



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

**Determinación de la eficiencia de conducción y distribución en el ramal
“Churoloma” del sistema de riego Tumbaco.**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo

AUTORA: Yungán Pintag Abigail Maribel

TUTOR: M.Sc. Randon Stalin Ortiz Calle

Quito, mayo 2019

DERECHOS DE AUTOR

Yo, ABIGAIL MARIBEL YUNGÁN PINTAG en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación: **DETERMINACION DE LA EFICIENCIA DE CONDUCCION Y DISTRIBUCION EN EL RAMAL “CHUROLOMA” DEL SISTEMA DE RIEGO TUMBACO** modalidad presencial, 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 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.

Abigail Maribel Yungán Pintag

C.C:1727260174

abigail08mary@hotmail.com

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación, presentado por **ABIGIL MARIBEL YUNGÁN PINTAG**, para optar por el Grado de Ingeniero Agrónomo, cuyo título es: **DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN EN EL RAMAL “CHUROLOMA” DEL SISTEMA DE RIEGO TUMBACO**, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y los 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 8 días del mes de mayo de 2019

M.Sc. Randon Stalin Ortiz Calle.

DOCENTE - TUTOR

C.C. 1102697396

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

APROBADO POR

Ing. Agr. Randon Ortiz, M.Sc.

TUTOR

Ing. Agr. Carlos Montúfar, M.Sc.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Agr. Christian Tamayo, M.Sc.

PRIMER VOCAL

Ing. Agr. Jorge Caicedo, M.Sc.

SEGUNDO VOCAL

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación lo dedico a Dios por permitirme cumplir este logro. A mis padres por el ejemplo, esfuerzo e incondicional apoyo durante mi formación profesional, por ser un pilar fundamental en mi vida y brindarme sus consejos, paciencia y amor en cada paso.

A mis hermanos por brindarme ánimo y permanecer a mi lado. A mi tío Fernando, mi prima Melani, quienes son la fuerza adicional que me impulsa a ser mejor día a día, y motivarme a cumplir todos mis objetivos con paciencia y dedicación. A mi sobrina Emily quien es la personita más especial que Dios me dio.

ABIGAIL

AGREDECIMIENTOS

Agradezco a Dios por todas las bendiciones.

A toda mi familia, quienes con su apoyo fue posible cumplir esta meta, especialmente a mis padres Rosario y Gregorio, a mis hermanos: Nelson, Guido, Sergio y Diego, por su presencia y consejos .A mi tíos Fernando y Soledad, mis abuelitos y mis primas a quienes estoy profundamente agradecida por ser parte importante en toda mi vida.

A mi director de tesis y mentor Randon Stalin Ortiz Calle por su preocupación, paciencia, guía y consejos en la realización de este trabajo.

A la Ing. Maritza Chile por su amistad y consejos en la realización de este trabajo.

A la Universidad Central del Ecuador, la Facultad de Ciencias Agrícolas, por mi desarrollo profesional.

A la Junta de riego Tumbaco, quienes apoyaron la elaboración de este proyecto, con su dirección en las salidas de campo.

A mis amigos y amigas con quienes compartí momentos inolvidables, e hicieron que mi vida este llena de anécdotas, a quienes agradezco y quiero mucho, a aquellas personas que fui conociendo durante la carrera, de quienes aprendí muchas cosas y compartimos travesías para cumplir esta meta.

ABIGAIL

ÍNDICE DE CONENIDO

CAPÍTULOS	PÁGINAS
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
2.1. Generalidades	2
2.2. Sistema de riego	2
2.2.1. Estructuras hidráulicas de entrega	3
2.3. Sistema de riego Tumbaco	4
2.3.1. Historia del Sistema de Riego Tumbaco	4
2.3.2. Marco legal	5
2.3.3. Operación y mantenimiento	8
2.4. Descripción de la zona de estudio	9
2.5. Eficiencia de uso del agua	13
2.5.1. Eficiencia de conducción.....	13
2.5.2. Eficiencia de distribución	15
2.5.2.1. Coeficiente de uniformidad de Christiansen	15
2.5.3. Sobre o sub irrigación.....	16
2.5.3.1. Necesidad Hídrica Diaria	16
2.5.3.2. Precipitación	16
2.5.3.3. Evapotranspiración de referencia	17
2.5.3.4. Coeficiente de cultivo (Kc)	17
2.5.4. Agronomía del riego.....	18
2.5.4.1. Frecuencia de riego.....	18
2.5.4.2. Tiempo de aplicación	18
2.5.4.3. Tiempo de riego.....	18
3. MATERIALES Y MÉTODOS	19
3.1. Características del área de estudio.....	19
3.1.1. Ubicación política del sitio	19
3.1.2. Ubicación del polígono en estudio	19
3.1.3. Descripción del sitio experimental	20
3.1.3.1. Características climáticas	20
3.1.3.2. Características edáficas.....	20

CAPÍTULOS	PÁGINAS
3.2. Materiales	20
3.3. Metodología.....	21
3.3.1. Eficiencia de conducción en el canal secundario	21
3.3.2. Eficiencia de distribución en el óvalo 20 – 29.....	26
3.3.3. Sobre o sub irrigación.....	28
3.3.4. Entrevistas	32
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
4.1. Principales características del ramal Churoloma.....	33
4.2. Eficiencia de conducción.....	39
4.3. Eficiencia de distribución del óvalo 20 - 29	46
4.3.1. Eficiencia de conducción.....	49
4.3.2. Eficiencia de distribución	49
4.4. Sobre o sub irrigación.....	50
4.5. Actores en el ramal Churoloma	56
5. CONCLUSIONES.....	59
6. RECOMENDACIONES.....	60
7. RESUMEN.....	61
8. REFERENCIAS	62
9. ANEXOS	66
10. GLOSARIO	84

LISTA DE CUADROS

CUADROS	PÁG.
1. Red de canales del Sistema de Riego Tumbaco.....	11
2. Usuarios de los diferentes ramales.....	11
3. Área cultivada en el sistema de Riego Tumbaco	12
4. Superficie regable y no regable en el sistema de Riego Tumbaco.....	12
5. Métodos de riego empleados en el sistema de Riego Tumbaco	13
6. Eficiencia de conducción según el tipo y longitud del canal	14
7. Eficiencia de conducción según el tipo de canal y superficie del predio.....	15
8. Clasificación de la calidad de riego en función de la uniformidad de distribución.....	16
9. Características agroclimáticas de Tumbaco (estación la Tola).....	20
10. Coeficiente de ajuste en base a la profundidad del agua.....	25
11. Métodos utilizados en cada sección del canal secundario	25
12. Infraestructura del ramal Churolooma	34
13. Información de la primera sección evaluada en el canal secundario	40
14. Información de la segunda sección evaluada en el canal secundario.	41
15. Información de la tercera sección evaluada en el canal secundario.....	42
16. Información de la cuarta sección evaluada en el canal secundario.....	43
17. Caudales registrados con los tres métodos.....	44
18. Caudales medidos en las cuatro secciones	44
19. Eficiencia de conducción (Efc) en las cuatro secciones	45
20. Pendiente longitudinal de cada sección	46
21. Longitud de los canales terciarios en el óvalo 20-29	47
22. Caudales registrados en la sección tipo revestida y tierra del óvalo 20-29.....	48
23. Eficiencia de conducción	49
24. Volumen de agua entregado a cada usuario del óvalo	50
25. Porcentaje de cultivos y plantaciones en el óvalo.....	52
26. Superficie cultivada y volumen asignado en el óvalo 20-29	52
27. Tiempo de riego calculado para cada usuario	55
28. Uso de suelo de cada usuario	78

LISTA DE FIGURAS

FIGURAS	PÁG.
1. Sistema de distribución del agua en un sistema de riego gravitacional	3
2. Instituciones creadas para la gestión del riego a nivel nacional	4
3. Caracterización del Sistema de Riego Tumbaco	10
4. Ubicación del sitio experimental	19
5. Puntos de medición de caudales. Eficiencia de conducción.	22
6. Método del flotador	24
7. Puntos de medición de caudales por usuario.	26
8. Ubicación del ramal Churoloma en el sistema de riego Tumbaco.	33
9. Secciones en el ramal Churoloma.....	39
10. Ubicación y componentes del óvalo.	46
11. Distribución de caudales en el óvalo 20 - 29	48
12. Distribución de cultivos en óvalo 20-29.	51
13. Sobre y sub irrigación de los usuarios del óvalo 20 - 29	Error! Marcador no definido.

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍAS	PÁG.
1. Sección irregular, presencia de desbordamientos.	35
2. Descarga de aguas servidas en el canal.	35
3. Construcción de viviendas sin respetar la norma.	35
4. Contaminación en el canal.	35
5. Sección irregular no revestida, desbordes. Contaminación por el área fabril.	36
6. Secciones estrechas cerca de botaderos de basura.	36
7. Sección completamente obstruida por la vegetación.	36
8. Acumulación de basura del sector La Villavega.	36
9. Sección revestida, acumulación de basura.	37
10. Sección revestida, embaulada, atraviesa propiedad.	37
11. Sección obstruida por material de construcción.	37
12. Deterioro de la sección, mal mantenimiento del canal.	37
13. Presencia de bombas de usuarios no registrados.	38
14. Problemas que impiden el mantenimiento. Sección no revestida.	38
15. Obstrucción por rastrojos de construcción en el canal.	38
16. Caja de drenaje del agua de riego del ramal Churolooma	38
17. Compuerta – canal Churolooma	69
18. Sección del canal irregular no revestido.	69
19. Sección embaulada ubicado en la Unidad Educativa Tumbaco.	69
20. Sección revestida, problemas de desbordes en invierno.	69
21. Sección revestida, construida por el propietario del inmueble.	69
22. Sección revestida. Problemas de desborde.	69
24. Compuerta de división, hacia los ramales de El Pueblo y San Blas.	70
25. Compuertas embauladas, división de los dos ramales.	70
26. Desvíos de caudales, y hurtos de agua.	70
28. Tubería, que atraviesa la ruta viva.	70
29. Control estratégico por JRT para evitar la contaminación.	70
30. Tubería, donde atraviesa el caudal proveniente de la ruta viva.	70
31. Construcción de viviendas, problemas con contaminación y hurto de agua.	71
32. Problemas de obstrucción, difícil acceso para el mantenimiento	71
33. Agua de riego proveniente del sector de la Morita.	71
34. Sección no revestida, falta de mantenimiento.	71
35. Canal irregular atraviesa, zona urbana. Problemas de contaminación.	71
36. Sección revestida, presencia de sedimentos y basura.	71
37. Sección no revestida irregular, construcciones y contaminación por basura.	72
38. Sección revestida, falta de mantenimiento, presencia de sedimentos.	72

39. Contaminación fabril, presencia de aceite en el agua de riego.	72
40. Sección no revestida irregular, falta de limpieza, problemas de basura.	72

FOTOGRAFÍAS

PÁG.

41. Sección revestida, presencia de sedimentos en el interior del canal.	72
42. Sección revestida, presencia de sedimentos en el interior del canal.	72
43. Sección revestida, presencia de sedimentos.	73
44. Sección revestida.	73
45. Sección tipo tierra, falta de mantenimiento.	73
46. Sección critica desbordes de agua.	73
47. Sección dentro de una propiedad, difícil acceso para la operación.	73
48. Sección irregular, frecuencia de desborde y obstrucciones por material vegetal.	73
49. Sección no revestida homogénea crecimiento de kikuyo en los bordes.	74
50. Sección no revestida.	74
51. Falta de mantenimiento, crecimiento de malezas.	74
52. Canal revestido, problemas de acceso al mantenimiento.	74
53. Canal embaulado, propiedad privada difícil acceso.	74
54. Flujo normal, sección conservada, por los habitantes de la zona.	74
55. Sección revestida, angosta, constantes desbordes en épocas lluviosas.	75
56. Canal homogéneo, Sección de desfogue del agua de riego.	75
57. Sección de desfogue.	75
58. Zona de drenaje.	75

LISTA DE FÓRMULAS

FÓRMULAS	PÁG.
1. Medidor Parshall	22
2. Aforo químico	24
3. Eficiencia de conducción (canal secundario)	25
4. Vertedero rectangular.....	27
5. Eficiencia de conducción en el ramal terciario	27
6. Uniformidad de distribución	28
7. Necesidad hídrica mensual.....	28
8. Necesidad hídrica diaria.....	29
9. Lámina neta	29
10. Lámina total	30
11. Necesidad hídrica ponderada	30
12. Evapotranspiración de referencia.....	31
13. Evapotranspiración real (ET _r).....	31
14. Volumen de agua	31
15. Tiempo de riego	32

LISTA DE ANEXOS

ANEXOS	PÁG.
1. Entrevista realizada hacia los actores involucrados en la operación del ramal	66
2. Formato de información – eficiencia de conducción	67
3. Formato de información – eficiencia de distribución	68
4. Canal CHUROLOMA - PRIMER SECTOR: La Morita.....	69
5. Canal CHUROLOMA - SEGUNDO SECTOR: La Villavega.....	71
6. Canal CHUROLOMA - TERCER SECTOR: Churoloma	72
7. Canal CHUROLOMA – CUARTO SECTOR: Las Minas.....	74
8. Primera sección para la medición de caudales.....	76
9. Segunda sección para la medición de caudales	76
10. Tercera sección para la medición de caudales	76
11. Cuarta sección para la medición de caudales.....	77
12. Uso de suelo óvalo 20-29.....	78
13. Tiempo de riego por usuario	80

ABREVIATURAS

CAC:	Centros de Atención al ciudadano
CADET:	Campo Docente de Experimentación Tumbaco
CESA:	Central Ecuatoriana de Servicios Agrícolas
CONGOPE:	Consortio de Gobiernos Autónomos Descentralizados
CU/ UD:	Coeficiente de uniformidad/ Uniformidad de distribución
DMQ:	Distrito metropolitano de Quito
Efc:	Eficiencia de conducción
Efd:	Eficiencia de conducción
ET:	Evapotranspiración
ETo:	Evapotranspiración de referencia
FCA – UCE:	Facultad de Ciencias Agrícolas – Universidad Central del Ecuador
FAO:	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
Fr:	Frecuencia de Riego
GAPD:	Gobierno Autónomo Descentralizado
Ha / LT:	Hectáreas / Lamina total
ICID – CIID:	Comisión internacional de Riego y Drenaje
INRENA-UCPSI:	Instituto Nacional de Recursos Naturales - Unidad de Coordinación del. Proyecto Sub sectorial de Irrigación
JRT:	Junta de riego Tumbaco
MAE:	Ministerio del Ambiente
MAG:	Ministerio de y Ganadería
MA-PSI:	Ministerio de agricultura- Proyecto sub sectorial de irrigación
MINAGRI-DGIAR:	Ministerio de Agricultura y Riego - Dirección General de Infraestructura Agraria y Riego.
MMAyA:	Ministerio de Medio Ambiente y Agua (Bolivia)
NHD/ M:	Necesidad hídrica diaria/ mensual
LORHUYA:	Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua
PROAGRO.	Programa de Desarrollo Agropecuario Sustentable
SENAGUA:	Secretaria Nacional del Agua
SHN:	Servicio Hidrológico Nacional

SEPOR:

Servicio de programación y Optimización del Uso del Agua de Riego

TÍTULO: Determinación de la eficiencia de conducción y distribución del ramal “Churoloma” del Sistema de riego Tumbaco.

Autora: Abigail Maribel Yungán Pintag

Tutor: Randon Stalin Ortiz Calle

RESUMEN

La gestión integral de un sistema de riego es muy importante para contrarrestar el cambio climático, la disminución del área agrícola y el crecimiento permanente de la población. La investigación se desarrolló para determinar la eficiencia de conducción en el ramal Churoloma, la eficiencia de distribución y la presencia de sobre o sub irrigación en un óvalo. Resultados: la eficiencia de conducción promedio en las cuatro secciones evaluadas fue del 95.61%, la eficiencia de conducción promedio en el óvalo fue del 75.3%, la eficiencia de distribución en el óvalo del 50.5% y se determinó sobre irrigación. Conclusiones: la eficiencia de conducción en el ramal fue categorizada como buena y en el óvalo baja, la eficiencia de distribución del agua de riego en el óvalo fue pobre, existiendo sobre irrigación en el óvalo.

PALABRAS CLAVE: RAMAL CHUROLOMA / EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN / EFICIENCIA DE DISTRIBUCIÓN / RIEGO / NECESIDADES DE RIEGO

TITLE: Determination of the efficiency of driving and distribution in the "Churoloma" branch of the Tumbaco irrigation system

Author: Abigail Maribel Yungán Pintag

Mentor: Randon Stalin Ortiz Calle

ABSTRACT

The integral irrigation management is very important to face the climate change, the agricultural land decreasing and the permanent growth of the population. The investigation was focused to determine the conveyance efficiency in the Churoloma branch secondary canal, the distribution efficiency as well as the presence of over or under irrigation in a tertiary unit. Results: branch secondary canal, the average conveyance efficiency was about 95.61%; tertiary unit, the average conveyance efficiency was about 75.3%, the distribution efficiency about 50.5% and there was over irrigation. Conclusions: the conveyance efficiency in the branch secondary canal was good and in the tertiary unit, it was poor, the distribution efficiency was poor and there was over irrigation.

KEY WORDS: PALABRAS CLAVE: CHUROLOMA BRANCH CANAL /
CONVEYANCE EFFICIENCY / DISTRIBUTION EFFICIENCY / IRRIGATION SYSTEM
/ CROP WATER REQUIREMENTS

CERTIFICACIÓN

En calidad de tutor de trabajo de graduación cuyo título es: “**DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DEL RAMAL “CHUROLOMA” DEL SISTEMA DE RIEGO TUMBACO**” presentado por el Srta. YUNGÁN PINTAG ABIGAIL MARIBEL, previo a la obtención del Título de Ingeniera Agrónoma, certifico haber revisado y corregido el ABSTRACT para el trabajo de grado.

M.Sc. Randon Stalin Ortiz Calle

DOCENTE – TUTOR

C.C. 1102697396

1. INTRODUCCIÓN

El riego a nivel mundial es un factor importante, que permite mejorar la producción de los cultivos en zonas potencialmente agrícolas, de esta manera es necesario hacer un buen uso del agua, considerando las limitaciones de la misma respecto del cambio climático (Santos *et al.*, 2010). Mantener eficientemente este recurso, mejora la capacidad para cumplir con una correcta conducción y distribución en todo el canal, ayudando a mejorar el aprovechamiento y manejo de los sistemas de producción, desarrollando estrategias que permitan ayudar al agricultor a que se beneficie de las bondades de un sistema de riego (INTA, 1995).

En el Ecuador se ha estimado una superficie de 3.14 millones de hectáreas potenciales para riego, tomando en cuenta la aptitud de los suelos y los recursos hídricos disponibles. Según SENAGUA (2010), la superficie cubierta con infraestructura de riego es de 1.5 millones de hectáreas, teniendo en cuenta los múltiples problemas que presentan principalmente los sistemas de riego públicos y los sistemas de riego comunitarios/asociativos. El gobierno estableció un modelo de gestión en los territorios bajo riego a cargo de la dirección de los gobiernos autónomos descentralizados (GAD) con sus respectivos representantes del sistema de riego y cada uno de sus ramales con la finalidad de mejorar la administración de los recursos hídricos, (Román *et al.*, 2011).

El sistema de riego Tumbaco, capta agua desde los ríos Pita y Guangal y está compuesto por siete ramales: La Merced, Ilaló, Chichipata, El Pueblo, La Viña, Churolooma y San Blas. Este sistema de riego inició su construcción en 1943 (GAD, 2014). Además la urbanización ha influido en el deterioro de la infraestructura del sistema de riego, afectando a la eficiencia del mismo, por consiguiente, en esta zona, el tipo, diseño o condición de la estructura hidráulica, no cumple con requisitos mínimos según se pudo constatar en el recorrido realizado en el ramal de estudio denominado “Churolooma”, ubicado en las sectores de: La Morita, Villavega, Churolooma y Las Minas. La problemática radica en el deterioro de las estructuras hidráulicas que trae consigo otros factores que podrían disminuir la eficiencia, puesto que es un canal no revestido casi en su totalidad, provocando pérdidas de agua: por infiltración, desbordamientos, contaminación (basura, sedimentos, rastros, animales muertos, etc.), incluyendo, el robo de agua por parte usuarios no registrados. Este estudio permitió conocer cuál es el estado actual del ramal Churolooma y su red de distribución, mediante la eficiencia de conducción en secciones ubicadas en el canal. Por otra parte, se evaluó un óvalo que forma parte del ramal recomendado por la Junta de Riego Tumbaco (JRT), que cumple características similares a los demás óvalos, con el objetivo de medir la eficiencia de conducción en esta red terciaria y determinar cuál es la eficiencia de distribución y por último se analizó la presencia de sobre o sub irrigación en las parcelas de los usuarios.

Por lo expuesto, esta investigación se planteó determinar la eficiencia de conducción y distribución en el ramal “CHUROLOMA” - Sistema de Riego Tumbaco.

Específicamente se buscó determinar la eficiencia de conducción en cuatro secciones del canal principal; determinar la eficiencia de distribución en el óvalo 20-29, y analizar si existe sobre o sub irrigación en el óvalo indicado.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades

El riego es parte importante de la estructura agraria a nivel mundial, por ello, un sistema de riego comprende un conjunto de estructuras y componentes tanto internos como externos, que permiten que áreas semiáridas o secas puedan ser productivas, entregando un valor importante a nivel social, ambiental y económico (Santos *et al.*, 2010). La actividad agrícola en el Ecuador representa el 17 % del PIB, siendo importante para la economía, de esta manera, el riego influye directamente en el sector agrario. Cabe mencionar que la estructura agraria en el país, refleja una concentración de tierra, tecnología, créditos y superficie bajo riego, pero solo el 25.69 % de la superficie bajo riego la disponen campesinos y pequeños propietarios, reflejando que grandes propietarios tienen en su poder superficies mayores a 50 hectáreas, concentrando el 51.0 % del total de la superficie bajo riego (CESA, 2005).

Según SENAGUA (2012), el país cuenta con un estimado de 9 952 sistemas que gestionan el agua, de las cuales 6 603 corresponden para consumo y 3 225 para riego. La demarcación hidrográfica que abastece al sistema de riego Tumbaco, es la del río Esmeraldas que tiene una extensión de 32 078 km² que abarca a 18 cuencas, abasteciendo a cuatro centros zonales conformada por 18 sub cuencas. El centro zonal que abastece a este sistema de riego es el de Quito que corresponde a la cuenca del río Guayllabamba, la misma que está administrada bajo el Estatuto Orgánico de Gestión Organizacional del SENAGUA (SENAGUA, 2010).

2.2. Sistema de riego

Un sistema de riego, es un conjunto de estructuras y técnicas que proporcionan la aplicación del recurso en métodos de riego establecidos (superficial, goteo o aspersión), tomando en cuenta la gestión cooperativa que asegura la captación del agua, almacenamiento, transporte y distribución a los regantes (Pereira *et al.*, 2010). Además son unidades calificadas como hidrológicas, redes de ingeniería o sistemas agrícolas, que se basan en reglamentos y estatutos para su administración, operación y mantenimiento.

