipos de cultivos identificados en cada uno de los predios de los usuarios del óvalo

Usuario	Área de cultivos (%)																											Área total regable (m²)			
	Aguacate	AjÍ	Alfalfa	Banano	Café	Carica	Cedron	Cerezo	Chirimoya	Cítricos	Fresa	Guaba	Guayaba	Haba	Higo	Hortalizas	Jicama	Maíz	Mango	Mora	Nispero	Nogal	Passiflora	Pastos	Patata	Prunus	Tomate de Árbol		Tomate Riñon	Uvilla	Yuca
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	99	-	-	-	-	-	-	3452.6
2	1.5	-	-	-	-	-	-	-	3	2	-	-	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	92.9	-	-	-	-	-	-	875.2
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.9	-	-	-	-	-	-	-	-	0.5	0.2	-	98.3	-	0.1	-	-	-	-	5073.3
4	14	-	-	-	-	-	-	-	16	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	61	-	-	-	-	-	-	298.5
5	2.1	0.3	-	2.4	-	1.2	1.4	1.3	2.2	4	2	2.1	1.8	2	1	2.2	-	5.1	-	3	-	-	1.7	60	2	-	2.2	-	-	-	848.0
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	94	-	-	-	-	-	-	689.9
7	3	-	-	-	-	-	-	-	2.2	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	91.5	0.8	0.5	-	-	-	-	1140.9
8	10.5	-	-	-	0.1	0.1	-	-	2.6	19.1	-	-	0.9	-	-	-	-	8.1	-	-	-	-	-	55.9	-	2.7	-	-	-	-	1930.2
9	21	-	-	-	-	-	-	-	7	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	67	-	-	-	-	-	-	717.2
10	17.9	-	-	0.9	-	-	0.5	-	-	14.5	-	3.6	0.4	-	1.3	0.9	1.9	-	2.5	-	-	-	-	54.8	-	-	-	-	0.1	0.7	6837.8
11	15	-	-	-	-	-	-	-	16	10	-	-	-	-	-	-	-	46.5	-	-	-	-	-	12.5	-	-	-	-	-	-	773.1
12	4	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	85	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	2532.5
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	-	-	-	-	-	-	4375.4
14	25.2	-	-	-	-	-	-	-	-	3.7	-	-	-	-	0.8	-	-	-	-	-	-	1.1	-	69.2	-	-	-	-	-	-	1163.7
15	3	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	984.3
16	25	-	-	-	-	-	-	-	-	24	-	8.9	-	-	-	-	-	15.1	-	-	-	-	-	23	-	-	4	-	-	-	532.1
17	2.4	-	-	-	-	-	-	-	0.9	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	96.1	-	-	-	-	-	-	12015.5
18	13	-	-	-	4.8	-	-	-	8.9	1	-	1.2	-	-	-	-	-	-	-	0.7	-	-	0.5	69.9	-	-	-	-	-	-	19832.0
19	-	-	10	-	-	-	-	-	2.5	2.5	-	-	-	-	-	0.6	-	-	-	-	-	-	-	84.4	-	-	-	-	-	-	30811.0
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	95	-	-	-	-	-	-	4474.3