Consta de una red de distribución que abastece a quienes requieren el agua. Este sistema consta de varios elementos que facilitan el transporte de agua del punto de captación hacia las unidades de riego o parcela de los agricultores, estos elementos pueden ser obras o instalaciones que faciliten el transporte (Franco & Pérez, 2008). Un sistema de riego por superficie básicamente consta de los siguientes elementos:

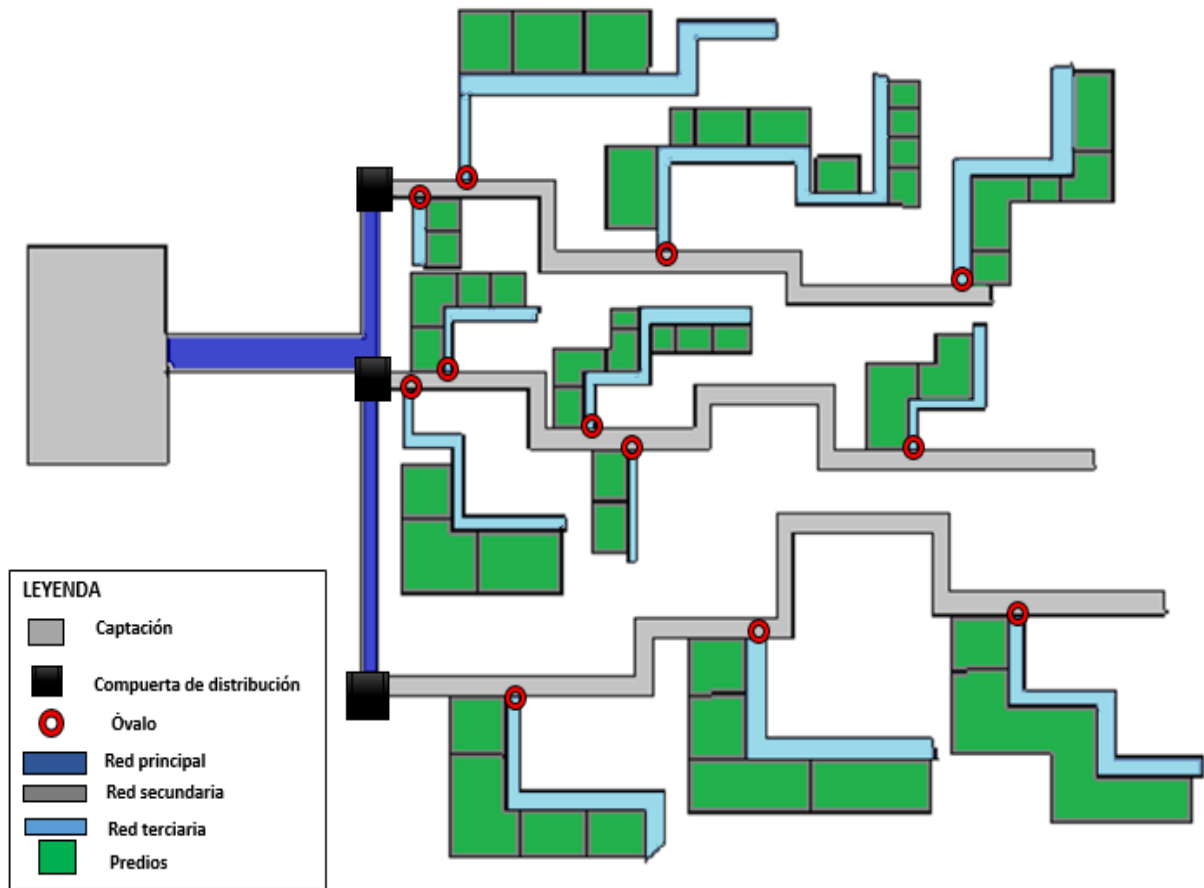


Figura 1. Sistema de distribución del agua en un sistema de riego gravitacional. **Fuente:** Universidad de Sevilla <http://ocwus.us.es/>.

- **Captación.**- Un sistema de riego puede captar agua a través de desviaciones desde ríos, embalses o pozos de agua subterránea.
- **Red principal.**- Este canal es el encargado de transportar el agua hasta el área regable desde la captación.
- **Red secundaria.**- Canal encargado de dar acceso, a los propietarios de los óvalos, al agua de riego a nivel parcela.
- **Red terciaria.**- Son los ramales que se encuentran relacionados al orden de distribución y conducción, a nivel de unidad de riego de cada propietario (Franco & Pérez, 2008).

2.2.1. Estructuras hidráulicas de entrega

Las estructuras hidráulicas son obras de ingeniería construidas para conseguir un adecuado aprovechamiento del recurso hídrico en combinación con elementos mecánicos, para conseguir una mejor asignación de caudales a los usuarios (Pineda & Revelo, 2012).

- Según Santos, (2010), menciona que poseer estructuras de entrega en los sistemas de riego como compuertas o tuberías PVC en canales terciarios mejoran la aplicación del agua en los surcos, evitando el consumo injustificado de recursos energéticos.
- El manejo de bombas para impulsar el agua es una estructura hidráulica permite abastecer del caudal requerido (Pineda & Revelo, 2012).

Existe una problemática en el manejo de estructuras de entrega por parte de los sistemas de riego y su administración, pues su construcción y mantenimiento se ve afectado por las dimensiones de las obras y diseño hidráulico.(PROAGRO, 2011).

2.3. Sistema de riego Tumbaco

2.3.1. Historia del Sistema de Riego Tumbaco

En la época republicana (1832), la elaboración de leyes permitió que el recurso hídrico, sea visto como un elemento importante en el desarrollo económico, incluyendo leyes que regulaban la distribución del agua y acequias comunes. La creación del sistema de riego, surgió a partir de partir de la fundación de comunas en Tumbaco, sienta la base para la desarrollo de un proceso que permitió que el Ecuador contara con tecnificación básica para el acceso de agua en lugares con potencial para la agricultura. En la Figura 2, se observa cuáles fueron los hechos a través de la historia para que la JRT se mantenga hasta la actualidad (Sánchez *et al.*, 2007).

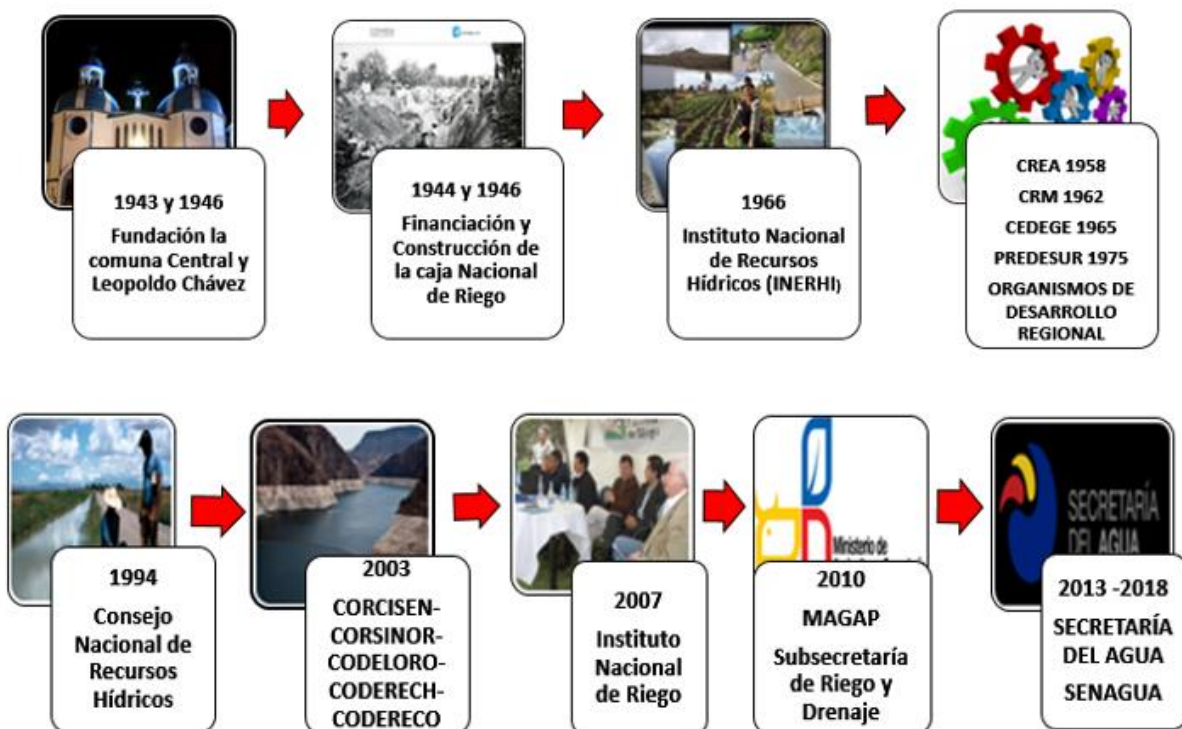


Figura 2. Instituciones creadas para la gestión del riego a nivel nacional. **Fuente:** SENAGUA-GAP.2014.

El desarrollo de las actividades económicas que se llevan a cabo en la parroquia de Tumbaco, en un principio fueron la agricultura y ganadería, siendo las principales fuentes de ingreso y subsistencia para su población, es así que la producción de granos, hortalizas y frutas, como la actividad ganadera orientada a la producción de leche, animales menores y sus actividades tradicionales, fueron importantes para su desarrollo. Actualmente el abandono de las actividades agrícolas por temas de ingresos económicos, ha causado que la mayoría de los agricultores tengan empleos fuera del agro o en otras zonas, ya que en los últimos años la tendencia a urbanizarse a provocado un incremento en la venta de los terrenos (GAD, 2014).

2.3.2. Marco legal

Constitución de la República

La Constitución de la República del Ecuador del 2008, establece para el agua de riego lo siguiente:

Art. 282.- El Estado regulará el uso y manejo del agua de riego para la producción de alimentos, bajo los principios de equidad, eficiencia y sostenibilidad ambiental (Constitución, 2008).

Art. 318.- La gestión del agua será exclusivamente pública o comunitaria. El servicio público de saneamiento, el abastecimiento de agua potable y el riego serán prestados únicamente por personas jurídicas estatales o comunitarias (Constitución, 2008).

El Estado, a través de la autoridad única del agua, será el responsable directo de la planificación y gestión de los recursos hídricos que se destinarán a consumo humano y riego, que garanticen la soberanía alimentaria, caudal ecológico y actividades productivas, en este orden de prelación. Se requerirá autorización del Estado para el aprovechamiento del agua con fines productivos por parte de los sectores público, privado y de la economía popular y solidaria, de acuerdo con la ley (Constitución, 2008).

Gobiernos Autónomos Descentralizados

Los gobiernos autónomos descentralizados de acuerdo a la constitución tienen la facultad de planificar, construir, operar y mantener los sistemas de riego estableciendo lo siguiente:

Art. 269. Numeral 1.- El riego en el Ecuador a cargo de los gobiernos autónomos descentralizados provinciales, establecido por el COOTAD, en el Art. 133, a partir del tercer inciso, habilitó a estas entidades a la gestión del mantenimiento y operación de los sistemas de riego, estableciendo alianzas, para un trabajo organizativo a los siguientes agentes: Gobierno Parroquial Rural u Organizaciones Comunitarias, que ayudan a la coordinación de los sistemas comunitarios de riego determinando unión entre lo público y comunitario.

La gestión está en función de los modelos del tipo de sistema, pues en los sistemas de riego no transferidos correspondientes a los gobiernos autónomos descentralizados se llevan a cabo las siguientes actividades:

- Administración en el manejo de la infraestructura de riego; con el aforo y regulación de caudales, con el cobro de la tarifa básica diferenciada, el ejercicio de la facultad coactiva para

el cobro de la tarifa básica diferenciada y volumétrica, estableciendo la estandarización, consolidación, registro de padrones de usuarios y catastros de predios servidos.

- Ampliación y rehabilitación de obras vinculadas a los sistemas o modelos manejados, entregando programas de investigación e innovación tecnológica para la operación mantenimiento y construcción de obras sociales con un sistema de protección de canales.
- Manejo de sistema de información de riego y drenaje de acuerdo a las normas nacionales, implementando programas de gestión en el conocimiento ancestral de la agricultura bajo riego y drenaje, con la finalidad de consolidar juntas o asociaciones de regantes, estableciendo capacitaciones en aspectos técnicos como legales, administrativos y financieros, desarrollando actividades que fomenten la productividad (CNC, 2012).

Responsabilidades de las Junta de regantes

Junta de Riego Tumbaco (JRT)

El sistema de riego Tumbaco cuenta con una junta general de regantes, con acuerdo ministerial N° 206 – MAG junio 29 de 2001, esta organización está encargada de la administración, manejo y mantenimiento del sistema de riego, según el estatuto y reglamento de operación y mantenimiento de la junta, aprobado por la Secretaria del agua, Subsecretaria de demarcación hidrográfica de Esmeraldas, y el Centro de atención al ciudadano Quito, en la resolución N° SENAGUA.77-2017.

La organización de la juntas de regantes es dirigida por la personería jurídica, según el artículo 18 de la Ley de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del agua, que establece como competencia y atribución de la Autoridad Única del Agua a la misma personería de las juntas de regantes como administradores de Agua de Riego (SENAGUA, 2016).

En septiembre de 2017, el CAC mediante un informe técnico con memorando N°.SDHE-CAC-15-2017-111 aprobó el otorgamiento de personería jurídica a la JRT, conformada por el presidente, vicepresidente, secretario, tesorero y siete vocales, los cuales dirigen a la junta presentando un servicio de agua, y a todos los usuarios, cuyo objetivo es respetar los estatutos, prestar un servicio eficiente, de calidad, equitativo y sostenible, con un desarrollo administrativo, técnico y financiero de la junta (JRT, 2017).

La JRT está estructurado según el estatuto de la siguiente manera:

1. Asamblea General del Directorio

Conformada por los presidentes, vicepresidentes de los siete ramales secundarios y presidentes de los óvalos de cada uno de los ramales (JRT, 2017).

2. Directorio

El directorio es un ente sin remuneración que actúa como un representante de la junta de regantes, encargado de la dirección ejecutiva y administrativa de la junta, bajo la dirección de las políticas establecidas por la Asamblea general y los presentes. (Castañeda, 2017).

3. Directivas de ramales

El presidente, vicepresidente, tesorero y secretario pertenecientes a la junta de regantes, que son elegidos por los usuarios de cada óvalo encargados de la comunicación entre la asamblea y el directorio de la JRT, en coordinación con los usuarios de cada uno de los ramales. Estos representantes congregan a cada representante del óvalo respectivo con el objetivo de coordinar un manejo en las áreas referentes al desarrollo y manteniendo de cada ramal (JRT, 2017).

4. Directivas de óvalos

Son representantes elegidos por los mismos usuarios, que deberán contar de un mínimo de seis usuarios y si no es el caso fusionarse con un óvalo cercano, para guiarse en actividades tales como el mantenimiento, comunicación de las tomadas en asamblea general y convocatoria a reuniones a realizarse a futuro

5. Comisión de elecciones

Esta comisión electoral es quien se encarga de organizar y conducir las votaciones del directorio, y de las directivas de los ramales y óvalos, quienes la conforman deben ser usuarios sin problemas o alguna deuda.

6. Comisión de atención de reclamos y conflictos

Esta comisión está formada por tres miembros; el presidente o un delegado, un representante de los usuarios designado por el directorio y el presidente de los ramales involucrado en el conflicto, para atender conflictos presentes en el servicio de riego (JRT, 2017).

Reglamento de la junta de regantes

La acción que realiza la junta de regantes se basa en una administración cooperativa, que permite regular la operación y mantenimiento con el apoyo de todos los usuarios, manteniendo un padrón que refleje la legitimidad del propietario como miembro de la junta. Esta dirigida por la personería jurídica a través de sus representantes y con la responsabilidad de mantenimiento, cuidado de las bocatomas y el ramal principal, bajo un reglamento que consta los obligaciones y responsabilidades de los usuarios (JRT, 2017).

- **Usuarios**

Los usuarios deberán asistir puntualmente, participar activamente de las reuniones convocadas por las directivas, realizando un buen uso del agua, manteniendo su acometida en buen estado.

Deberán pagar puntualmente las planillas del servicio: las tarifas, multas, y cuotas extraordinarias e informar a la directiva del óvalo sobre acometidas clandestinas o actos que afecten el servicio de algún usuario de la junta de regantes (JRT, 2017).

- **Directivas de los óvalos**

Las directivas de los óvalos deberán mantener un padrón actualizado de los usuarios informando a la Junta General. Además de organizar actividades para el mantenimiento de los canales, mantener

informada a la directiva del ramal sobre los problemas y dificultades que presentan los usuarios, informando las respectivas decisiones adoptadas, en reuniones convocadas (JRT, 2017).

- **Directivas de los ramales**

Las directivas de los ramales deberán mantener al día el registro de todos los óvalos que la conforman, organizando el mantenimiento periódico del canal en la sección que la atraviesa, acordando asambleas con los usuarios para el cumplimiento de las tarifas o multas.

Estos representantes identificar y resolver problemas de operación del servicio de riego, con la oportuna intervención de la Junta General. Además de participar como miembro del Directorio de la Junta General en todas las reuniones y actividades, y rendir cuentas en la asamblea de los usuarios del ramal por lo menos una vez a la año (JRT, 2017).

- **Administración de la Junta de Regantes**

La administración de la junta de regantes tiene la obligación de poner en funcionamiento el sistema ofreciendo un servicio eficiente y permanente a todos los usuarios, respetando los caudales y volúmenes establecidos en el calendario de riego.

2.3.3. Operación y mantenimiento

La entrega del agua en los sistemas de riego, tiene criterios establecidos, basados en lo técnico y social, los mismos que permiten a la junta de regantes, introducir cambios de acuerdo a las necesidades de los usuarios, integrando una modalidad de gestión de riego, apegados a los cambios de tecnología de lo superficial a lo tecnificado. Su manejo facilita la actualización de la lista de usuarios que tienen derecho al agua, estableciendo criterios que compatibilicen el riego actual, ayudando a formular una nueva forma de entrega de agua según los derechos de agua, definiendo un esquema de distribución de agua, tomando en cuenta los caudales pequeños, los tiempos largos y las frecuencias de riego, de acuerdo a las necesidades hídricas de los cultivos para obtener un riego simultaneo (MMAyA, 2010).

La JRT maneja un reglamento cuyo objetivo es la entrega de agua justa y equitativa, respetando al usuario, superficie y cultivos que maneje, con la intención de mantener y operar las compuertas, canal principal, secundario y terciario conservándolas en buenas condiciones en cooperación con los representantes, usuarios y canaleros u operadores de cada ramal.

Turnos de riego

Los turnos de la JRT, se manejan mediante calendarios, que son entregados a los presidentes de cada óvalo, el mismo que debe hacer llegar a cada uno de los usuarios. Por otra el acceso al agua en la compuerta de abastecimiento del canal secundario Churolooma y de los demás ramales es dirigido bajo la dirección del presidente de la junta. Los calendarios de los turnos de riego, son entregados anualmente y dirigidos directamente por la JRT, permitiendo la entrega del agua de riego cada siete días.

Puesto que el número de usuarios en cada ramal es diferente cada ramal opera sus compuertas dependiendo de la época y necesidades de los usuarios. El ramal Churolooma maneja una compuerta de abastecimiento de aproximadamente 47 cm que es abierto, tanto en invierno para el drenaje como en

verano para el abastecimiento de todos los usuarios, cerrándose únicamente para el mantenimiento. Según el operador del sistema de riego Sr. Trujillo, los turnos de riego han sido asignado mediante la construcción de estructuras de entrega de tubería PVC en cada compuerta hacia el óvalo, dependiendo del número de usuarios que la conforme, con el fin de lograr cumplir la demanda hídrica.

Tarifas del uso de agua

Las tarifas por el uso de agua para fines agrícolas en el Ecuador, tiende a considerar la capacidad de pago por parte de los usuarios, dependiendo de la zona en que se encuentre y la disponibilidad de agua de riego. En el Ecuador las tarifas destinadas para el riego y drenaje se entienden como un servicio público básico, fijado por los prestadores públicos, entidades comunitarias que se rigen bajo las regulaciones de la Autoridad Única del Agua (LORHUYA. Art. 139, 2014). Según la LORHUYA (2014), en el Art 141 en la segunda sección denominada “Tarifas por el uso”, menciona que la autorización del uso de agua para riego debe garantizar la soberanía alimentaria, cumpliendo criterios para la fijación de la tarifa volumétrica, estas son:

- Volumen utilizado.
- La cantidad de tierra cultivada y el tipo de suelo.
- Contribución a la conservación del recurso hídrico.

De acuerdo al actual estatuto y reglamento, la JRT fija las tarifas en base al presupuesto calculado que se empleará, con la aprobación del directorio para determinado año, por ende esta tarifa es anual, con la recaudación en base al estado del canal y disponibilidad de agua dependiendo el servicio de acuerdo al reglamento.

2.4. Descripción de la zona de estudio

La parroquia Tumbaco se encuentra ubicada al nororiente del Distrito Metropolitano de Quito, en los últimos años ha presentado cambios, puesto que su desarrollo urbano se ha extendido por el flujo migratorio de la población urbana de Quito y extranjeros. Su superficie aproximada es de 182 km², con una población de 49 944 habitantes según el censo del 2010. La parroquia Tumbaco tiene a su disposición el recurso hídrico de la sub-cuenca del Río Guayllabamba, conformada por cuatro micro-cuencas: Río San Pedro, Río Alcantarilla, Quebrada Viñan y Río Chiche, correspondiendo al sector de Chuspiyacu, captando agua proveniente del Río Pita, hacia sus ramales, canales secundarios y terciarios (GAD, 2014). El sistema de riego Tumbaco, beneficia aproximadamente 249.06 km² de longitud, abarcando alrededor de 2 220 usuarios activos según el catastro realizado en 2017. El clima que caracteriza a esta zona es generalmente cálido y templado, con una temperatura media anual de 16.4 °C y con 952 mm de precipitación anual, con una altitud de 2 600 msnm aproximadamente.

La presencia del sistema de riego, administrada por la junta de regantes, cuenta con siete ramales: La Merced, Ilaló, Chichipata, El Pueblo, La Viña, Churoloma y San Blas, estos ramales atraviesan zonas completamente urbanizadas, zonas semi-urbanizadas y áreas rurales del valle de Tumbaco y Alangasí-La Merced. El sistema de riego Tumbaco está conformado por la siguiente infraestructura (Figura 3).

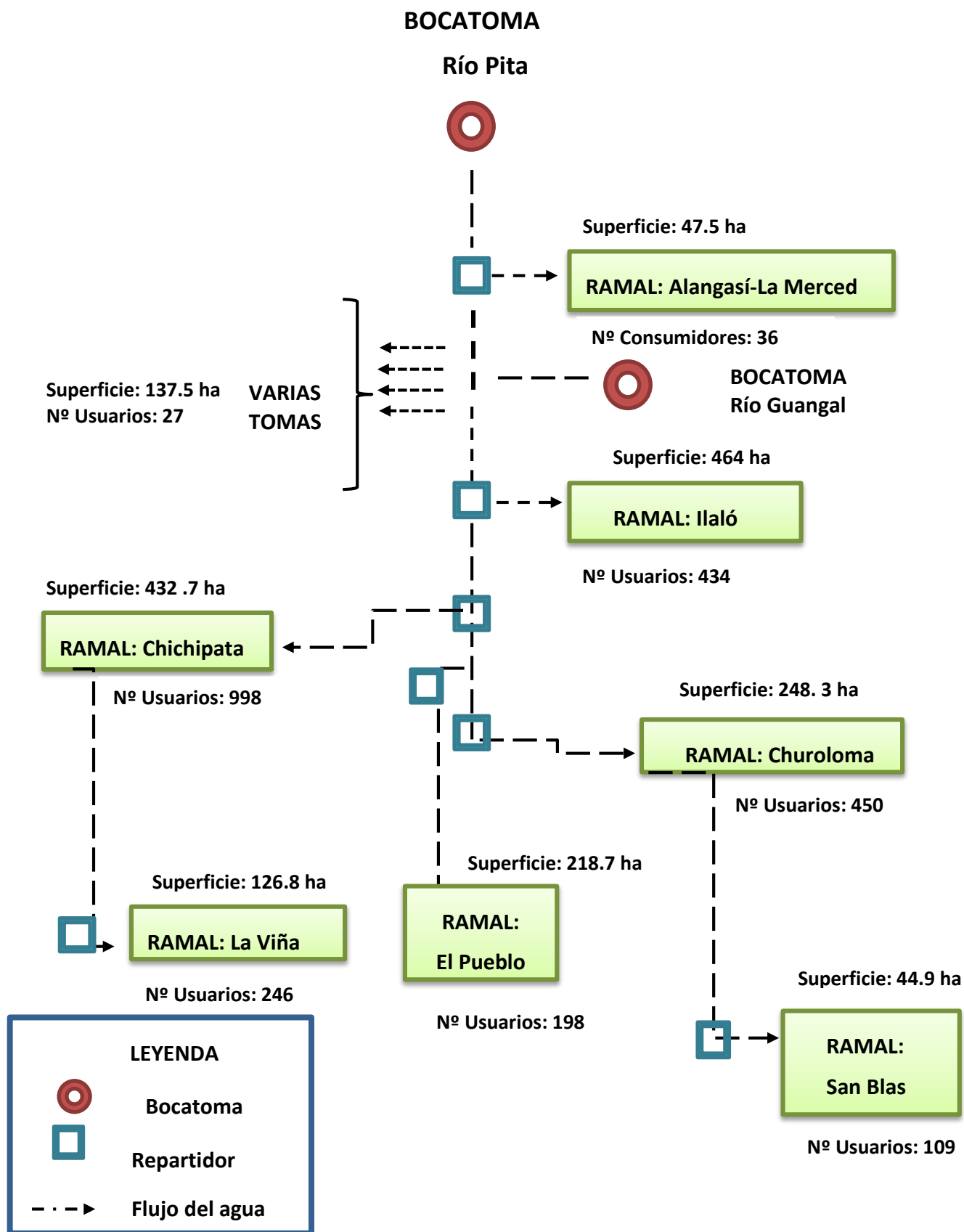


Figura 3. Caracterización del Sistema de Riego Tumbaco. **Fuente:** Ochoa, 2017.

En el Cuadro 1, se presenta información de los canales secundarios y canales terciarios, con su superficie respectiva. El ramal Churolooma tiene una longitud de 6.9 km de canal secundario y 32.68 km de canal terciario, de acuerdo a catastro publicado en 2017 por la FCA - UCE realizada en dos zonas que comprendieron la totalidad de ramal (Ochoa & Maigua, 2017).

Cuadro 1. Red de canales del Sistema de Riego Tumbaco.

Ramal	Canal secundario (km)	Canal terciario (km)
1. Alangasí-La Merced	3.85	5.64
2. Ilaló	13.65	34.10
3. Chichipata	8.60	65.26
4. La Viña	4.36	15.82
5. Churolooma	6.95	32.68
6. El Pueblo	8.10	18.30
7. San Blas	2.99	6.70

Fuente: Ochoa & Maigua, 2017.

En el Cuadro 2, se presenta el número de usuarios en los siete ramales pertenecientes a la JRT, guía que permite conocer el estado actual del padrón registrado, realizado en el catastro. El ramal Churolooma actualmente beneficia a 450 usuarios aproximadamente, sin tomar en cuenta que esta cifra pudo variar por la ubicación de la zona, pues comprende zonas urbanas como rurales.

Cuadro 2. Usuarios de los diferentes ramales.

Ramal	Alangasí-La Merced	Ilaló	Chichipata	La Viña	Churolooma	El Pueblo	San Blas
Nº usuarios	36	434	998	246	450	198	109

Fuente: Ochoa & Maigua, 2017.

Por otra parte el uso del suelo (Cuadro 3) en todo el sistema de riego abarca zonas rurales como urbanas, que dirigen este acceso hacia el uso agrícola, ornamental y fabril. Además, el valle de Tumbaco y Alangasí – La Merced se encuentran en una zona donde la contaminación por parte de pequeñas industrias, mecánicas y población en general hacen de estos canales de riego botaderos de desechos.

En el último catastro realizado por la FCA - UCE se encontró que el uso y superficie del suelo actual, tiene mayor concentración agrícola con 83.91 % de la superficie total indicando que el área cultivada mantiene un rol importante para las zonas beneficiadas.

Cuadro 3. Área cultivada en el sistema de Riego Tumbaco.

Uso-suelo	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Agrícola	916.16	83.91
Ornamental	67.16	6.28
Fabril	18.29	1.70
Otro	22.9	2.35
Sin definir (SD)	31.09	5.91
TOTAL	1 055.60	100.00

Fuente: Ochoa & Maigua, 2017.

En el Cuadro 4, se observa la superficie actual regable y no regable de todo el sistema, indicando que en el ramal de estudio la superficie regable es de 153.98 ha y no regable es de 67.98 ha. Por otra parte la superficie que cubre el sistema de riego Tumbaco abarca zonas aptas para la agricultura, que en los últimos años ha disminuido afectando la superficie regable y el número de usuarios, ya que la zona urbana ha ocupado grandes extensiones de terreno, construyendo conjuntos habitacionales.

Cuadro 4. Superficie regable y no regable en el sistema de Riego Tumbaco.

Ramal	Superficie regable (ha)	Superficie no regable (ha)	Total (ha)
Canal Principal	94.03	11.95	105.98
San Blas	31.16	17.25	48.41
Alangasí-La Merced	10.87	16.97	27.84
Chichipata	300.42	124.66	425.07
Ilaló	231.70	143.71	375.41
Churuloma	153.98	67.98	221.96
El Pueblo	145.06	73.68	218.75
La Viña	88.38	27.45	115.82
TOTAL	1 055.6	483.65	1 539.25

Fuente: Ochoa & Maigua, 2017.

Según el último catastro, los métodos de riego más utilizados en SRT son: Gravedad (66.94%) y gravedad/aspersión (7.93%) (Cuadro 5).

Cuadro 5. Métodos de riego empleados en el sistema de Riego Tumbaco.

Método de riego	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Gravedad	1 144.57	66.94
SD (sin definir)	225.44	13.8
Gravedad/aspersión	135.65	7.93
Aspersión	78.17	4.57
NA (no aplica)	39.52	2.31
Bombeo	29.91	1.75
Gravedad / bombeo /aspersión/goteo	20.86	1.22
Gravedad/bombeo	11.98	0.70
Gravedad/bombeo/aspersion	8.57	0.50
Gravedad/goteo/bombeo	6.40	0.37
Goteo	3.31	0.19
Goteo /bombeo	2.24	0.13
Aspersión/bombeo	2.03	0.12
Gravedad/goteo/aspersión	0.71	0.04
Goteo/aspersión/bombeo	0.33	0.02
goteo/aspersión	0.28	0.02
TOTAL	1 709.94	100.00

Fuente: Ochoa & Maigua, 2017.

Los sectores que corresponden al ramal Churoloima, son áreas que cuentan con pequeños agricultores dedicados a cultivos de ciclo corto, pequeñas cantidades de frutales, destacando principalmente aguacates y cítricos (mandarinas y limones).

2.5. Eficiencia de uso del agua

La Eficiencia de riego es la relación que refleja las pérdidas que ocurren desde la fuente de agua, hasta los predios. Las pérdidas de agua existentes que afectan la eficiencia de riego, se observan básicamente durante la aplicación del agua en el suelo y la conducción, ya sea en la red de riego externa como a nivel predial en la distribución a cada usuario (FAO, 2012).

2.5.1. Eficiencia de conducción

La eficiencia de conducción (Efc) permite evaluar la pérdida de agua en el canal principal y en el secundario, tomando en cuenta el caudal de ingreso y salida, la pendiente del canal, rugosidad, tipo de sección y la permeabilidad del suelo o el material con el que está construido (FAO, 2012).

Es importante tener en cuenta que la eficiencia de conducción en el canal principal o secundario, están influenciadas por el deterioro de la estructura de entrega, ocasionando pérdidas por infiltración, evaporación, hurto del agua en su recorrido por usuarios informales (MINAGRI-DGIAR, 2015).

Elementos de la Eficiencia de conducción

La conducción del agua de riego en los canales involucra que el recorrido pueda satisfacer las necesidades de todo el sistema, tomando en cuenta su eficiencia dependiendo del tipo de canal evaluado (FAO, 2012).

La eficiencia de conducción toma en cuenta, el avance del agua sobre el suelo que este puede tener en función de la duración del riego (Fernandez, 2010). De acuerdo a la FAO (1989), la eficiencia de conducción también puede depender de la longitud del canal que recorrer el agua, el tipo de canal y la condición de los canales (Cuadro 6).

Cuadro 6. Eficiencia de conducción según el tipo y longitud del canal.

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

Fuente: FAO, 2012.

El ex INERHI ha estimado que las pérdidas de agua en canales sin revestir son del 15 % en suelos arenosos, el 10 % en suelos francos y del 5% en suelos arcillosos y que la eficiencia promedio para estos canales es de 75 a 85 %, calificándola como buena (CONGOPE, 2014).

Para determinar la eficiencia de conducción se toma en cuenta los siguientes aspectos:

- Esquema hidráulico actualizado de la red de riego de la zona, el mismo que proporciona información acerca del número de usuarios, áreas de los predios, tipo de canal. Esta información está apoyada por la opinión de los usuarios.
- Los puntos de mediciones.
- Tiempo y periodos de medición.
- La longitud de cada sección fue de como mínimo 5 veces el ancho del canal (Rodríguez, 2015).

Para las mediciones de caudales en los canales es importante tomar en cuenta el equipo necesario, ubicándolo sobre una superficie plana en lo posible, de manera que los datos obtenidos no se desvíen de la realidad (MA-PSI, 2004).

2.5.2. Eficiencia de distribución

La eficiencia de distribución se basa en las pérdidas de agua que se producen en la red interna de los canales del óvalo o unidad terciaria (Flores, 2013). Los factores que influyen son:

- Las fugas en la toma y estructuras de los partidores.
- La programación de uno, dos o tres canales para el turno de riego con un caudal suficiente y no todos los canales al mismo tiempo que podrían ocasionar caudales muy bajos o velocidades bajas (MA-PSI, 2004).

La eficiencia de distribución va de la mano con la conducción del agua de riego en la red terciaria, por ello su evaluación es importante, ya que permite saber cuáles podrían ser los posibles problemas de cada usuario en relación al volumen de agua adecuado para sus cultivos.

Según Vásquez & Chang (1987), los valores que se consideran para la evaluación de la eficiencia de conducción en canales terciarios son las siguientes (Cuadro 7).

Cuadro 7. Eficiencia de conducción según el tipo de canal y superficie del predio.

Tipo de canal terciario	Parcelas < 20 m	Parcelas > 20 m
Canales sin revestir	60-75%	80%
Canal revestido / tubería	70-90%	90-95%

Fuente: FAO, 2012.

Es importante tomar en cuenta, los cálculos que se realicen en base a las pérdidas que ocurren en la toma lateral del canal secundario hasta la entrega de agua a los usuarios de la zona de riego (MINAGRI-DGIAR, 2015) .

Para la medición de caudales es importante tomar en cuenta lo siguiente:

- El caudal de entrega en la cabecera de un canal lateral.
- Sumatoria de los caudales o volúmenes distribuidos parcelas.
- Tipo de canal terciario.

2.5.2.1. Coeficiente de uniformidad de Christiansen

La distribución de acuerdo al coeficiente de uniformidad de Christiansen (1942) establece que la eficiencia llega a tener valores bajos por diseños incorrectos de los sistemas de riego o por una gran diferencia en los tiempos de entrega o aplicación del agua (Flores, 2013).

Uniformidad de distribución del agua

Una correcta distribución de agua en parcela en función de la uniformidad de distribución (UD o CU) es una medida que permite saber cuan equitativo es la distribución del volumen de agua en el campo durante la irrigación, conociendo así si la aplicación de agua es excesiva o no es suficiente para los cultivos, ya que una correcta UD del agua en la parcela permitirá que exista una buena eficiencia del riego (Cuadro 8) (Corporation Rain Bird, 2010).

Cuadro 8. Clasificación de la calidad de riego en función de la uniformidad de distribución.

Uniformidad de distribución	
Distribución perfecta	100 %
Distribución aceptable	70%
Distribución pobre	55%

Fuente: TILOOM, 2016.

2.5.3. Sobre o sub irrigación

La utilización del agua con fines agrícolas, también se denomina sistema de irrigación, cuyo origen puede ser ríos, lagos o acuíferos. La sobre y sub irrigación es un exceso o déficit del agua de riego en los cultivos, de acuerdo a las necesidades hídricas de cada cultivo, de la mano con el tiempo de riego y a la época del año (Santos *et al.*, 2010).

2.5.3.1. Necesidad Hídrica Diaria

Las necesidades hídricas se miden en mm por día y depende básicamente en el tiempo de diversos factores tales como el clima (condiciones meteorológicas), características del suelo (propiedades físicas) y el propio cultivo (especie; genotipos y estados fenológicos) (SENAGUA, 2012; Romero *et al.*, 2009).

El balance hídrico (BH) maneja un modelo basado en las entradas y salidas para la conservación del agua:

- Entradas: precipitación, aportes superficiales de otra cuenca y retornos de la demanda,
- Salidas : evapotranspiración real, evapotranspiración de cuerpo de agua, evapotranspiración en áreas urbanas, escurrimiento superficial, demanda interna en la cuenca y demanda externa de la cuenca
- Almacenamiento: recarga de acuíferos y a la variación de nivel en cuerpos de agua siendo estos lagos, lagunas y embalses (SHN, 2005).

El BH se desarrolla mediante un indicador de desarrollo del cultivo basado en la disponibilidad de agua durante el periodo de crecimiento, basado en el abastecimiento y demanda de agua que el cultivo tiene durante el periodo de desarrollo (Botey, 2014).

2.5.3.2. Precipitación

La precipitación es un factor importante en el BH, porque es una entrada significativa de agua en los sistemas de riego. Por lo cual, la determinación de su cantidad y frecuencia ayudan a conocer la limitante en el abastecimiento de caudales en sistemas de riego (Bateman *et al.*, 2009). La precipitación es utilizada en los cálculos del balance hídrico con una probabilidad de ocurrencia del 75 %; en adelante, este término se definirá como precipitación probable, por ejemplo, considerando una serie de datos de 49 años, la probabilidad de ocurrencia del 75% significa que, durante 37 años se producirán valores

de precipitación superiores al determinado para la probabilidad del 75% y durante 12 años, se producirán valores de precipitación menores (Ortiz, 2017). Es importante tomar en cuenta que los pronósticos de precipitación representan un problema, pues al ser un evento aleatorio, difícilmente se tendrá valores fijos anuales, es por ello que este factor se lleva a cabo mediante conceptos de probabilidades (Bateman *et al.*, 2009).

2.5.3.3. Evapotranspiración de referencia

La evapotranspiración (ET) es el proceso físico de pérdida de agua por evaporación desde la superficie del suelo y por la transpiración del agua desde la planta, en las primeras etapas de desarrollo de los cultivos, donde el agua se pierde principalmente por evaporación directa desde el suelo hasta que el cultivo cubra la superficie total del suelo siendo la transpiración el proceso principal de pérdida de agua. La evapotranspiración de referencia (Eto) se relaciona con el área foliar por unidad de superficie en la siembra, casi el 100% de la ETo ocurre en forma de evaporación, mientras que cuando la cobertura vegetal es completa, más del 90% de la ETo ocurre como transpiración (Allen *et al.*, 2006). Los factores que afectan a la evapotranspiración son:

- Factores climáticos: intensidad de la radiación solar, temperatura, humedad relativa y velocidad del viento.
- Disponibilidad de agua en el suelo.
- Características del cultivo: tipo de cultivo, grado de cobertura y etapa fenológica del cultivo.

2.5.3.4. Coeficiente de cultivo (Kc)

El coeficiente de cultivo (Kc) es un factor conocido, dado por las diferencias en evaporación y transpiración del cultivo de referencia con respecto a un cultivo en particular, permitiendo calcular el consumo de agua o evapotranspiración real de un cultivo en particular a partir de la evapotranspiración de referencia (ETo) estimado a partir de datos meteorológicos (temperatura, humedad relativa, radiación solar, velocidad de viento) (SEPOR, 2010).

El Kc presenta valores bajos al inicio del desarrollo e incrementa a medida que la cobertura del suelo, se eleva al máximo durante la floración, se mantiene durante la fase media y finalmente decrecen durante la maduración, por ello, es necesario disponer de valores de Kc para cada cultivo, tanto en la etapa inicial (desde la siembra hasta un 10 % de la cobertura del suelo aproximadamente), desarrollo (desde el 10 % de cobertura y durante el crecimiento activo de la planta), media (entre la floración y fructificación), correspondiente en la mayoría de los casos al 70 - 80 % de cobertura máxima de cada cultivo y maduración desde madurez hasta la cosecha o recolección (Ortiz, 2017).

La FAO (boletín No. 56), recomienda determinar estos coeficientes a partir de cuatro estaciones vegetativas bien diferenciadas.

- **Fase inicial:** Es la fase en que se produce la germinación y crecimiento y durante el cual el suelo no está cubierto o apenas lo está (cobertura aproximada del 10%).
- **Fase de desarrollo del cultivo:** Desde la etapa anterior hasta que el cultivo alcanza una cobertura del 70 al 80% (punto máximo de consumo de agua).

- **Fase de mediados del periodo:** Desde que se obtiene una cubierta sombreada efectiva completa hasta el momento de iniciarse la maduración de los frutos.
- **Fases finales del periodo:** Desde la etapa de maduración hasta la cosecha. En las fases de desarrollo y finales del período los valores de K_c aumentan y disminuyen linealmente con el tiempo (Allen *et al.*, 2006).

2.5.4. Agronomía del riego

2.5.4.1. Frecuencia de riego

La frecuencia de riego es la aplicación agua a un cultivo en particular en una etapa determinada de crecimiento, esta frecuencia se expresa en días. Se basa en el lapso de días entre riego y riego, esto dependerá de la capacidad del almacenamiento del suelo y de la tasa de evapotranspiración del cultivo. Para determinar cuándo aplicar agua al cultivo, es importante relacionarlo con el tiempo de riego o con el número de horas que el agua debe estar sobre el suelo para que infiltre y moje la zona de las raíces de las plantas (Miranda, 1982).

El tiempo de riego diario considera:

- La demanda neta de cultivo.
- La eficiencia de aplicación de agua según el método de riego utilizado.
- El tiempo al día de riego en el cultivo, considerando la demanda bruta del cultivo, el número de goteros si es el caso y el caudal.

2.5.4.2. Tiempo de aplicación

El sistema de riego perteneciente al sector de Tumbaco cuenta con un calendario basado en las condiciones de cada uno de los usuarios y como se encuentra la superficie de su propiedad, actualmente el sector de Tumbaco es una zona urbanizada, con solo pequeños sectores dedicados completamente a la agricultura (Castañeda, 2017).

2.5.4.3. Tiempo de riego

El tiempo de riego en la parcela, ayuda a establecer una programación de riego en función del cultivo, el suelo y las variables climáticas que influyen en la ET del cultivo. Para conocer el tiempo real de riego es importante tener información acerca del padrón de usuarios de la JRT, el plan de cultivo con su método de riego utilizado en la zona, los coeficientes de riego y la capacidad máxima de los canales con su caudal máximo disponible. Por lo tanto, el cálculo del volumen de agua a distribuir ayuda a saber cuál es el caudal necesario en la bocatoma pues la disposición de los canales en cada ramal se debe ser proporcional al área de cada propiedad y parcela (INRENA-UCPSI, 2005).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Características del área de estudio

El estudio se realizó en uno de los ramales del sistema de riego Tumbaco denominado CHUROLOMA, el cual cuenta con una superficie de 432.7 hectáreas y con aproximadamente 450 usuarios. El canal secundario presenta una longitud de 6.95 km y los canales terciarios cerca de 32.68 km.

3.1.1. Ubicación política del sitio

- Provincia: Pichincha
- Cantón: Quito
- Parroquia: Tumbaco
- Ramal: Churoloma

3.1.2. Ubicación del polígono en estudio

Ubicación de referencia		Coordenadas UTM	
Altitud: 2325-2465 msnm		Latitud (Y)	Longitud (X)
Norte:	Sector Las Minas y río Machángara	9 980 850	788 260
Sur:	La Morita	9 974 314	792 927
Este:	Quebrada El Payaso	9 978 302	790 571
Oeste:	Barrio Chiviqui y río San Pedro	9 975 461	791 187

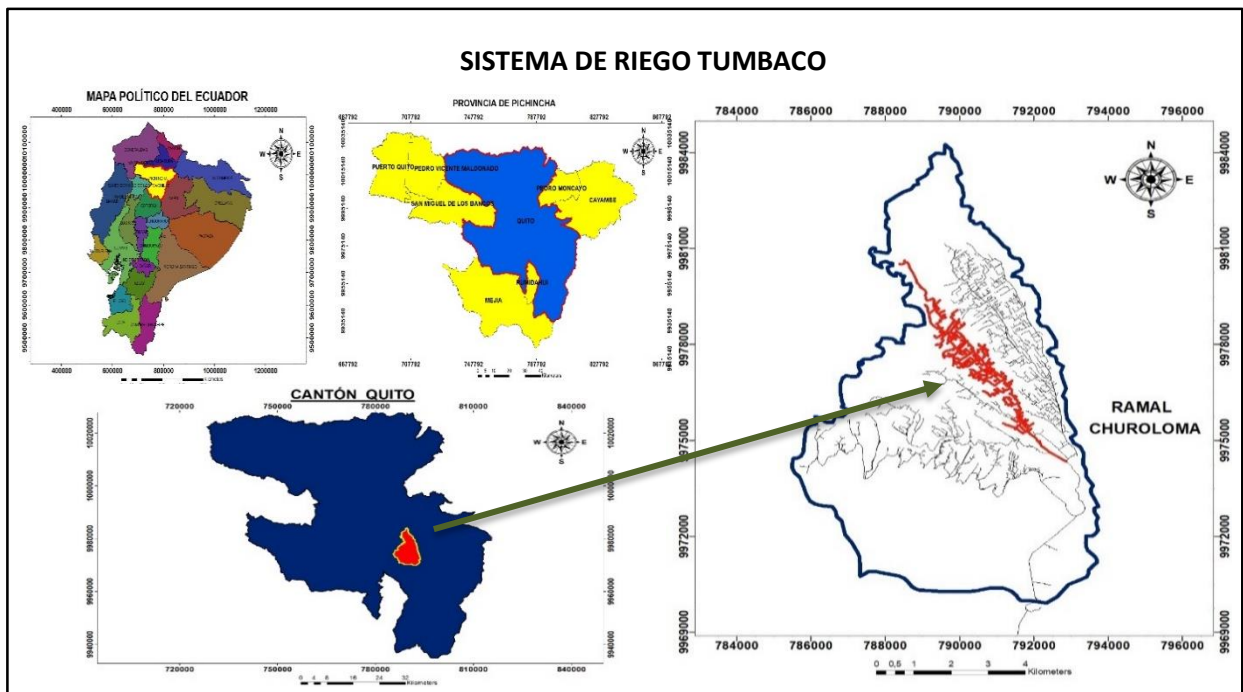


Figura 4. Ubicación del sitio experimental.

3.1.3. Descripción del sitio experimental

El área de estudio se encuentra ubicado en una zona influenciada por tres ramales: Chichipata (este), San Blas (oeste) y El Pueblo. El área beneficiada del ramal Churoloma son los barrios: La Morita, Villavega, Churoloma y Las Minas.

3.1.3.1. Características climáticas

En la parroquia de Tumbaco, se presenta una temperatura promedio de 15.6 °C y una precipitación anual de 860 mm (Cuadro 9).

Cuadro 9. Características agroclimáticas de Tumbaco (estación la Tola).

Características agroclimáticas	
Temperatura máxima (°C)	15.60
Temperatura mínima (°C)	8.70
Precipitación anual (mm)	860.00
Humedad relativa (%)	75.00
Luminosidad (horas)	5.75

Fuente: INAMHI, 2017-Maigua, 2017.

3.1.3.2. Características edáficas

El área del ramal Churoloma, presenta características edáficas en su topografía plana con suelos de textura Franco arcillo arenosa, con pH promedio de 6.8 y con una clasificación en los subgrupos Entic Durandents (Cb), Lithic Ustorthents (C) y Entic Eustrandeps (Ht) (Maigua, 2017).

3.2. Materiales

Para el siguiente estudio fueron necesario los siguientes materiales:

Insumos

- Cartografía básica de Tumbaco en formato shapefile, con sistema de referencia WGS 1984 UTM Zona 17 S.
- Cartografía digital formato shapefile del canal primario, canales secundarios, y canales terciarios del sistema de riego Tumbaco (coordenadas UTM).
- Cartografía analógica de los predios y zonas de influencia de los ramales del sistema de riego, sin fecha conocida (escala 1:50000, sistema de referencia WGS 1984 UTM Zona 17 S).
- Calendario de riego-JRT.

Equipos

- Medidores de pH, sales disueltas y conductividad eléctrica.
- Medidor Parshall.
- Vertedero rectangular
- Método del flotador: estacas, flotador y fluxómetro
- Cronómetro.
- Equipo GPS.
- Cámaras fotográficas.
- Ordenador e impresora.

Software

- Software ArcGis 10.5
- Microsoft office.

Materiales de oficina

- Libreta.
- Tablero plástico.
- Esferos y lápices.
- Cámara fotográfica.

3.3. Metodología

Visita de campo

Para recolectar información acerca del sistema de riego, canal secundario y óvalo, se tomaron las siguientes pautas:

- Reconocimiento del ramal.
- Identificación de la red de canales.
- Tipo de revestimiento que tiene el canal Churroloma.
- Operación y manteniendo que tiene dicho canal por parte del canalero, directivas y usuarios (Entrevistas).
- Infraestructura hidráulica o estructuras de entrega conformada en la red de canales.

3.3.1. Eficiencia de conducción en el canal secundario

Para el cumplimiento del primer objetivo se realizó lo siguiente:

- Se levantó información física en todo el ramal mediante un recorrido.
- Se levantó información física de cada sección que se evaluó, tomando en cuenta el mantenimiento y el tipo de revestimiento.

- Se midieron los caudales a la entrada y salida de cada sección. La medición se realizó por 3 métodos; medidor Parshall, aforo químico y flotador.

1. Identificación de las secciones:

Para las mediciones se tomó en cuenta que la sección no exista derivación ni ingreso de agua, con el objetivo de evitar errores en la medición de caudales.

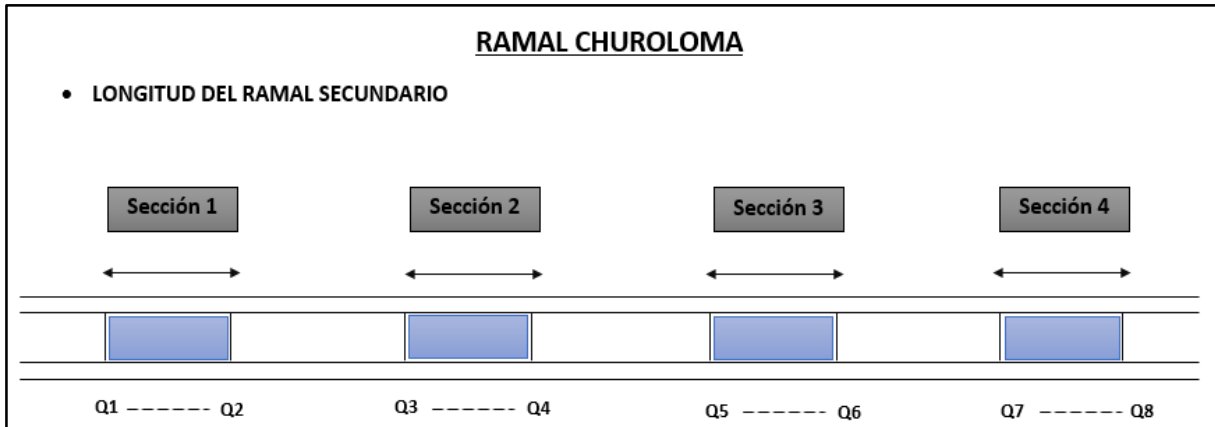


Figura 5. Puntos de medición de caudales. Eficiencia de conducción.

2. Medición de caudales

• Medidor Parshall

Para desarrollar las mediciones de los caudales en las cuatro secciones se ocupó una infraestructura denominada "Medidor Parshall". Este medidor Parshall que se empleó para este ramal fue un Parshall de 9", con una capacidad de 3 y 251 l s⁻¹. Esta estructura construida en base de aluminio de acuerdo a las dimensiones estandarizadas en función del caudal, proporcionó una medición del caudal, en base a la carga hidráulica identificada en cada medición.

Se utilizó la siguiente fórmula, de acuerdo a la dimensión del medidor (USDA-SCS 1965):

Fórmula 1. Medidor Parshall.

$$Q = 0.013762 Ha^{1.53}$$

Donde:

Q: Caudal del canal (l s⁻¹)

Ha: Carga hidráulica (mm)

Aplicación:

1. Se utilizó en el canal secundario en las cuatro secciones para la medición de los caudales.
2. Se instaló la estructura en la base del canal, asegurando que no existan fugas por los lados.
3. La carga hidráulica se registró en centímetros y se transformó en milímetros, para poder aplicarla en la fórmula y conocer el caudal que está fluyendo por dicha sección.

- **Aforo químico**

Este método consiste en colocar un volumen conocido de una solución que contenga cloruro de sodio y a través de extracciones de muestras de agua en la corriente fluvial en determinados períodos de tiempo, permitirán conocer el paso de los cloruros disueltos (Heredia, 2004). Este método necesita de algunas consideraciones técnicas:

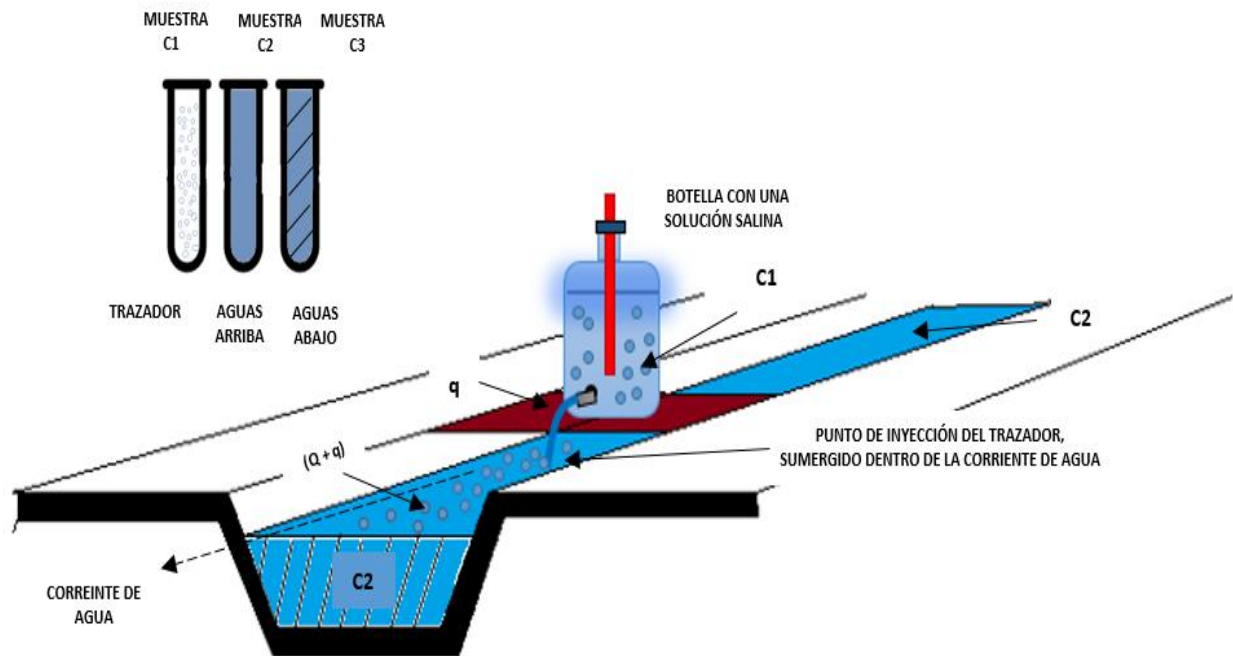


Figura 5. Método del Aforo Químico.

1. Diluir 1.0 kg de sal en 20 litros de agua (disolución), trasvasar la disolución a la botella de Mariotte.
2. Medir la conductividad eléctrica de la disolución (C1, tres veces).
3. Medir la conductividad eléctrica del agua que fluye en el canal (C2, tres veces).
4. Medir el caudal de salida de la botella de Mariotte (q); medir el tiempo que tarda en llenarse un vaso de 50 cc de la disolución (tres veces).
5. Procurar que el chorro que sale de la botella fluya en el centro del canal.
6. A 10 metros de longitud del punto de inyección (aguas abajo de la caída del chorro), tomar tres muestras de agua y medir la conductividad eléctrica (C).
7. Promediar las conductividades eléctricas para C, C1 y C2.
8. Determinar el caudal que fluye en el canal a través de la siguiente ecuación (Ortiz, 2017).

Fórmula 2 . Aforo químico.

$$Q \approx \frac{q \times (C1 - C)}{C - C2}$$

Donde:

Q: es el caudal que circula por el canal (l s^{-1})

q: es el caudal de la botella de Mariotte (l s^{-1})

C1: es la conductividad de la disolución (dS m^{-1})

C: es la conductividad del agua mezclada con la disolución (dS m^{-1})

C2: es la conductividad del agua que circula en el canal (dS m^{-1})

- **Método del flotador**

Este método utiliza un elemento que esté en condiciones de flotar, el cual puede fácilmente ser transportado por el flujo del agua, parcial o totalmente sumergido, para de esta manera conocer la velocidad promedio del agua en una distancia determinada.

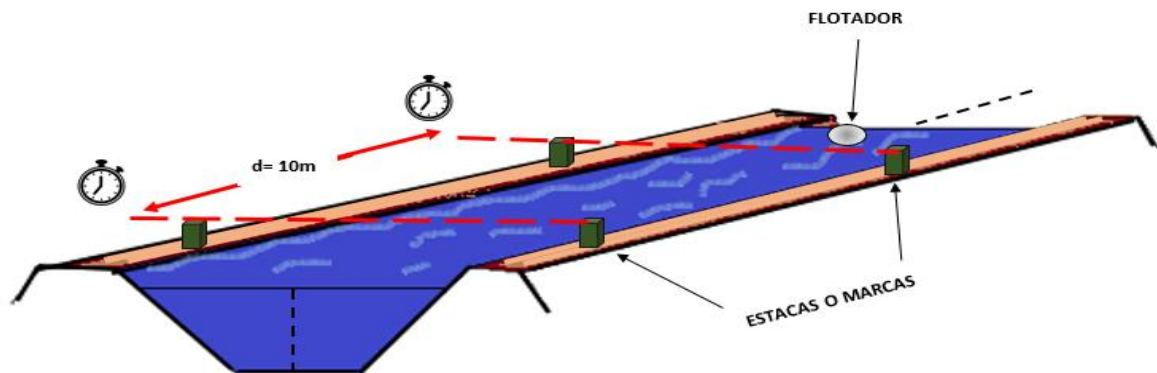


Figura 6. Método del flotador.

1. Identificar un tramo recto del canal (mínimo 10 metros). Que no haya mucho cambio en la sección transversal, en la superficie laminar del agua, ni cambios abruptos en la pendiente longitudinal.
2. En una margen del canal instalar dos estacas distanciadas a 10 metros entre ellas.
3. En una distancia de dos metros aguas arriba de la primera estaca, lanzar el flotador (espuma flex).
4. Medir el tiempo que toma el flotador en atravesar las dos estacas (10 metros de longitud).
5. Repetir la medición por tres veces y obtener el tiempo promedio.
6. Calcular la velocidad (distancia ÷ tiempo). La velocidad del flotador será más alta que la velocidad promedio del agua en el canal.
7. Medir la sección mojada del canal en los dos extremos y promediar el área mojada.
8. Obtener el coeficiente de ajuste en base a la profundidad media del agua en el canal (Cuadro 10).

9. Determinar el caudal multiplicando el área mojada por la velocidad promedio del flotador y por el coeficiente de ajuste.
10. Determinar el coeficiente de ajuste del método dividiendo el caudal medido por el aforo químico para el caudal determinado por el flotador (Sánchez, 2013).

Cuadro 10. Coeficiente de ajuste en base a la profundidad del agua.

Profundidad promedio (m)	Coeficiente	Profundidad promedio (m)	Coeficiente
0.30	0.66	1.83	0.76
0.61	0.68	2.47	0.77
0.91	0.70	3.66	0.78
1.22	0.72	4.57	0.79
1.52	0.74	Mayor a 6.10	0.80

Fuente: Merkley, 2008.

Los métodos utilizados en cada sección dependiendo de las condiciones del canal se presentan en el Cuadro 11.

Cuadro 11. Métodos utilizados en cada sección del canal secundario.

	Medidor Parshall	Aforo químico	Flotador
Sección Nº 1	X	X	-
Sección Nº 2	-	X	X
Sección Nº 3	X	X	X
Sección Nº 4	X	X	-

3. Cálculo de la eficiencia de conducción

Mediante los datos registrados en los métodos utilizados según las características de cada sección

La eficiencia de conducción se determinó en función de los caudales medidos en cada sección (Ortiz, 2017).

Fórmula 3. Eficiencia de conducción (canal secundario).

$$E_{fc} = \frac{Q_2}{Q_1} * 100$$

Donde:

Efc: Eficiencia de conducción (%)

Q1: Caudal de entrada en la sección del canal (l s^{-1})

Q2: Caudal de salida en la sección del canal (l s^{-1})

*En cada sección se levantó información de base: tipo de revestimiento, estado del canal (presencia de pasto o material vegetal), material flotante y obras civiles.

4. Interpretación

La evaluación de las eficiencias de conducción en el canal secundario, se tomó en cuenta que para canales tipo tierra el rango de aceptación es 85% e inferiores a este valor es malo, en el caso de canales tipo revestido el rango de aceptación es de 95% y valores inferiores se considera malo (Cuadro 6).

3.3.2. Eficiencia de distribución en el óvalo 20 – 29

1. Identificación del óvalo

De acuerdo al catastro realizado por la UCE-FCA, se identificó el óvalo 20-29, ubicado en la zona de la Villavega y Churroloma, el mismo que tiene 11 usuarios activos que tienen acceso al agua y 16 usuarios registrados sin acceso al recurso, por ausencia o renuncia al derecho.

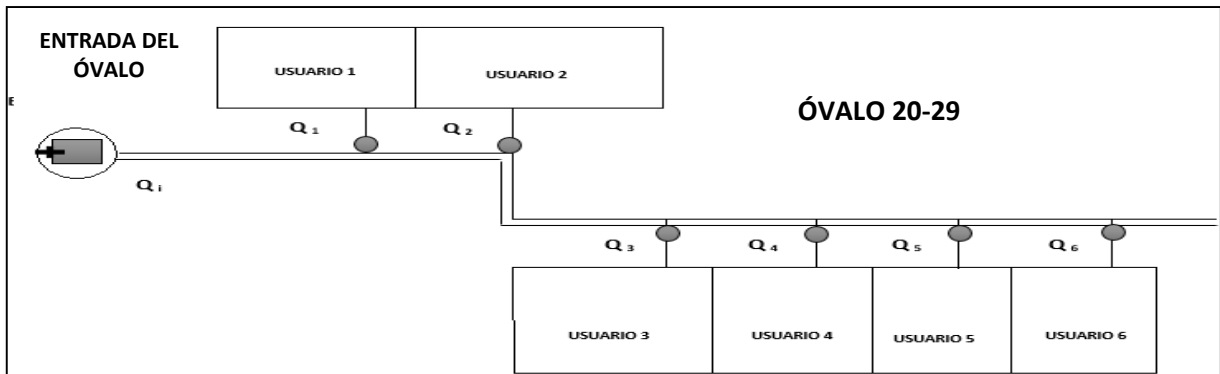


Figura 7. Puntos de medición de caudales por usuario.

2. Padrón de usuarios “JRT”

La JRT, cuenta con un registro de turnos de riego con el respectivo número de usuarios por cada óvalo. El padrón de usuarios cuenta con la siguiente información:

- Nombre del consumidor.
- Días de riego.
- Horas de riego.
- Superficie de la propiedad del consumidor-propietario.

A través del padrón de usuarios logramos determinar cómo se realiza la distribución en el óvalo de acuerdo a la superficie del predio, con una relación a las horas y días de riego.

3. Medición de caudales

- **Vertedero rectangular**

La medición de caudales en el óvalo seleccionado se realizó en los siguientes puntos:

- A la entrada del óvalo.
- Aguas arriba de las tomas de entrega de los usuarios.

Para las mediciones realizadas con el vertedero rectangular, se tomó en cuenta:

- La ubicación del vertedero en el canal, en una sección uniforme y un alineamiento recto aguas arriba.
- La instalación fija normalmente al flujo y la cresta lisa y nivelada.
- La carga hidráulica, medida por una regla graduada, ubicada a una distancia de 3.5 veces la carga máxima hacia aguas arriba.
- La descarga libre (Caravaca, 2014).

Fórmula 4. Vertedero rectangular.

$$Q = 1.84 LH^{3/2}$$

Donde:

Q: Caudal (l s^{-1})

L: Longitud de la cresta del vertedero (m)

H: Carga hidráulica (m)

4. Cálculo de la eficiencia de conducción en el óvalo

La eficiencia de conducción en el ramal terciario se determinó en función de los caudales registrados en el óvalo 20-29, en la toma de entrega de cada usuario mediante el cálculo del caudal de ingreso al óvalo para el caudal de cada usuario, tomando en cuenta la cantidad de caudal por usuario en todo el óvalo (Ortiz, 2017).

Fórmula 5. Eficiencia de conducción en el ramal terciario.

$$E_{fc} = \frac{Q_1}{Q_0} * 100, \frac{Q_2}{Q_0} * 100, \frac{Q_3}{Q_0} * 100, \dots, \frac{Q_{11}}{Q_0} * 100$$

Donde:

E_{fc}: Eficiencia de conducción (%)

Q₁: Caudal que ingresa al usuario (l s^{-1})

Q₀: Caudal que ingresa al óvalo (l s^{-1})

En el canal terciario seleccionado, se levantó información basándose en: tipo de revestimiento (revestido o no), estado del canal (presencia de pasto o material vegetal), material flotante y obras civiles.

5. Interpretación

La interpretación de la eficiencia de conducción en el óvalo se basó en el tipo de canal y la longitud de del canal evaluado (Cuadro 7).

6. Cálculo de la eficiencia de distribución

Se utilizó la siguiente metodología para la determinación de la eficiencia de distribución.

- 1.- Se ordenó los valores de volúmenes de entrega por hectárea de mayor a menor.
- 2.- Se calculó el volumen entregado promedio.
- 3.- Se calculó el volumen promedio del 25% de los volúmenes más bajos.
- 4.- se utilizó la siguiente fórmula propuesta por Christiansen, 1942:

Fórmula 6. Uniformidad de distribución.

$$Efd (\%) = \frac{V_{25\%}}{V_m} * 100$$

Donde:

Efd: Uniformidad de distribución (%)

$V_{25\%}$: Volumen de los emisores que representan la cuarta parte de más bajo caudal

V_m : Volumen medido en todos los emisores

La interpretación de los resultados se basaron en el Cuadro 8, de esta manera de conoció la uniformidad de distribución del agua de riego a nivel parcela dependiendo del volumen de entrega.

3.3.3. Sobre o sub irrigación

Para determinar si en el óvalo seleccionado existe sobre o sub irrigación, se determinó el tiempo de riego para cada usuario en función del tiempo de riego calculado y del tiempo de riego asignado en el turno. Para el análisis del óvalo se tomó en cuenta el caudal de entrega, la superficie cultivable, el tipo de cultivo, el tiempo de riego y la necesidad hídrica de cada cultivo.

Para el análisis de sobre y sub irrigación se tomó en cuenta los siguientes criterios:

Necesidad hídrica mensual

La necesidad hídrica mensual toma en cuenta parámetros de precipitación efectiva y evapotranspiración real de los cultivos, que se encontró en el óvalo seleccionado, de esta manera se utilizó el balance hídrico para conocer las necesidades hídricas de los cultivos utilizando la siguiente formula (Calvache & Reichardt, 1996).

Fórmula 7. Necesidad hídrica mensual.

$$NHM = Pe + DH - ETr$$

Donde:

NHM: Necesidad hídrica mensual (mm)

Pe: Precipitación efectiva mensual (mm)

DH: Aporte de humedad de precipitaciones anteriores (mm)

ETr: Evapotranspiración real mensual (mm)

Si NHM es mayor que 0.0, se dice que en el período analizado hay un exceso, mientras que cuando NHM es menor que 0.0 se dice que existe un déficit de humedad; este déficit de humedad corresponde a la necesidad hídrica del cultivo para el período en estudio.

El Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos elaboró un procedimiento de cálculo en base a la máxima necesidad del cultivo durante su ciclo vegetativo y la dosis o lámina de riego neta (Calvache & Reichardt, 1996).

Fórmula 8. Necesidad hídrica diaria.

$$NHD = 0.034 \times \frac{NHM^{1.09}}{Ln^{0.09}}$$

Donde:

NHD: Necesidad hídrica diaria en el período de punta (mm d⁻¹)

NHM: Necesidad hídrica máxima mensual (mm)

Ln: Lámina neta (mm)

Lámina neta

Según el Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos la fórmula para calcular la lámina neta es :

Fórmula 9. Lámina neta.

$$Ln = p \times \left(\frac{CC - MP}{100} \right) \times pr$$

Donde:

Ln: Lámina neta (mm)

p: Porcentaje máximo de agotamiento de agua en el suelo (decimal)

CC: Capacidad de campo (porcentaje)

MP: Punto de marchitamiento (porcentaje)

Pr: Profundidad radicular efectiva del cultivo (mm)

Lámina total

La determinación de la lámina total que el canal de riego provee a la parcela mediante los ramales, se calculó por medio de la siguiente fórmula (Ortiz, 2017).

Fórmula 10. Lámina total.

$$LT = \frac{NHD * Fr}{Efa}$$

Donde:

LT: Lámina total (mm)

NHD: Necesidad hídrica diaria (mm)

Fr: Frecuencia de Riego

Efa: Eficiencia de aplicación

- **Necesidad hídrica ponderada**

Según (Ortiz, 2017), la fórmula para calcular la necesidad hídrica ponderada en la parcela del agricultor es:

Fórmula 11. Necesidad hídrica ponderada.

$$NHDp = \frac{NHD - C_1 * A_1 + \dots + NHD - C_n * A_n}{AT}$$

Donde:

NHDp: Necesidad hídrica diaria ponderada (mm d⁻¹)

NHDC: Necesidad hídrica diaria del cultivo (mm d⁻¹)

A1: Área del cultivo 1 (m²)

AT: Área total del agricultor (m²)

Evapotranspiración de referencia (ET_o) - Método del tanque evaporímetro

Este método determina la evapotranspiración de referencia a partir de un coeficiente derivado del tipo de la instalación del tanque, el cual varía de 0.70 a 0.85 y la evaporación mensual. Para la Tola, estación M002 del INAMHI, el coeficiente promedio del tanque es 0.72. Según FAO, (1989)., en su boletín 56 recomienda la siguiente la fórmula:

Fórmula 12. Evapotranspiración de referencia.

$$ET_0 = k_p \times E_0 \approx 0.72 \times E_0$$

Donde:

ET₀: Evapotranspiración de referencia (mm mes⁻¹)

k_p: Coeficiente del tanque evaporímetro

E₀: Evaporación promedio mensual (mm mes⁻¹)

- **Coeficiente de cultivo “K_c”**

El Procedimiento para determinar los valores del coeficiente de cultivo se basó en la metodología de la FAO (boletín No. 56) (SEPOR, 2010).

- **Evapotranspiración real (ET_r) o uso consuntivo**

Entendiendo que la evapotranspiración real del cultivo, es la combinación del agua transpirada por los cultivos y de la evaporada directamente desde el suelo hacia la atmósfera, se calculó como el producto entre la evapotranspiración de referencia por el coeficiente de cultivo K_c (Sánchez, 1992).

Fórmula 13. Evapotranspiración real (ET_r).

$$ET_r = K_c \times ET_0$$

Donde:

ET_r: Evapotranspiración real del cultivo mensual (mm)

K_c: Coeficiente del cultivo

ET₀: Evapotranspiración potencial mensual (mm)

- **Volumen de agua**

El volumen de agua que debe recibir el agricultor se determina a través de la siguiente fórmula (Ortiz, 2017):

Fórmula 14. Volumen de agua.

$$V = \frac{10 \times LT \times AT}{10000}$$

Donde:

V: Volumen total (m³)

LT: Lámina total (mm)

AT: Área de la parcela (m²)

La determinación de la lámina total, la necesidad hídrica diaria, el volumen de agua y el tiempo de riego permitió determinar el tiempo de entrega para cada usuario.

- **Tiempo de riego**

El tiempo de riego se calculó con la siguiente fórmula (Ortiz, 2017).

Fórmula 15. Tiempo de riego.

$$T = \frac{V}{Q * 3.6}$$

Donde:

T: Tiempo en horas (h)

V: Volumen de riego calculado (m³)

Q: Caudal de ingreso al agricultor (l s⁻¹)

- **Interpretación**

El tiempo de riego calculado se contrastó con el tiempo de riego asignado por la junta de regantes y se determinó si existe sub o sobre irrigación; si el tiempo asignado por la junta es mayor al tiempo calculado se dice que existe sobre irrigación y si el tiempo calculado es menor al tiempo asignado, existe sub irrigación (déficit hídrico).

3.3.4. Entrevistas

Para acceder a información sobre el estado en mantenimiento y operación de ramal Churolooma se realizó una entrevista a los principales actores del canal (el operador del ramal, el presidente del ramal/óvalo y el usuario que recibe menor caudal de todo el óvalo).

- Las entrevistas se realizaron con la finalidad de adquirir información sobre la organización y la distribución del agua de riego en sus predios.
- La información permitió determinar cuáles pueden ser los posibles factores que afectan su distribución y los problemas que atraviesan los usuarios.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Principales características del ramal Churoloma

- **Ubicación**

El canal secundario - Ramal Churoloma, ubicado en el valle de Tumbaco, es un ramal que forma parte del Sistema de riego Tumbaco, cuenta con aproximadamente 6.95 km y comprende zonas como: la Morita, la Villavega, Churoloma y las Minas, las mismas que presentan secciones de canales: abierto, embaulado y revestido (Cuadro 12).

Está formado por un canal secundario, canales terciarios con su repartidor (óvalos). Por otra parte, este ramal da paso, a dos ramales denominados: El Pueblo y San Blas, ubicados a lo largo del sector de “La Morita”, en una de las zonas del canal del proyecto (Figura 8).

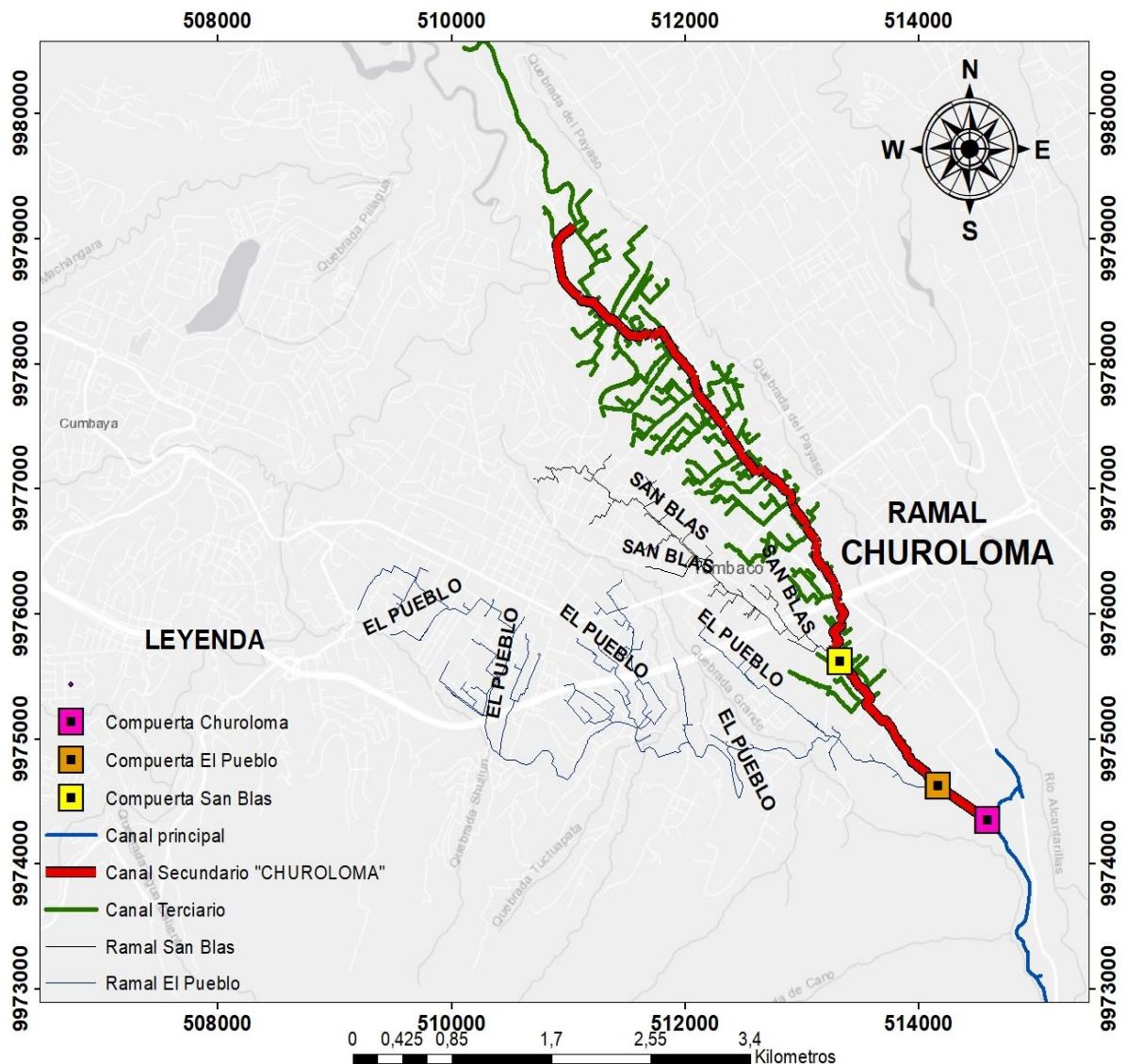


Figura 8. Ubicación del ramal Churoloma en el sistema de riego Tumbaco.

De acuerdo a la última actualización del catastro, el ramal Churolooma tiene aproximadamente 450 usuarios.

En el Cuadro 12, se observa que el ramal Churolooma tiene el mayor porcentaje de infraestructura tipo tierra, sin revestir, con falta de mantenimiento. Por otra parte, las secciones que tienen infraestructura revestida se encuentra deteriorada, con presencia de grietas, acompañada por el poco mantenimiento, los cuales influyen en el manejo del agua en el ramal.

Cuadro 12. Infraestructura del ramal Churolooma.

Tipo	Longitud (m)	Porcentaje (%)
Abierto (tierra)	3202.10	46.03
embaulado	560.92	8.06
entubado	456.67	6.57
revestido	2736.14	39.34
Total	6955.84	100

- **Problemática del ramal Churolooma**

El ramal Churolooma, inicia en el CADET, cuya compuerta actualmente no cuenta con el debido mantenimiento, puesto que su infraestructura desde su construcción no ha sido modernizada (Anexo 4-7). Las características relevantes del canal son:

Sector La Morita.

- Falta de infraestructura: existen secciones donde el canal es completamente irregular, causando desbordes, ocasionando que en su trayectoria tipo tierra fácilmente ocasiona pérdidas de caudal por filtración.
- Problemas de contaminación por parte de los usuarios y no usuarios por la descarga de aguas servidas en el canal, por falta de alcantarillado y de conexiones de desagüe en ciertas zonas.
- Falta de solidaridad por los habitantes de la zona hacia la iniciativa de evitar la contaminación en los canales de riego.
- Falta de cumplimiento de la Ordenanza 3457 del consejo metropolitano de Quito, Art.40 “Área de protección especial”, el cual indica que las construcciones deben hacerse a 1.5 metros desde el borde del canal (Consejo Metropolitano de Quito, 2003).
- Contaminación por basura y animales muertos que obstruyen el canal, influyendo en el flujo normal del agua de riego. Según MAE (2004), Art.6, en el segundo capítulo sobre la prevención y control de la contaminación de las aguas, menciona que está prohibido la descarga de cualquier agente contaminante nocivo en redes de alcantarilla, quebradas, acequias, ríos o lagos naturales o artificiales, que perjudiquen la salud humana, fauna, flora y propiedades cercanas.



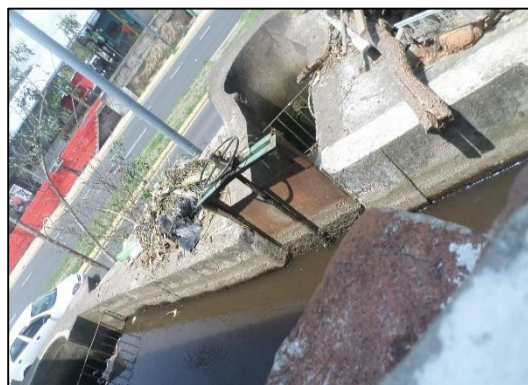
Fotografía 1. Sección irregular, presencia de desbordamientos.



Fotografía 2. Descarga de aguas servidas en el canal.



Fotografía 3. Construcción de viviendas sin respetar la norma.



Fotografía 4. Contaminación en el canal.

Sector Villavega

- Falta de infraestructura: Secciones completamente irregulares sin revestir, desbordes en su trayectoria, fácilmente ocasiona pérdidas de caudal, provocan malestar en los habitantes del sector.
- Presencia de material vegetal, acompañado por contaminación de basura, en canales completamente estrechos.
- Falta de solidaridad de los habitantes del sector hacia la Iniciativa de contaminación en puntos estratégicos por parte de la JRT, ocasionando obstrucciones en los canales de distribución y de conducción.
- Falta de mantenimiento de los canales, obstruidos por el crecimiento de la vegetación.
- Presencia de contaminación fabril, rastros de aceite en el agua de riego y mal olor.



Fotografía 5. Sección irregular no revestida, desbordes. Contaminación por el área fabril.



Fotografía 6. Secciones estrechas cerca de botaderos de basura.



Fotografía 7. Sección completamente obstruida por la vegetación.



Fotografía 8. Acumulación de basura del sector La Villavega.

Sector Churuloma

- Canales en su mayoría revestidos, pero con gran cantidad de desniveles, por la presencia de sedimentos y grietas.
- Contaminación por basura, y restos de construcción que impide el paso de agua.
- Dificil acceso al mantenimiento de canales embaulados, que se encuentran en propiedades privadas, que no responden a las solicitudes de acceso.
- Secciones sin revestir que provocan derrumbes en propiedades aledañas por la construcción cercana a estos canales.
- Secciones abiertas que generan evaporación e infiltración del agua de riego, ocasionando pérdidas de caudal.
- Secciones que presentan estancamiento de agua, por un desnivel en su construcción en canales revestidos, o en canales si revestir por desniveles ocasionados por la fuerza del caudal o por la presencia de material de construcción o piedras grandes.



Fotografía 9. Sección revestida, acumulación de basura.



Fotografía 10. Sección revestida, embaulada, atraviesa propiedad.



Fotografía 11. Sección obstruida por material de construcción.



Fotografía 12. Deterioro de la sección, mal mantenimiento del canal.

Sector Las Minas

- Ausencia de infraestructura básica en toda esta zona, graves problemas de infiltración por la ubicación y estado de los canales, básicamente en pequeñas zonas dedicadas a la agricultura.
- Secciones que atraviesan por residencia privadas, no cuentan con el mantenimiento por parte del operador del canal.
- Problemas de desborde, en canales que no cuentan con profundidades adecuadas.
- Presencia de usuarios no registrados que usan el agua por medio de bombas o mangueras para regar sus cultivos, alimentación de animales o limpieza de cualquier material.



Fotografía 13. Presencia de bombas de usuarios no registrados.



Fotografía 14. Problemas que impiden el mantenimiento. Sección no revestida.

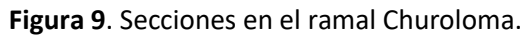


Fotografía 15. Obstrucción por rastros de construcción en el canal.



Fotografía 16. Caja de drenaje del agua de riego del ramal Churroloma.

En la Figura 9 se presenta la ubicación de las secciones de medida de la eficiencia de conducción.



Los caudales registrados en las 4 secciones identificadas, comprendieron secciones recomendadas por el operador del ramal en coordinación con el presidente de la JRT, por su acceso y su ubicación que permitió evaluar la totalidad del ramal de estudio.

En el Cuadro 13, se observa cuáles fueron las características encontradas en la primera sección del ramal de estudio, ubicado en el sector de la morita, cerca de la ruta viva.

Cuadro 13. Información de la primera sección evaluada en el canal secundario.

Sección 1		
Sector	La Morita (Ruta viva - AV. Universitaria)	
Ubicación	X: 791622	X: 791599
	Y: 9976031	Y: 9976062
	Z: 2419	Z: 2418
Tipo de canal	No revestido	
Mantenimiento	 Pasto: Se observó en los bordes de toda la sección. Material flotante: Presencia de hojas suspendidas en el agua de riego. En el canal se encontró restos de piedras en su interior. Obras civiles: Se encuentra cerca de la ruta viva, desembocando en una tubería. El mantenimiento del canal en esta zona es realizado por el usuario.	
Operación	La operación es realizada, por medio de los canaleros u operadores, bajo órdenes de la presidente de la JRT por intervención del presidente del ramal.	

En el Cuadro 14, se observa la ubicación y las características del canal secundario en su segunda sección, mantenimiento y operación. Esta segunda sección se encuentra ubicada por el sector la Villavega, sector urbanizado, el mismo que presenta irregularidades físicas en el interior del canal por no estar revestido y ubicado en medio de un pasaje que es utilizado como botadero de basura.

Cuadro 14. Información de la segunda sección evaluada en el canal secundario.

Sección 2		
Sector	Villa vega (Rosa Zarate y Los Arupos)	
Ubicación	X: 791098	X: 791057
	Y: 9977026	Y: 9977063
	Z: 2388	Z: 2387
Tipo de canal	No revestido	
Mantenimiento	 Pasto: Presencia de pasto, en los bordes de la sección y malezas en el interior del canal. Material flotante: Restos de materia vegetal, como ramas y basura. Obras civiles: Se encuentra cerca de una propiedad y un camino. El mantenimiento del canal en esta zona es realizado por el canalero, en sus recorridos y dos veces al año por los usuarios del ramal, por sector dependiendo de las decisiones del presidente en reuniones.	
Operación	La operación es realizada por medio de los canaleros u operadores bajo órdenes de la presidente de la JRT por intervención del presidente del ramal.	

En el Cuadro 15, se presentan las características de la tercera sección tomando en cuenta el mantenimiento y la operación que se realiza en este sector del ramal.

Cuadro 15. Información de la tercera sección evaluada en el canal secundario.

Sección 3		
Sector	Empresa “CAVES SA EMA” (Pasaje Vicente Rocafuerte y Rosa Robalino)	
Ubicación	X: 790683	X: 790617
	Y: 9977391	Y: 9977475
	Z: 2376	Z: 2377
Tipo de canal	Revestido	
Mantenimiento	Pasto: Se observó crecimiento de pasto, que está ingresando al canal revestido. Material flotante: Presencia de basura convencional y restos de material vegetal arrastrada desde la parte superior del canal. Presencia de sedimentos en el interior del canal. Obras civiles: Se encuentra cerca de una propiedad y un camino transitado por vehículos. El mantenimiento del canal en esta zona es realizado por el usuario cercano y dos veces al año por los usuarios del ramal por sector.	
Operación		
	La operación es realizada por medio de los canaleros u operadores bajo órdenes de la presidente de la JRT por intervención del presidente del ramal.	

En el Cuadro 16, se observan las características de esta sección, ubicada en el sector Churolooma, caracterizada por ser revestido, cuyo problema principal es la contaminación de basura y obstrucciones por animales muertos.

Cuadro 16. Información de la cuarta sección evaluada en el canal secundario.

Sección 4		
Sector	Churolooma (Cerca del conjunto privado Marceilla)	
Ubicación	X: 789835	X: 789785
	Y: 9978226	Y: 9978241
	Z: 2356	Z: 2355
Tipo de canal	Revestido	
Mantenimiento	Pasto: Pequeño crecimiento en los bordes, sin afectar el interior del canal. Material flotante: Presencia de basura y restos de material vegetal arrastrada desde la parte superior del canal. Presencia de sedimentos en el interior del canal. Obras civiles: Se encuentra cerca de propiedades muy cercas del canal, afectando el paso de los habitantes. *En esta zona se mantiene una rejilla que impide que la basura pueda atascarse impidiendo el flujo normal del agua. El mantenimiento del canal en esta zona es realizado por los usuarios cercanos y dos veces al año por los usuarios del ramal.	
Operación	La operación es realizada por medio de los canaleros u operadores bajo órdenes de la presidente de la JRT por intervención del presidente del ramal.	



En el Cuadro 17, se presentan los caudales registrados con los métodos empleados en cada sección, dependiendo del tipo de canal, de esta manera, se observa como en función del método empleado el caudal varía relativamente en cada punto, tomando en cuenta que existe mayor precisión en el método del aforo químico, su metodología emplea trazadores químicos que miden la conductividad eléctrica que generan las sales (electrolitos). Los caudales medidos a través de los diferentes métodos (promedios de tres repeticiones) en las secciones del ramal; las diferencias que existen entre ellos están dados por: Parshall, se presentaron fugas por las paredes laterales entre el Parshall y el canal, por lo cual las lecturas son ligeramente diferentes del aforo químico y el método del flotador proporcionó los valores más bajos debido a que se encuentra influenciado por la forma del cauce (variación de la velocidad a lo largo del cauce) y por la resistencia que genera el viento sobre el espejo del agua. Para el análisis, se utilizó el aforo químico por la mayor precisión que presenta este método.

Cuadro 17. Caudales registrados con los tres métodos.

	Medidor Parshall		Aforo químico		Flotador	
	Q1	Q2	Q1	Q2	Q1	Q2
Sección Nº 1	257.30	250.49	259.21	250.85	-	-
Sección Nº 2	-	-	180.90	169.72	115.03	107.17
Sección Nº 3	136.39	135.07	155.09	135.18	84.54	87.25
Sección Nº 4	91.96	88.53	93.27	89.27	-	-

En el Cuadro 18, se presentan los caudales medidos en cada sección y las pérdidas de caudal, tomando en cuenta el tipo de sección. La sección que tiene pérdidas mayores es la sección tres, cuya característica es revestida con una pendiente negativa y presencia de sedimentos que impiden el flujo normal del agua, por otra parte, la sección con pérdidas menores es la sección cuatro, por el buen mantenimiento que le dan los usuarios.

Cuadro 18. Caudales medidos en las cuatro secciones.

Sección	Punto inicial (l s^{-1})		Punto final (l s^{-1})		Pérdidas (l s^{-1})
S1	Q1	259.21	Q2	250.85	8.36
S2	Q3	180.90	Q4	169.72	11.18
S3	Q5	155.09	Q6	135.18	19.91
S4	Q7	93.27	Q8	89.27	4.0

Según MA-PSI (2004), las pérdidas de caudal se deben a la falta de infraestructura, en puntos críticos, donde las fugas por infiltración son visibles o en secciones donde ocurren desbordamientos por obstrucciones, provocando una disminución del caudal a lo largo de su recorrido. Adicionalmente, un factor importante que influye en las pérdidas de caudal, es la falta de control en cuanto a políticas que eliminen la influencia de usuarios no registrados. En este canal secundario un hecho claro, es la afectación a las secciones del canal por la construcción de edificaciones, provocando un difícil acceso para el respectivo mantenimiento.

En el Cuadro 19, se presentan cuáles fueron las eficiencias de conducción en el canal secundario del ramal en estudio, tomando en cuenta el tipo de canal en cada sección.

En la sección 1, la eficiencia de conducción fue del 96.77 %, interpretada como buena. Esta eficiencia se debe a que se trata de un canal no revestido, con una longitud de 39 metros, en donde las pérdidas de agua por infiltración son bajas, presentando pequeñas irregularidades en el canal tanto a lo ancho como en profundidad; es importante tener en cuenta que esta sección presentó ciertas irregularidades en las paredes, que impidieron un flujo normal.

En la sección 2, la eficiencia de conducción fue del 93.82 %, calificada como buena, esta eficiencia se debe a que este canal no es revestido, donde las pérdidas de caudal se deben a la infiltración y evaporación directa, pues este presenta irregularidades en la base del canal, como también rastros de piedras de varios tamaños que evitaban el flujo continuo del agua, ocasionando pérdidas de caudal en una longitud de 56 metros del tramo del canal.

En la sección 3, canal revestido, la eficiencia de conducción fue de 87.16 %, calificada como mala con pérdidas de 19.91 l s^{-1} con presencia de sedimentos en el interior del canal y una pendiente negativa provocando desbordamientos. Según FAO (2012), menciona que la eficiencia de riego en canales revestidos con una longitud menor a 200 m, la eficiencia de conducción aceptable es de 95 %.

En la sección 4, la eficiencia de conducción fue del 95.71 %, categorizada como buena en un canal revestido, donde las pérdidas de agua son pequeñas en relación a las demás secciones, tomando en cuenta la longitud de 60 metros y a la pendiente de 1.67 % (Cuadro 18 y 19), respecto de los materiales existentes en la sección, los problemas fueron similares a los indicados en las secciones anteriores.

Según Brouwer & Prins (2001), la eficiencia de conducción en caso de secciones no revestidas donde el suelo es Cangahua, la eficiencia permitida es del 80 %, encontrándose que los resultados medidos en el ramal Churolooma se encuentran dentro de este rango, incluso con eficiencias mucho mayores. En el caso de canales revestidos de longitud corta, la eficiencia permitida es del 95 %, coincidiendo con los datos obtenidos en campo.

Cuadro 19. Eficiencia de conducción (Efc) en las cuatro secciones.

Sección	Eficiencia de conducción (%)	Tipo	Longitud (m)	Interpretación
S1	96.77	No revestido	39.00	Buena
S2	93.82	No revestido	56.00	Buena
S3	87.16	Revestido	107.00	Mala
S4	95.71	Revestido	60.00	Buena

Según Santos Pereira *et al.* (2010), en canales que no presentan elevaciones importantes en su pendiente (Cuadro 20), tienen problemas de escurrimiento lento, con percolación, presencia de encharcamiento en zonas del suelo denominadas como de depresión y por ende una irregular distribución del agua, este problema ocurre básicamente en canales sin revestir. Por otra parte, en canales revestidos, los problemas en cuanto a superficies se evidencia en la acumulación de sedimentos, contaminación por basura o presencia de rocas.

Cuadro 20. Pendiente longitudinal de cada sección.

Secciones	Pendiente (%)
1	2.56
2	1.79
3	- 0.01
4	1.67

4.3. Eficiencia de distribución del óvalo 20 - 29

La eficiencia se determinó en el óvalo 20-29, cuya superficie fue de 4.31 ha, con 11 usuarios activos (Figura 10).

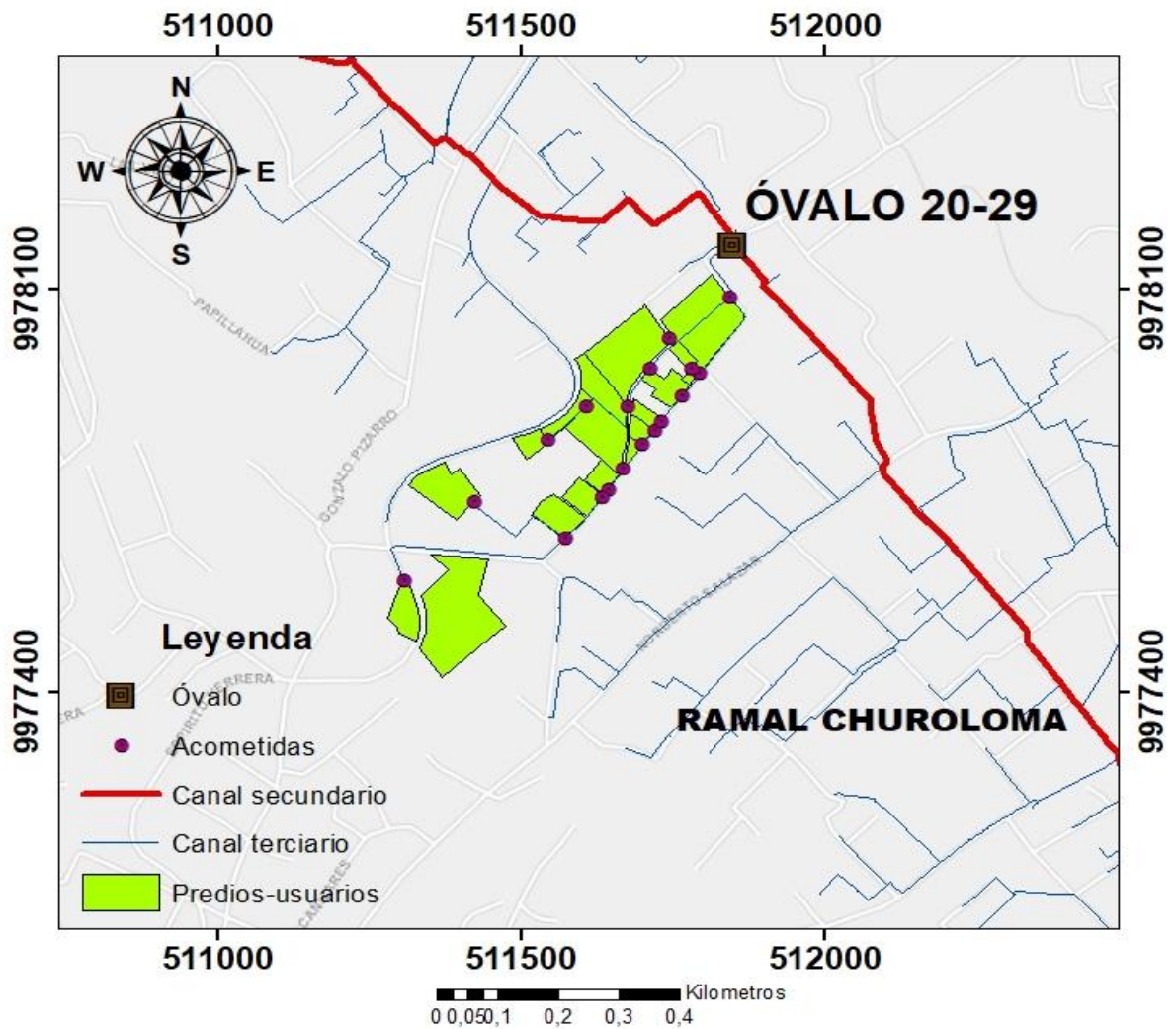


Figura 10. Ubicación y componentes del óvalo.

En la Cuadro 21, se ha identificado que el óvalo consta con una estructura de entrega variada, contando en su mayor parte de canal tipo revestido. Este óvalo consta de 12 acometidas variadas de tipo tierra, revestidas y tubería PVC de diferentes pulgadas.

Cuadro 21. Longitud de los canales terciarios en el óvalo 20 – 29.

Óvalo	Longitud (m)		
	No revestido	revestido	Total
20-29	556.18	571.00	1 127.18

En base a esta información preexistente, se pudo realizar la medición de caudales en esta red de distribución, tomando en cuenta las siguientes observaciones encontradas:

- La asignación de turnos no es respetada de acuerdo al calendario de la JRT.
- Actualmente el calendario de riego utilizado es de hace dos años, situación por la cual los usuarios no están satisfechos.
- El óvalo del canal cuenta con dos tipos secciones: revestido y no revestido.
- La longitud del canal terciario tipo revestido identificada fue 556.18 metros y no revestido fue 571.00 metros.

Operación

El actor clave en la operación es el presidente del óvalo y los delegados del presidente, quienes operan la llave de la compuerta del óvalo y están a cargo de ejecutar el calendario de riego. Sin embargo, de acuerdo a la visita de campo, se evidenció que en épocas cortas de sequía, el turno asignado por la junta no es respetado, pues el acceso al agua de riego depende de la necesidad del usuario, con mutuo acuerdo con el presidente, para que de esta manera, el agua y el turno no se vean afectados. Por otra parte, en épocas donde la presencia de precipitaciones es nula, la distribución del agua no es controlada, pues ocurre el robo de agua por parte de ciertos usuarios.

La gestión del riego actualmente no toma en cuenta la accesibilidad de riego a nuevos usuarios del óvalo, provocando que estos nuevos integrantes del padrón no puedan sembrar como ellos lo desean dejando su propiedad abandonada.

Mantenimiento

La conservación del canal interno del óvalo está a cargo de cada usuario, esta actividad es designada por el presidente del óvalo a través de reuniones entre usuarios, tomando en cuenta la responsabilidad de cada usuario. Oficialmente, el mantenimiento del canal tanto secundario como terciario de acuerdo al reglamento de la JRT, se realiza dos veces al año, al inicio y a la mitad del año.

Es importante mencionar que en algunos casos, la limpieza no se realiza, pues ciertos usuarios no creen que el mantenimiento del canal es su responsabilidad, causando conflictos internos entre ellos.

- **Caudales registrados en la red interna**

Los caudales medidos en la acometida de cada usuario se presentan en la Figura 11 y en el Cuadro 19.

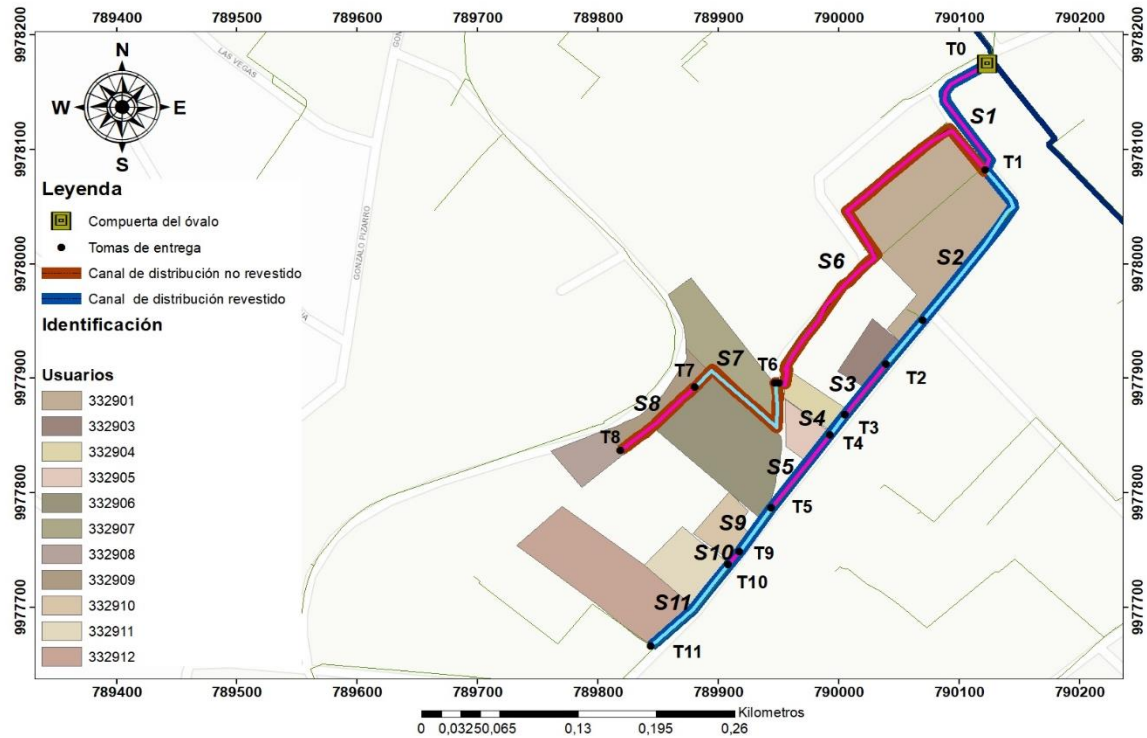


Figura 11. Distribución de caudales en el óvalo 20 – 29.

En la Cuadro 22, el caudal de ingreso al óvalo fue de 9.10 l s^{-1} y el caudal menor de 2.20 l s^{-1} , por efecto de la filtración, el caudal se redujo en 6.9 l s^{-1} entre la entrega de agua en el óvalo y la toma del último usuario. El tipo de canal influyó en el caudal de entrega en cada usuario, en las tomas T6, T7 y T9, ocasionando pérdidas de agua mayores por la presencia de objetos que impiden el flujo normal del agua. Por otra parte, en las demás tomas, el canal terciario está completamente revestido y por ende en mejores condiciones, sin dejar de lado la contaminación realizada por los habitantes de la zona.

Cuadro 22. Caudales registrados en la sección tipo revestida y tierra del óvalo 20 – 29.

Óvalo 20-29					
Nº	N2	Sección	L (m)	Q (l s^{-1})	Tipo
1	Óvalo	-	-	9.10	-
2	T1	S1	124.66	8.94	Revestido
3	T2	S2	216.53	8.78	Revestido
4	T3	S3	24.97	8.31	Revestido
5	T4	S4	39.79	8.15	Revestido
6	T5	S5	89.49	8.00	Revestido
7	T6*	S6	354.21	5.10	No revestido
8	T7*	S7	257.13	3.43	No revestido
9	T8*	S8	81.07	2.20	No revestido
10	T9	S9	44.56	7.69	Revestido
11	T10	S10	15.80	7.54	Revestido
12	T11	S11	86.39	7.24	Revestido

4.3.1. Eficiencia de conducción

La eficiencia de conducción en el óvalo (Cuadro 23), para cada usuario fue muy buena y buena, puesto que en el trayecto no existieron pérdidas significativas, esto se debe a que aunque esta sección no tenía buen mantenimiento, su caudal de ingreso fue favorable y estable. La eficiencia de conducción en las secciones no revestidas (Cuadro 22) fue regular y mala en comparación con los obtenidos en la sección revestida, pues la distancia de entrada hasta el usuario N° 6 (332907) es de 354.21 metros aproximadamente, disminuyendo casi 4.0 l s^{-1} en todo el trayecto hasta llegar a este usuario de esta sección, es así que, la eficiencia de conducción en este tipo de canal hasta el último usuario fue del 24.20 % con pérdidas de 6.10 l s^{-1} , mientras que la eficiencia de conducción promedio fue del 75.3 %.

Cuadro 23. Eficiencia de conducción.

No.	Usuario	Efc. %)	Interpretación
1	332901	98.24	MUY BUENA
2	332903	96.49	BUENA
3	332904	91.31	BUENA
4	332905	89.60	BUENA
5	332906	87.90	BUENA
6	332907	56.02	REGULAR
7	332908	37.69	MALA
8	332909	24.20*	MALA
9	332910	84.55	BUENA
10	332911	82.88	BUENA
11	332912	79.59	BUENA

4.3.2. Eficiencia de distribución

La eficiencia de distribución a nivel parcela, es un factor importante que permitió determinar la distribución del agua de riego dentro del óvalo y depende de:

- Turno de riego.
- Caudal de entrega.
- Estructura hidráulica en la cabecera de la parcela del agricultor.

En el Cuadro 24, de acuerdo al turno de riego, se identificó que el usuario que recibe mayor volumen de agua es el No. 4 debido al tipo de canal terciario que atraviesa su propiedad como también por la cercanía de la compuerta del óvalo y la superficie cultivada es para uso ornamental. El que recibe menor volumen es el usuario No.8 puesto que el tipo de canal terciario que lo atraviesa es no revestido e provocando obstrucciones tanto de material vegetal, piedras y basura, por ende el tiempo de riego asignado por la JRT no se ajustado con el caudal real de entrega y las necesidades hídricas de los cultivos.

La uniformidad de distribución fue del 50.5 % interpretada como pobre, considerando que la eficiencia de distribución del 80 % es razonable en sistemas de riego gravitacionales. Según Arcas *et al.* (2016), menciona que la eficiencia de distribución pobre está influenciada por el estado del canal y la infraestructura hidráulica. Según Gavil (2015), menciona que la uniformidad de distribución disminuye cuando se trabaja en terrenos con pendiente y no existe un control de los turnos de riego, siendo esta la causa de la uniformidad de distribución pobre.

Cuadro 24. Volumen de agua entregado a cada usuario del óvalo.

Nº	Código	Superficie (ha)	Q (l s ⁻¹)	Q (m ³ h ⁻¹)	TR (h)	V (m ³)	VE (m ³ ha ⁻¹)
1	332901	1.10	8.94	32.17	24	772.14	702.13
2	332903	0.09	8.78	31.60	3	94.80	1 050.89
3	332904	0.06	8.31	29.90	2	59.80	952.65
4	332905	0.08	8.15	29.34	5	146.71	1 929.39
5	332906	0.50	8.00	28.79	6	172.73	343.86
6	332907	0.26	5.10	18.35	13	238.50	905.59
7	332908	0.14	3.43	12.34	4	49.38	358.50
8	332909	0.07	2.20	7.92	3	23.77	321.28
9	332910	0.09	7.69	27.69	5	138.44	1 538.19
10	332911	0.30	7.54	27.14	11	298.57	995.24
11	332912	0.57	7.24	26.06	18	469.16	823.09

TR, es el tiempo de riego asignado por la JRT; VE, es el volumen de agua entregado al usuario

4.4. Sobre o sub irrigación

La determinación de sobre o sub irrigación en el óvalo, de acuerdo a sus 11 usuarios activos y a su actividad agrícola, cuya superficie abarca cerca de 4.31 ha con cultivos de ciclo corto, frutales y ornamentales.

El uso del suelo en este óvalo está definido por cultivos perennes y pasto, información importante que ayuda a observar el comportamiento actual de una zona donde el riego está disponible. En relación a los cultivos encontrados en el óvalo, se caracteriza por una combinación de plantaciones que llevan muchos años y que han sido mantenidas, en pequeñas superficies, pero vigentes, como es el caso de aguacates y cítricos. En la Figura 12, se observa cual es el uso del suelo en el óvalo de estudio, indicándonos visualmente una variación en el uso de la tierra actualmente.

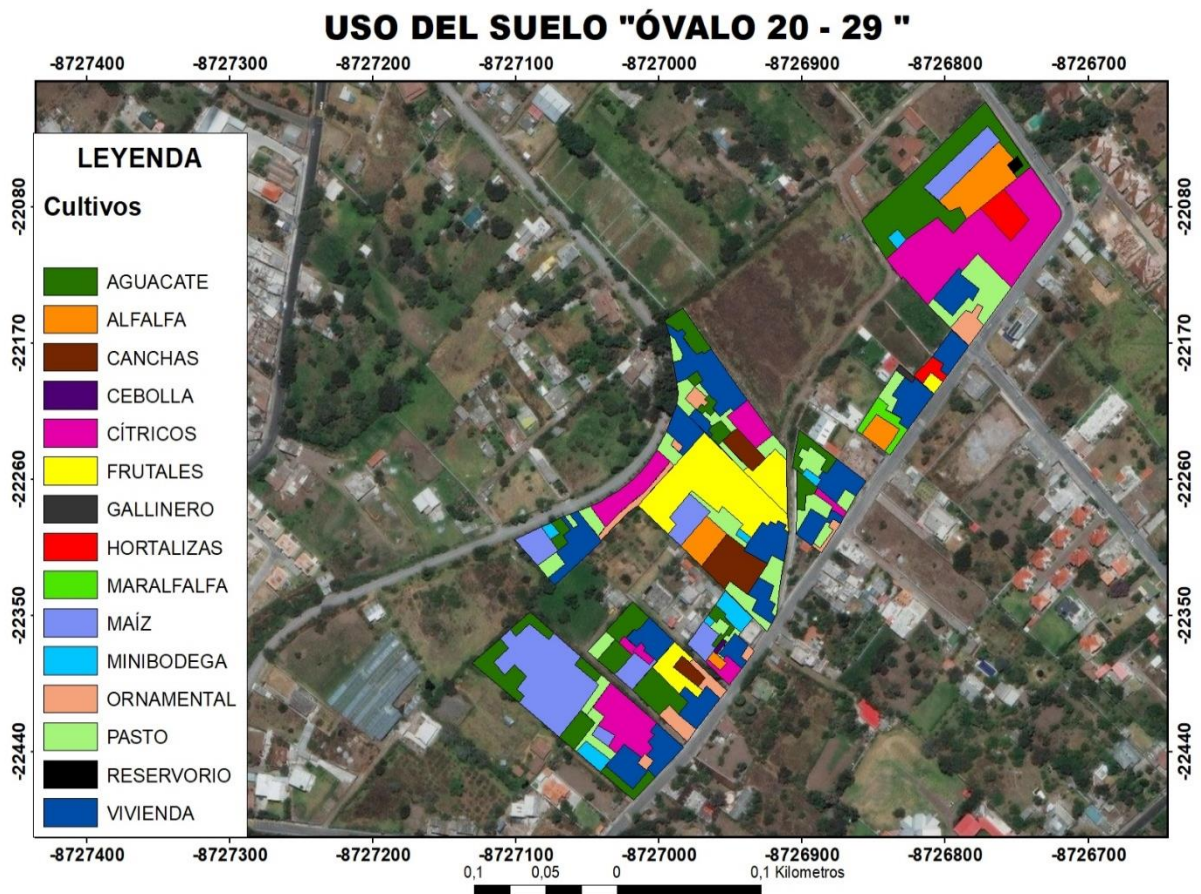


Figura 12. Distribución de cultivos en óvalo 20-29.

En el Cuadro 25, los usuarios, actualmente en el óvalo manejan actividad agrícola básicamente en cítricos, aguacate y frutales, en el caso de cultivos de ciclo corto destaca el maíz, con superficies que representan el 16.48 %, 16.27 % y 10 % respectivamente y en el caso del maíz representa el 12.9 % (Anexo 12). Adicionalmente se identificó que la construcción ocupa el 19.74 % de la superficie total del canal terciario.

Según Barragán (2015), menciona que el área considerada como “urbana” cubre el 58 % de la superficie de la parroquia; sin embargo hay que señalar que se trata de un área poco consolidada, ya que esta zona en los últimos años ha presentado un sistema de asentamientos humanos.

Ahora analizando el comportamiento del uso de suelo en el valle de Tumbaco se destaca que el porcentaje de área agrícola es del 2 %, tomando en cuenta que existen áreas muy pequeñas que difícilmente pueden ser cartografiadas, por ende el crecimiento del área urbana está desplazando la actividad agrícola, disminuyéndola considerablemente, además se puede decir que la superficie identificada representada es muy baja reflejando el estado actual de la parroquia Tumbaco (Cuadro 25 y Anexo 12) (GAD, 2014).

Cuadro 25. Porcentaje de cultivos y plantaciones en el óvalo.

Cultivo	Superficie (ha)	%
Alfalfa	0.22	5.03
Cítricos	0.71	16.48
Aguacate	0.70	16.27
Pasto	0.48	11.22
Ornamental	0.14	3.17
Maíz	0.52	12.19
Frutales	0.43	10.00
Reservorio	0.01	0.15
Hortalizas	0.06	1.31
Mar alfalfa	0.04	0.83
Cebolla	0.00	0.08
Construcción	0.85	19.74
Canchas	0.15	3.53
Total	4.30	100.00

Los usuarios de este óvalo actualmente ya no se dedican en su totalidad a la actividad agrícola por la urbanización presente en el valle de Tumbaco y por la poca rentabilidad que mantiene la producción agrícola, pues es claro que la unidad productiva dedicada meramente en años pasados a la agricultura, actualmente tienen otros intereses relacionados con la urbanización.

En el Cuadro 26, se puede identificar como la superficie cultivada abarca una superficie de 3.26 hectáreas considerando que las superficies encontradas por usuarios la mitad de estos, mantiene cultivos y la otra mitad maneja jardines y ornamentales.

Cuadro 26. Superficie cultivada y volumen asignado en el óvalo 20 – 29.

Nº	Código	S. total (ha)	S. cultivada (ha)	V. total (m ³ ha ⁻¹)
1	332901	1.20	1.10	673.13
2	332903	0.15	0.09	731.53
3	332904	0.12	0.06	706.46
4	332905	0.11	0.08	708.27
5	332906	0.69	0.50	694.03
6	332907	0.43	0.26	687.49
7	332908	0.18	0.14	671.72
8	332909	0.15	0.07	588.38
9	332910	0.15	0.09	674.56
10	332911	0.43	0.30	642.21
11	332912	0.71	0.57	682.16
TOTAL		4.32	3.26	7 459.94

La superficie cultivada y el volumen entregado a estos usuarios está influenciada por la falta de planificación de los turnos de riego en épocas críticas, esto ha llevado a que muchas superficies, no pueden ser cultivadas conservándolas como un espacio vacío.

En el Cuadro 27, se presenta el tiempo de riego calculado para todo el año, las horas asignadas por la junta de regantes y la presencia de sobre y sub irrigación para cada usuario sobresaliendo el mes de agosto. La situación de cada usuario refleja cómo es la asignación de los turnos de riego en todo el ramal de estudio ya que los turnos establecidos por la JRT, actualmente no se basan en la actividad que realiza el usuario, pues ciertos usuarios reciben horas adicionales en su turno, independientemente de la necesidad real, pues su estructura hidráulica revestida mejora el acceso de agua hacia sus propiedades, teniendo como resultado un exceso de agua. De acuerdo a la visita de campo, se puede confirmar que la organización de turnos de riego, es en base a la superficie más no a la necesidad real de cada usuario. El exceso o déficit del agua de riego en esta zona, está influenciada directamente con el tiempo de riego asignado por la JRT, independiente de los meses o semanas donde el déficit de precipitaciones es evidente. En el anexo 13, se presenta el tiempo de riego para los 12 meses de año para cada usuario.

El análisis se realizó tomando en cuenta el mes de agosto que presenta mayor déficit de precipitación, relacionado el turno de riego asignado y el tiempo de riego calculado.

Usuario 1 (332901). El turno de riego asignado es de 24 horas y el tiempo de riego semanal para cubrir la demanda hídrica de los cultivos fue de 23 horas, presentando un exceso de riego, tomado en cuenta los cultivos en producción por parte del usuario.

Usuario 2 (332903). El turno de riego asignado para este usuario es de 3 horas y el tiempo de riego semanal para cumplir la demanda hídrica de los cultivos fue de 2 horas, presentando un exceso de riego de 1 hora.

Usuario 3 (332904). El turno de riego asignado es de 2 horas y el riego semanal para cubrir la demanda hídrica de los cultivos fue de 1.5 horas, presentando un exceso de riego.

Usuario 4 (332905). El turno de riego asignado a este usuario es de 5 horas y el tiempo de riego semanal para cubrir la demanda hídrica de los cultivos fue de 2 horas, presentando un exceso de 3 horas.

Usuario 5 (332906). El turno de riego asignado es de 6 horas y el riego semanal para cubrir la demanda hídrica de los cultivos fue 12 horas, presentando un déficit en tiempo de riego de 6 horas.

Usuario 6 (332907). El turno de riego asignado es de 13 horas y el tiempo de riego semanal para cumplir la demanda hídrica de los cultivos de 10 horas, presentado un exceso de 3 horas aproximadamente.

Usuario 7 (332908). El turno de riego asignado a este usuario es de 4 horas y el tiempo de riego semanal para cumplir la demanda hídrica de los cultivos fue de casi 8 horas, el doble de tiempo asignado por la JRT, esto se debe a que este canal no revestido, no cuenta con una canal fijo para la conducción del agua, afectando la llegada del agua hasta el siguiente usuario. En este caso presenta un déficit de agua por el tipo de canal y la superficie cultivada.

Usuario 8 (332909). El turno de riego asignado es de 3 horas y el tiempo de riego semanal para cumplir la demanda hídrica de los cultivos fue de 5 horas y media, presentando un déficit de riego, esto se debe

al tipo de canal no revestido y a la ubicación en el óvalo, pues debido a su ubicación su acceso al agua de riego es visto sin importancia por parte del representante del óvalo, ya que el mismo usuario es quien se dirige a abrir la compuerta del óvalo, cerciorándose que en el canal no existan obstáculos para el flujo normal del agua.

Usuario 9 (332910). El turno de riego asignado es de 5 horas y el tiempo de riego semanal para cumplir la demanda hídrica de los cultivos fue de 2 horas, presentando un déficit de riego, esto se debe al tipo de canal no es revestido, a que la superficie de la propiedad es más grande que la registrada en la JRT.

Usuario 10 (332911). El turno de riego asignado es de 11 horas y el tiempo de riego semanal para cumplir la demanda hídrica de los cultivos fue de 7 horas, presentando un déficit. El usuario actualmente comparte su turno de riego con un vecino, por lo que requiere una evaluación para la asignación de un nuevo turno.

Usuario 11 (332912). El turno de riego es de 18 horas y el tiempo asignado semanal para cubrir la demanda hídrica de los cultivos es de 15 horas, presentando un exceso, tomando en cuenta el caudal de entrega en la época medida. Actualmente este usuario cuenta con una superficie extensa, donde la actividad agrícola es destinada a la venta y consumo, destacando básicamente el maíz y cítricos.

De acuerdo al a los turnos de riego asignados por la JRT y a los turnos calculados para el mes de mayor de demanda de agua, el 27.27 % de los usuarios presentaron sub irrigación y el 72.72 % presento sobre irrigación en el mes de agosto. Estos excesos de agua, entregadas a las parcelas, en muchos casos ocurre por la falta de capacitación del usuario, provocando salinización y saturación de los suelos, pues no permiten que el agua drene adecuadamente (figura 13).

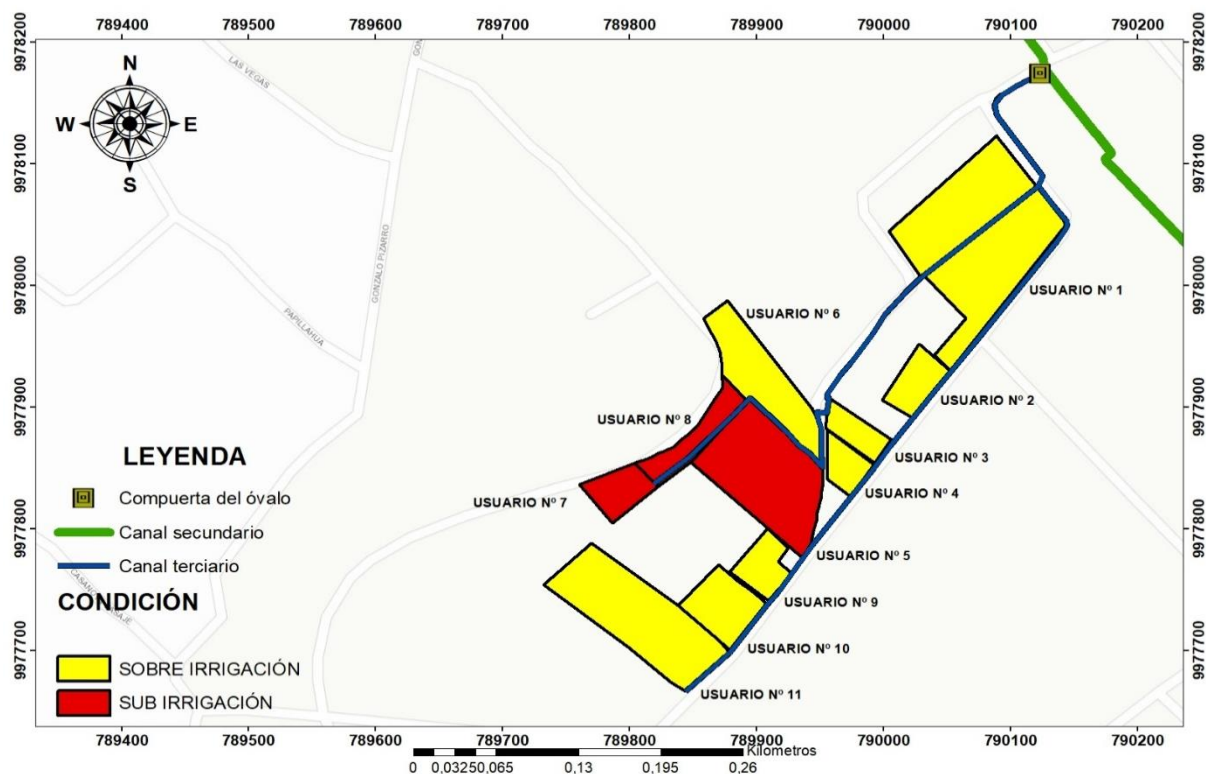


Figura 13. Sobre y sub irrigación de los usuarios del óvalo 29 – 29.

Cuadro 27. Tiempo de riego calculado para cada usuario.

Usuario	TIEMPO DE RIEGO												TR (horas)	Condición
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic		
1	6.6	6.0	2.0	1.0	6.0	14.8	17.7	23.0	13.4	2.3	3.7	6.5	24	Sobre irrigación
2	0.2	0.6	0.2	0.0	0.3	1.4	0.9	2.1	1.2	0.0	0.2	0.6	3	Sobre irrigación
3	0.3	0.4	0.2	0.1	0.3	1.0	0.9	1.5	0.9	0.1	0.2	0.4	2	Sobre irrigación
4	0.3	0.5	0.2	0.1	0.3	1.2	1.1	1.8	1.1	0.1	0.2	0,5	5	Sobre irrigación
5	0.7	3.1	1.1	0.0	1.4	8.0	5.3	12.1	7.3	0.1	0.5	3.5	6	Sub irrigación
6	3.2	3.3	1.5	0.6	2.3	6.5	7.0	9.9	5.9	1.0	1.5	3.4	13	Sobre irrigación
7	1.3	1.8	0.4	0.1	1.3	4.9	4.8	7.5	4.4	0.4	0.6	1.9	4	Sub irrigación
8	2.8	2.2	0.5	0.2	1.2	3.6	4.0	5.5	3.2	0.5	1.1	2.9	3	Sub irrigación
9	0.8	0.7	0.2	0.0	0.5	1.5	1.5	2.2	1.3	0.1	0.4	0.9	5	Sobre irrigación
10	2.9	2.5	1.1	0.6	1.9	4.6	5.5	7.1	4.2	1.0	1.4	2.7	11	Sobre irrigación
11	8.1	5.5	1.2	0.8	4.1	9.7	12.4	14.9	8.7	1.9	3.5	7.1	18	Sobre irrigación

4.5. Actores en el ramal Churolooma

- **Presidente del ramal**

Sr. Castillo

“El presidente del ramal y expresidente de la JRT, menciono que anteriormente en su gestión no pudo realizar todos sus objetivos para la falta de colaboración de los usuarios. Por otra parte en su actual gestión como presidente del ramal Churolooma propone que realizara una buena administración en relación al mantenimiento y operación del ramal enfocándose en los puntos críticos que sufren desbordes, poniendo atención a la contaminación de desechos de animales en puntos ciegos.

Además realizara reuniones con la finalidad de obtener constantes evaluaciones del funcionamiento del canal como también en cada ovalo, poniendo atención a los nuevos usuarios y sus problemas”

Análisis:

El nuevo presidente del ramal tiene varios objetivos planteados para mejorar la gestión de su ramal, tomando en cuenta la ubicación y varios agentes que influirán a modernizar del canal. Su intervención tiene la intención de mejorar el servicio a todos los usuarios mejorando su acceso, en los canales de conducción y distribución.

- **Presidente del óvalo:**

Sr. Mediavilla Correa Segundo Juan Pablo

“El presidente del Óvalo, menciona que durante su corta gestión, ha intentado que los problemas se minimicen, tomando en cuenta el acuerdo de turnos de riego con los usuarios del área de riego y en la compuerta del óvalo. De acuerdo a su gestión como presidente, hasta el momento no ha mantenido, ninguna reunión con los usuarios del módulo de riego, aunque tentativamente afirma realizarlo muy pronto, para mejorar el estado del canal, como también poner atención a aquellos usuarios que no reciben su turno respectivo.

En el caso de las tarifas asignadas afirma que esta se ha elevado, supone que es por el cambio de directiva de la JRT o por impuestos establecidos por la jurisdicción de la zona, tema que lo tiene preocupado pues menciona que las encuestas anteriores no han ayudado a la zona, pues los conflictos continúan entre lo habitantes por el tema de agua de riego

Por otra parte menciona que en su vida como habitante de la zona, la distribución del agua de riego ha sufrido cambios, pues afirma que ha reducido casi totalmente sus cultivos, pues la mala calidad del agua no ayuda a mantener los cultivos que habitualmente tenia.”.

Análisis:

De acuerdo a la entrevista realizada, se puede analizar que la gestión del área de riego, intenta disminuir los problemas que ha mantenido a través de los años, pues el hecho de una alza en la tarifa indica que la ubicación de la zona de estudio ubicada en la mitad del ramal aproximadamente, se caracterizada por una agricultura en menor escala, ya que algunos usuarios mantienen ornamentales y otros producción agrícola en casi toda su propiedad, provocando en general un malestar por el control en los turnos de riego.

- **Usuario más afectado:**

Sra. Taipe Amelia de Espinosa Carmen R.

“El usuario que recibe actualmente menos cantidad de agua, menciona que básicamente, el abandono del mantenimiento en su óvalo es grande, pues debido al tipo de estructura, menciona que en muchas ocasiones no recibe su turno, pues la directiva del óvalo solamente se preocupa por la sección revestida y no por la sección de tierra, además, que en muchas ocasiones acudió a la JRT, pero hasta la actualidad no ha recibido respuesta, aun así siembra, tratando de ocupar lo posible la pequeña cantidad de agua asignada. Sugiere mayor atención a los usuarios que pertenecen a este tipo de canal, pues pagan por un buen servicio.”

Análisis:

El Turno asignado por la JRT, de acuerdo al usuario que recibe menor cantidad de agua indica mal distribución del recurso, por la falta de homogeneidad del ramal terciario causando que el agua que ingresa por la compuerta del óvalo no llegue con un caudal adecuado al usuario y pueda regar su cultivo. Estos problemas de distribución han ocasionado que este tipo de usuarios no se encuentre de acuerdo con la tarifa anual, pues el servicio no es el óptimo. A partir de este tipo de dificultades la presencia de conflictos por los turnos de agua es frecuente y aun veranos cortos y largos en todo el año.

- **Canalero encargado:**

Sr. Trujillo Luis Fernando

“El encargado de la supervisión, de los canales del sistema de riego, menciona, que básicamente la falta de respeto por parte de los habitantes de la zona, provoca que los canales tengan constantemente obstrucciones, debido a estos problemas los canales son cerrados por días, provocando peleas entre presidentes del ramal y óvalos, por falta de comunicación. Por otra parte, el tema de la urbanización, menciono que debido a este caso, la zona no cuenta con los cultivos que tenía en años anteriores, de esta manera, la presencia de agua en los canales ha causado desbordes y pérdidas importantes, incluso, el robo de agua por parte de los habitantes afectan a los usuarios, pues captan el agua sin pagar un servicio. En el caso de la operación de los ramales menciono, que el personal se ha reducido notablemente pues actualmente solamente laboran 4 canaleros, influenciado en la inspección de todos los 7 canales de la JRT.

En el caso del ramal Churolooma menciona que recibe mayor cantidad de agua, por el cierre del ramal San Blas ya que este ramal actualmente está totalmente urbanizado y la apertura de la compuerta provoca desbordes en calles principales del sector, por otra parte el cierre del ramal El pueblo, ocurre generalmente por mantenimiento.

Los problemas más importantes que se producen en el ramal tienen q ver con el derrumbe tanto el canal principal no revestido como en puntos críticos de este ramal acompañado por la falta de pago tanto en la tarifas anual como en las multas por inasistencia a reuniones o mingas. ”

Análisis:

La operación para la conducción y distribución del agua en todo el ramal se ve afectado por la falta de personal en cada ramal como en los anteriores años, como por el mantenimiento del canal principal, secundario y terciario pues los derrumbes, desbordes, basura de todo tipo causado no solo por algunos usuarios sino también por los habitantes de la zona, provocan cortes de servicio justamente en épocas de escasez, pues impiden el flujo normal del agua hacia los óvalos. Por otra parte el robo del agua por no usuarios ha generado conflictos graves, pues estos argumentan que es un recurso gratis sin tomar en cuenta la conservación del canal. En los óvalos es común el malestar de los usuarios por la mala distribución en cada propiedad pues dependiendo de la época de año indican que necesitan un horario diferente de riego, con la finalidad de no perder agua.

Las tarifas y multas sin paga han causado falta de presupuesto para el mantenimiento de los ramales y la reducción de personal en la JRT

5. CONCLUSIONES

El desarrollo de la presente investigación permitió derivar las siguientes conclusiones:

- Se determinó que el ramal Churoloma presenta una eficiencia de conducción buena en tres secciones evaluadas (S1, S2, S4), a pesar del tipo de sección del canal, y las pérdidas que se producen por evaporación y filtración. Por otra parte la eficiencia de conducción en la sección cuatro fue mala, debido al deterioro de las estructuras de entrega del agua, desbordamientos a causa del remanso producido por los objetos (basura, piedras, arena, etc.) acumulados en el cauce del canal y por la falta de mantenimiento.
- La evaluación del canal terciario del óvalo 20-29, permitió determinar una eficiencia de conducción promedio del 75.3% clasificada como baja y una eficiencia de distribución del 50.5% interpretada como pobre, afectadas por las filtraciones a través de las compuertas de los usuarios y por la falta de actualización de la superficie de cada usuario y de los turnos de riego.
- El tiempo de riego asignado por la JRT, presenta en la mayoría de los casos sobre irrigación, es decir un exceso de agua, por la falta de actualización de los turnos de riego en función de las necesidades hídricas de los cultivos y del área de riego.

6. RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos y a las actividades desarrolladas en campo en la presente investigación, se puede recomendar:

- Es importante que cada usuario del agua del sistema de riego Tumbaco y no usuario sea responsable de la limpieza y no contaminación de los canales, realizando campañas zonales que permitan mejorar la comunicación a través de la JRT, aplicando las sanciones respectivas, con el apoyo del municipio mejorando el estado de los canales.
- Actualización constante del padrón de usuarios, para la asignación de turnos de acuerdo a la superficie cultivada, tipo de cultivo y el caudal de entrega tanto a nivel de la compuerta de entrega como en las acometidas.
- Mantener caudales técnicamente recomendados, con velocidades estables, para evitar la acumulación de sedimentos en el cauce de los canales.
- Ajustar los tiempos de riego de los usuarios en función de las necesidades hídricas de los cultivos, área cultivada, cultivos en explotación y el caudal real de ingreso al usuario.

7. RESUMEN

El Ecuador cuenta aproximadamente con una superficie de 3.14 millones de hectáreas potenciales para el riego, de las cuales 950 mil hectáreas se encuentran bajo infraestructura de riego y dentro de esta superficie, se encuentra el sistema de riego Tumbaco.

La parroquia Tumbaco y parte de Alangasí-La Merced, ubicados al lado oriental de Quito, forman parte del sistema de riego Tumbaco, el cual cuenta con 3 000.0 usuarios distribuidos en siete ramales. Este sistema de riego fue construido en 1947 por la Caja Nacional de Riego, la infraestructura del sistema de riego ha cumplido 72 años y con ello su vida útil. El cambio del uso del suelo de agrícola a urbano, ha generado varios problemas relacionados con la infraestructura de riego, dado que no se respetaron las leyes y se realizaron cambios en el trazado y secciones sin el diseño hidráulico respectivo.

La investigación se desarrolló para conocer la eficiencia de conducción en el ramal secundario, la eficiencia de conducción y distribución en el óvalo, así como la presencia de sobre y sub irrigación. Para medir los caudales se utilizó el método del aforo químico y un vertedero rectangular y para determinar el tiempo de riego, se calcularon las necesidades hídricas de los cultivos.

Las eficiencias de conducción presentes en el ramal Churolooma en tres secciones evaluadas (S1, S2, S4), fue buena, a pesar del tipo de sección del canal, y las pérdidas que se producen por evaporación y filtración. Por otra parte la eficiencia de conducción en la sección cuatro fue mala, debido al deterioro de las estructuras de entrega del agua, desbordamientos a causa del remanso producido por los objetos (basura, piedras, arena, etc.) acumulados en el cauce del canal y por la falta de mantenimiento. La eficiencia de conducción promedio en el canal terciario fue del 75.3 %, tomando en cuenta que las pérdidas se dieron por filtraciones a través de las compuertas, filtración en el cauce y evaporación directa desde el espejo del agua. La eficiencia de distribución del agua de riego fue del 45.22 %, identificada como pobre, debido principalmente a la falta de actualización de los turnos de riego en base al área real cultivada, necesidades hídricas de los cultivos y al caudal real de entrega; por efecto de lo anterior, se determinó una sobre irrigación, una entrega excesiva del agua.

Se concluyó que las eficiencias registradas en el canal secundario son buenas en todas las secciones. En cuanto al óvalo, las eficiencias de conducción y de distribución son pobres y existe sobre irrigación.

Acorde a lo datos obtenidos es importante que la JRT, actualice los tiempos de riego y mejore la estructura hidráulica tanto en canales secundarios como en los terciarios. El tiempo de riego debe actualizarse en función de las necesidades hídricas de los cultivos, área cultivada, cultivos en explotación y del caudal real de ingreso a cada usuario.

8. REFERENCIAS

- A .Franco , L. Pérez, S. (2008). Material de clase. Retrieved January 22, 2019. Obtenido de <http://ocwus.us.es/ingenieria-agroforestal/hidraulica-y-riegos/material-de-clase-1/>
- Allen G., R., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (2006). Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. *FAO :Estudios FAO Riego y Drenaje* 56, 297. Obtenido de <https://doi.org/10.1590/1983-40632015v4529143>
- Arcas, L., Martínez, M., Sheikhesmaeili, O., & Bascuñana, A. (2016). Análisis de la Uniformidad de Riego en Sistemas de Aspersión Semiportátil con Aspersores de Gran Tamaño. *Congreso Nacional de Riegos*, 10. Obtenido de <https://doi.org/10.21151/CNRiegos.2016.C13>
- Barragán, F. (2015). *Plan de ordenamiento territorial de Tumbaco*. Quito. Obtenido de http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/1768109120001_Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Tumbaco con matriz proyectos_30-10-2015_17-16-21.pdf
- Bateman-, A., Camacho, A., Toro, M., Elozegi, A., Sabater, S., Ollero, A., & GAMA. (2009). El ciclo hidrológico. *Grupo de Investigación En Transporte de Sedimentos*, (1923), pág 16. Obtenido de http://www.floodup.ub.edu/hidro/%5Cnhttp://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/espacios-protegidos/red-natura-2000/rn_fichas_be_agua_dulce.aspx
- Botey, M. R. (2014). Aplicación de distintas metodologías a la monitorización de la humedad del suelo y al cálculo del balance hídrico diario, pág 276. Obtenido de <https://drive.google.com/file/d/0B6icQQReAPtUjVCY0dQVnVTa00/edit>
- C. Brouwer,K. Prins, M. H. (2001). *Irrigation Water Management: Irrigation Scheduling*. Rome, Italy. Obtenido de <http://www.fao.org/tempref/agl/AGLW/fwm/Manual4.pdf>
- Caravaca, C. F. (2014). *Estudio teórico de estructuras hidráulicas*. Universidad Politecnica De Cartagena. Obtenido de file:///C:/Users/Usuario/Downloads/pfc5781.pdf
- Castañeda, S. (2017). Sistema De Riego Tumbaco Junta General De Regantes, 22–2017. Obtenido de [http://www7.quito.gob.ec/mdmq_ordenanzas/Comisiones del Concejo/Desarrollo Parroquial/2017/2017-12-19/2. Comisión general Sr. Roberto Castillo, oficio SRT No. 22-2017-\(RC\).pdf](http://www7.quito.gob.ec/mdmq_ordenanzas/Comisiones del Concejo/Desarrollo Parroquial/2017/2017-12-19/2. Comisión general Sr. Roberto Castillo, oficio SRT No. 22-2017-(RC).pdf)
- CESA. (2005). Riego, (Problemática, Debate Y Políticas), pág 68. Obtenido de http://cesa.org.ec/wp-content/uploads/2018/08/el_riego_en_el_ecuador.pdf
- Christiansen, J. (1942). Riego por aspersión.Boletín de la estación experimental de agricultura de la Universidad de California 670. California: Berkeley, CA.
- CNC. (2012). Sistemas Riego y Drenaje a favor de Gobiernos, pág. 1–20.
- CONGOPE. (2014). *Hablemos de riego*. Ecuador. Obtenido de <https://doi.org/SBN: 978-9942-11-054-1>

- Consejo Metropolitano de Quito. (2003). *Ordenanza 3457. La Ordenanza Sustitutiva a la Ordenanza No. 3445 que Contiene las Normas de Arquitectura y Urbanismo. Art 40*. Quito. Obtenido de http://www7.quito.gob.ec/mdmq_ordenanzas/Ordenanzas/ORDENANZAS_AÑOS_ANTERIORES/ORD-3457 - NORMAS DE ARQUITECTURA Y URBANISMO.pdf
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). Soberanía alimentaria. Manabi : 2008. Obtenido de <https://www.wipo.int/edocs/lexdocs/laws/es/ec/ec030es.pdf>
- Corporation Rain Bird. (2010). Uniformidad de la Distribución en Riego por Aspersión. The Intelligent Use of Water. R Obtenido de http://www.rainbird.com/sites/default/files/media/documents/2018-01/L387_DistributionUniformity_es.pdf
- FAO. (1989). *Gestión del agua de riego: programación de riego* (Manual de). Roma, Italia. Obtenido de [http://www.fao.org/docrep/t7202e/t7202e08.htm#annex i: irrigation efficiencies](http://www.fao.org/docrep/t7202e/t7202e08.htm#annex_i:irrigationefficiencies)
- FAO. (2012). Diseño de metodos de Riego, *Tercer Cap*, 39–53. Obtenido de http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/recnat/pdf/MR_cap3.PDF
- Fernandez, R., Milla, M., Avila, R., Berengena, J., Gavilan, P., & Oyonarte, N. (2010). *Riego por Superficie. Manual de riego para agricultores*. <https://doi.org/SE-25952010>
- FLC. (2010). Términos técnicos del sector de la construcción. April 23, 2019, Obtenido de <http://www.diccionariodelaconstruccion.com/instalaciones-cerramientos-y-acabados/fontaneria-y-calefaccion/acometida-de-agua>
- Flores et, A. (2013). Eficiencia de aplicación de agua en la superficie y en el perfil del suelo en un sistema de riego por aspersión, 107–119. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v47n2/v47n2a1.pdf>
- GAD. (2014). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Tumbaco. *Igarss 2014*, (1), 1–5. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Gavil, P. (2015). Influencia de la Pendiente del Terreno en la Uniformidad de Distribución de Caudal en Cintas de Riego Localizado, (May). Obtenido de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Influenciapendienteterrenocaudalcintasriegolocalizado.pdf>
- Heredia Alonso, J. (2004). Analisis Quimico de Muestras Al-Gr 6061.pdf. España.
- ICID - CIID. (2002). Diccionario técnico multilingüe (MTD) sobre Riego y Drenaje. Obtenido de April 23, 2019, from http://www.icid.org/members_only/icidmtd/display.php?lang=en
- INRENA-UCPSI. (2005). *Manuales para mejorar la gestión de los sistemas de riego en las organizaciones de usuarios de agua*. Lima. Obtenido de http://www.psi.gob.pe/docs/%5Cbiblioteca%5Cmanuales%5Cmanuales_sistemas_de_riego.pdf
- INTA. (1995). Descripción de sistemas de riego, 1–6.
- JRT. Estatuto Y Reglamento de Operación Y Mantenimiento de la Junta de Riego Tumbaco (2017). Quito.

- LORHUyA. (2014). *CAPITULO IV. Régimen Económico. Tarifas*. Quito. Obtenido de www.lexis.com.ec
- MA-PSI. (2004a). Determinacion de Eficiencias de Conduccion y Distribucion. *Programa de Entrenamiento En Servicio PES II, ETAPA II*, 69.
- MA-PSI. (2004b). Instructivo Técnico para Calibración de la Eficiencia de Conducción y Distribución. Lima: 204. Obtenido de http://www.psi.gob.pe/wp-content/uploads/2016/03/biblioteca_manuales_determinacion_eficiencias.pdf
- MAE. (2004). *Ley De Prevención Y Control De La Contaminación Ambiental. Capítulo II: De la prevención y control de la contaminación de las aguas*. Quito. Obtenido de [# 20](https://doi.org/Codificación) Status:Vigente
- Maigua, C. (2017). *Caracterización predial y de infraestructura del Sistema de Riego Tumbaco ramal Churolooma, Zona 2, 2016*. Universidad Central del Ecuador. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/13058/1/T-UCE-0004-44-2017.pdf>
- Merkley. (2008). Coeficiente de ajuste en base a la profundidad del agua para medición de caudales.
- MINAGRI-DGIAR. (2015). Manual del Cálculo de eficiencia para Sistemas de Riego, 54. Obtenido de http://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/manual-riego/manual_determinacion_eficiencia_riego.pdf
- MMAyA. (2010). *Guía para la Elaboración de Proyectos de Riego Menores*. (Programa de Desarrollo Agropecuario Sustentable (PROAGRO)., Ed.) (Ministerio). Bolivia. Obtenido de <http://www.bivica.org/upload/riego-menores.pdf>
- Moreno, J. (2004). Especificaciones Técnicas para el Diseño de Captaciones por Gravedad de Aguas Superficiales. Lima: OPS/CEPIS/04.115 UNATSABAR. Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/tecapro/documentos/agua/e115-04disenocapta.pdf>
- Ochoa, E. (2017). *Caracterización predial y de infraestructura del sistema de riego Tumbaco - Ramal Churolooma (Zona 1), 2016*. Universidad Central del Ecuador. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/13344>
- Ortiz, R. (2017). Necesidades-hidricas-de-los-CULTIVOS. Quito.
- Oscar Miranda. (1982). *Cuándo y cuánto regar*. La Platina.
- Pineda, H., & Revelo, L. (2012). *Evaluación Hidráulica de un Sistema de Riego por Compuertas en la Hacienda El Once Corregimiento De Palmaseca*. Universidad Del Valle. Facultad De Ingeniería. . Programa Ingeniería Agrícola.
- PROAGRO. (2011). Problemática del Mantenimiento de la infraestructura hidráulica mejorada., *Investigac*(Cochabamba, Bolivia), pág. 67. Obtenido de <http://www.bivica.org/upload/infraestructura-hidraulica.pdf>
- Rodríguez, H. (2015). *Evaluación de las eficiencias de conducción en los canales de derivación de la comisión de usuarios de Sausal, su impacto en la dotación de agua en la distribución*. Univerdidad

Nacional de Trujillo, Trujillo - Perú. Obtenido de [http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/2838/TANDAYPAN RODRIGUEZ%2C Hipolito.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/2838/TANDAYPAN%20Rodriguez%20Hipolito.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Román, F., Rivera, H., & Rivera, H. (2011). 2011 - 2026 Plan Nacional De Riego Y Drenaje. *Subsecretaria de Riego y Drenaje*, (Tungurahua), 19–266.

Romero, Edgar; Andy; Razuri, Luis; Saniaga, Jose y Montilla, E. (2009). Estimación de las necesidades hídricas del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L .), durante las diferentes etapas fenológicas, mediante la tina de evaporación., 56–69. Obtenido de <http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/30236/articulo5.pdf;jsessionid=B25BF86CE2D10EB4DF66540DA8B5CE73?sequence=1>

Sanchez C. Edwin, V. M. C. (2007). Optimización del Recurso Hídrico mediante el cambio de Método de Riego en la Comuna de Monjas Alto, Cantón Cayambe, 9–29. Obtenido de [http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/132/5/03 REC 88 MARCO TEORICO.pdf](http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/132/5/03_REC_88_MARCO_TEORICO.pdf)

Sánchez, J. (2013). Medida de caudales. *Dpto. Geología Universidad de Salamanca (España)*, 1–7.

Santos Pereira, L., De Juan Valero, J. A., Picornell Buendía, M. R., & Tarjuelo Martín. Benito, J. M. (2010). *El Riego Y Sus Tecnologías*.

Secretaria Nacional del Agua del Ecuador. (2012). Informe de gestión 2012 secretaría nacional del agua, 1–29. Retrieved from <http://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/02/INFORME-GESTIÓN-SENAGUA-2012.pdf>

SENAGUA. (2010). *SENAGUA-Demarcación Hidrográfica*. Quito. Obtenido de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu139204.pdf>

SENAGUA. Instructivo para conformación y legalización de Juntas Administradoras de Agua potable y Saneamiento; Juntas Administradoras de Agua potable y Saneamiento Regional; y, Juntas de Segundo y Tercer grado;, y el Instructivo para conformación y legalización de Juntas de riego y/o drenaje., Pub. L. No. Capítulo II, primera parte, Acuerdo 2016-1288 45 (2016). Normativa Secundaria Final. Obtenido de [https://aplicaciones.senagua.gob.ec/reslotaip2018/juri/feb18/Resolución Nro. 2016-1286 Instructivo para Conformación y Legalización de Juntas Administradoras de Agua Potable y Saneamiento.pdf](https://aplicaciones.senagua.gob.ec/reslotaip2018/juri/feb18/Resolución_Nro._2016-1286_Instructivo_para_Conformación_y_Legalización_de_Juntas_Administradoras_de_Agua_Potable_y_Saneamiento.pdf)

SEPOR. (2010). *Coeficiente de Cultivo (Kc)*. *Boletín N°6*. Chile. Obtenido de http://www.sepor.cl/informacion_boletines/S106_Boletin_Coeficiente_de_cultivo.pdf

Servicio Hidrológico Nacional. (2005). Balance hídrico integrado y dinámico en El Salvador, pág 109.

9. ANEXOS

Anexo 1. Entrevista realizada hacia los actores involucrados en la operación del ramal.

ENTREVISTA DIRIGIDA HACIA LOS USUARIOS EN EL ÓVALO SELECCIONADO

Nombre..... Edad..... Sexo M F.....

1. Es actualmente es usuario activo de la junta de regantes Tumbaco? SI.....NO
2. ¿Cuál es la superficie de predio?

Producción:

3. ¿Qué tipos de cultivo tiene en su propiedad?.....

Frecuencia de entrega de agua

4. ¿Tiene actualmente un turno de riego asignado?
5. ¿Cuántos días a la semana o al mes dispone del turno de riego?.....
6. ¿Cuántas horas recibe su turno de riego?

CAUDAL DE ENTREGA

7. ¿Cree que la cantidad agua asignada satisface las necesidades de sus cultivos (si es alta, baja, insuficiente, etc.?.....
8. ¿Cuál es la tarifa que usted paga por el acceso al riego?.....
9. ¿Está de acuerdo con la tarifa de paga. SI/ NO y por qué?.....
10. ¿Cuál sería su sugerencia para la administración de su óvalo y para la junta de regantes. ?

ENTREVISTA DIRIGIDA HACIA LOS PRESIDENTES DEL RAMAL Y ÓVALO

Organización del óvalo

11. ¿Cuál es el encargado de la organización del óvalo / ramal (operación)?
12. ¿Cuántas veces se reúnen en la semana, mes o al año para tratar temas del ramal u óvalo (temas como mantenimiento, etc.)?
13. ¿Cuál es su relación con la junta de regantes, está de acuerdo con su administración?
14. ¿Ha recibido alguna capacitación respecto a : Administración, Mantenimiento u Operación del canal de distribución?

ENTREVISTA DIRIGIDA HACIA EL CANALERO DEL RAMAL

15. ¿Cuál es su función de la junta de riego?
16. Que cambios ha notado en la gestión del sistema de riego Tumbaco
17. Cuáles son los principales problemas que ocurren en los ramales.

Anexo 2. Formato de información – eficiencia de conducción.

REGISTRO DE INFORMACIÓN

Fecha: **Sección:**..... **Punto:**.....

Nombre del sector:				
UTM				
X: Y: ZONA:				
Métodos:	Aforo químico $Q \approx \frac{q \times (C1 - C)}{C - C2}$	pH:...	q=0.0621 C1= 18.36 ds ^{-m} C= aguas abajo C2= aguas arriba	Medidor Parshall $Q = 0.013762ha^{1.53}$ ha=(mm) ha: Altura de la convergencia
Conductividad (us^{-cm})		Hora		Altura de la convergencia (cm)
C2= aguas arriba	C= aguas abajo			

Observaciones

1.-TIPO CANAL: Revestido

No revestido

2.- PASTO: Presencia

Ausencia

3.- MATERIAL FLOTANTE (Especificar qué tipo de material es por ejemplo: basura):

.....

4.- OBRAS CIVILES (Especificar qué tipo de obra es por ejemplo: alcantarillado o vereda):

.....

☐
☐
☐
☐

Anexo 3. Formato de información – eficiencia de distribución.

NOMBRE DEL SECTOR:		
NOMBRE DEL USUARIO:		
• UTM X: Y: ZONA: ALTURA:	DESCRIPCIÓN Compuerta TOMA DE ENTREGA: Orificio Válvula <input style="width: 30px; height: 20px; border: 1px solid black;" type="checkbox"/> <input style="width: 30px; height: 20px; border: 1px solid black;" type="checkbox"/> <input style="width: 30px; height: 20px; border: 1px solid black;" type="checkbox"/>	
MÉTODOS		
VERTEDERO RECTANGULAR		
$Q = \dots * \dots m * h^{\dots}$ h= en metros Caudal del canal Q: ALTURA carga hidráulica (cm) H:	ALTURA carga hidráulica (cm)	HORA
<u>OBSERVACIONES</u>		
1.-TIPO CANAL: Revestido <input style="width: 30px; height: 20px; border: 1px solid black;" type="checkbox"/> No revestido <input style="width: 30px; height: 20px; border: 1px solid black;" type="checkbox"/> 2.-PASTO: Presencia <input style="width: 30px; height: 20px; border: 1px solid black;" type="checkbox"/> Ausencia <input style="width: 30px; height: 20px; border: 1px solid black;" type="checkbox"/> 3.- MATERIAL FLOTANTE (Especificar qué tipo de material es por ejemplo: basura): 4.- OBRAS CIVILES (Especificar qué tipo de obra es por ejemplo: alcantarillado o vereda): 		

Anexo 4. Canal CHUROLOMA - PRIMER SECTOR: La Morita.



Fotografía 17. Compuerta – canal Churolooma.



Fotografía 18. Sección del canal irregular no revestido.



Fotografía 19. Sección embaulada ubicada en la Unidad Educativa Tumbaco.



Fotografía 20. Sección revestida, problemas de desbordes en invierno.



Fotografía 21. Sección revestida, construida por el propietario del inmueble.



Fotografía 22. Sección revestida. Problemas de desborde.



Fotografía 23. Compuerta de división, hacia los ramales de El Pueblo y San Blas.



Fotografía 24. Compuertas embauladas, división de los dos ramales.



Fotografía 25. Desvíos de caudales, y hurtos de agua.



Fotografía 26. Tubería, que atraviesa la ruta viva.



Fotografía 27. Control estratégico por JRT para evitar la contaminación.



Fotografía 28. Tubería, donde atraviesa el caudal proveniente de la ruta viva.



Fotografía 29. Construcción de viviendas, problemas con contaminación y hurto de agua.



Fotografía 30. Problemas de obstrucción, difícil acceso para el mantenimiento

Anexo 5. Canal CHUROLOMA - SEGUNDO SECTOR: Villavega.



Fotografía 31. Agua de riego proveniente del sector de la Morita.



Fotografía 32. Sección no revestida, falta de mantenimiento.



Fotografía 33. Canal irregular atraviesa, zona urbana. Problemas de contaminación.



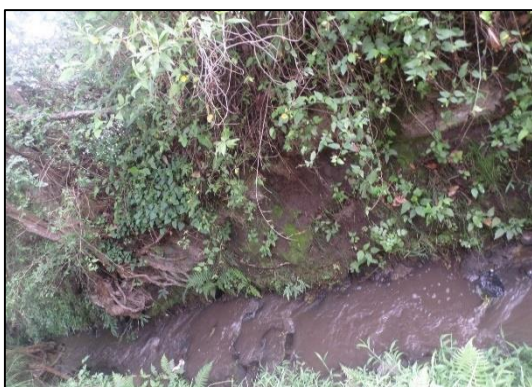
Fotografía 34. Sección revestida, presencia de sedimentos y basura.



Fotografía 35. Sección no revestida irregular, construcciones y contaminación por basura.



Fotografía 36. Sección revestida, falta de mantenimiento, presencia de sedimentos.



Fotografía 37. Contaminación fabril, presencia de aceite en el agua de riego.



Fotografía 38. Sección no revestida irregular, falta de limpieza, problemas de basura.

Anexo 6. Canal CHUROLOMA - TERCER SECTOR: Churoloma.



Fotografía 39. Sección revestida, presencia de sedimentos en el interior del canal.



Fotografía 40. Sección revestida, presencia de sedimentos en el interior del canal.



Fotografía 41. Sección revestida, presencia de sedimentos.



Fotografía 42. Sección revestida.



Fotografía 43. Sección tipo tierra, falta de mantenimiento.



Fotografía 44. Sección crítica desbordes de agua



Fotografía 45. Sección dentro de una propiedad, difícil acceso para la operación.



Fotografía 46. Sección irregular, frecuencia de desborde y obstrucciones por material vegetal.

Anexo 7. Canal CHUROLOMA – CUARTO SECTOR: Las Minas.



Fotografía 47. Sección no revestida homogénea crecimiento de kikuyo en los bordes.



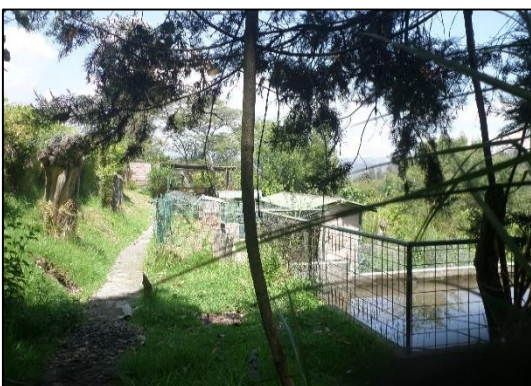
Fotografía 48. Sección no revestida.



Fotografía 49. Falta de mantenimiento, crecimiento de malezas.



Fotografía 50. Canal revestido, problemas de acceso al mantenimiento.



Fotografía 51. Canal embaulado, propiedad privada difícil acceso.



Fotografía 52. Flujo normal, sección conservada, por los habitantes de la zona.



Fotografía 53. Sección revestida, angosta, constantes desbordes en épocas lluviosas.



Fotografía 54. Canal homogéneo, Sección de desfogue del agua de riego.



Fotografía 55. Sección de desfogue.



Fotografía 56. Zona de drenaje.

Anexo 8. Primera sección para la medición de caudales.



Anexo 9. Segunda sección para la medición de caudales.



Anexo 10. Tercera sección para la medición de caudales.



Anexo 11. Cuarta sección para la medición de caudales.



Anexo 12. Uso de suelo óvalo 20-29.

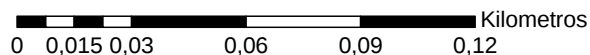
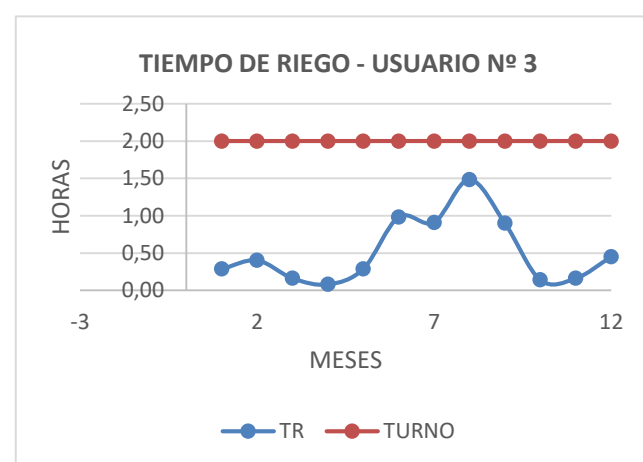
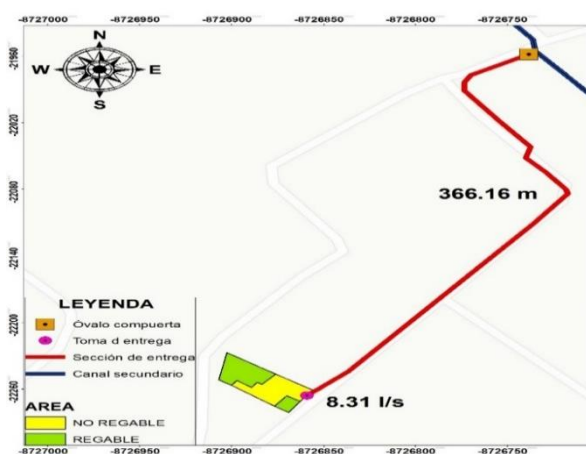
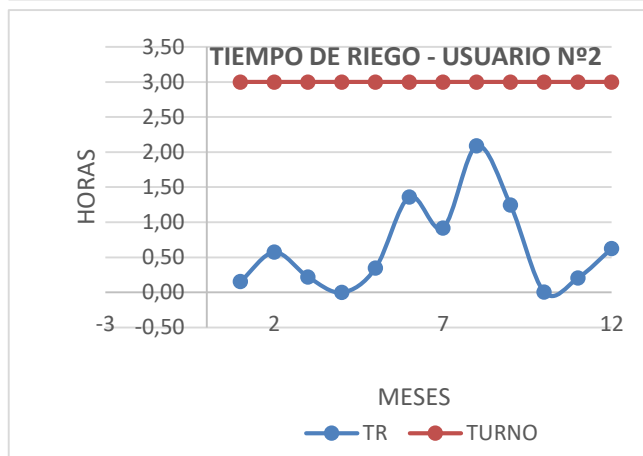
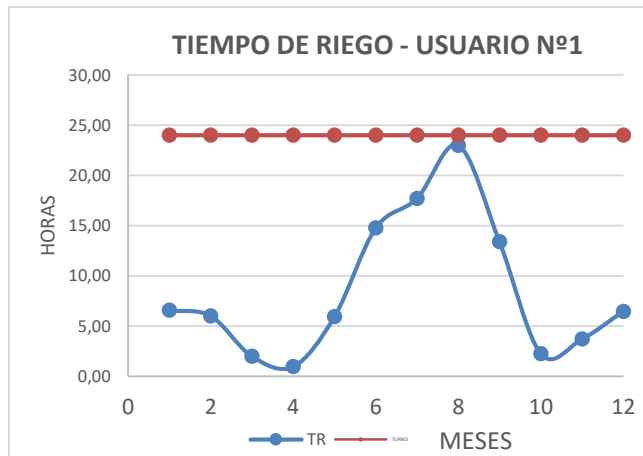
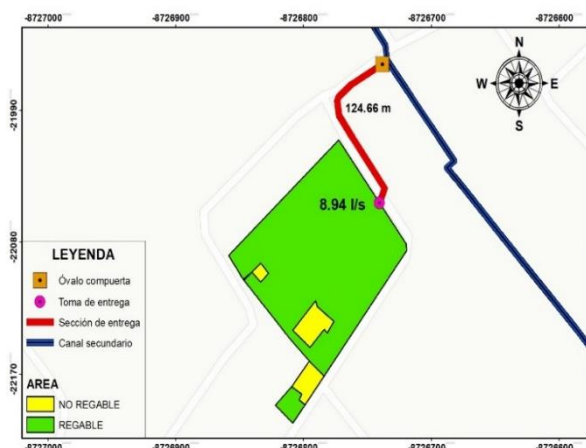
Cuadro 28. Uso de suelo de cada usuario.

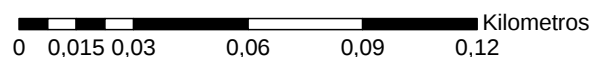
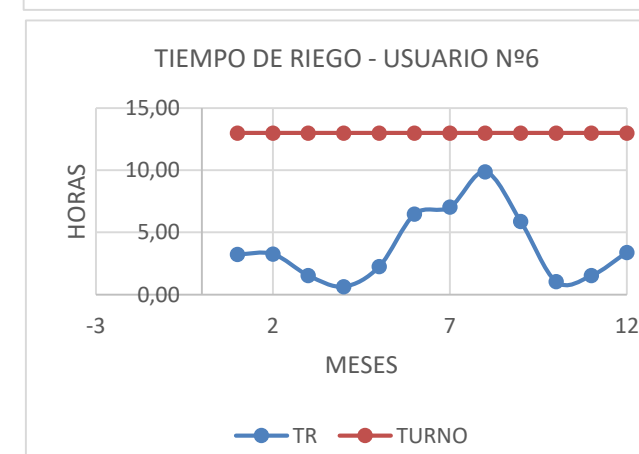
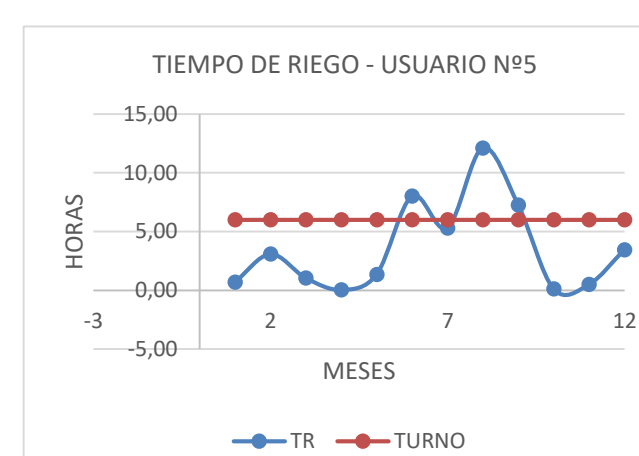
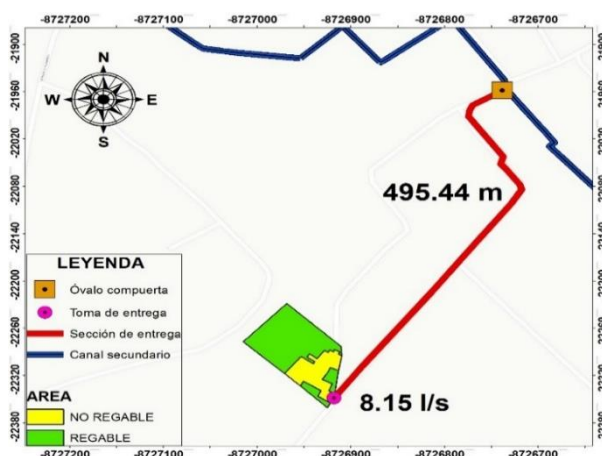
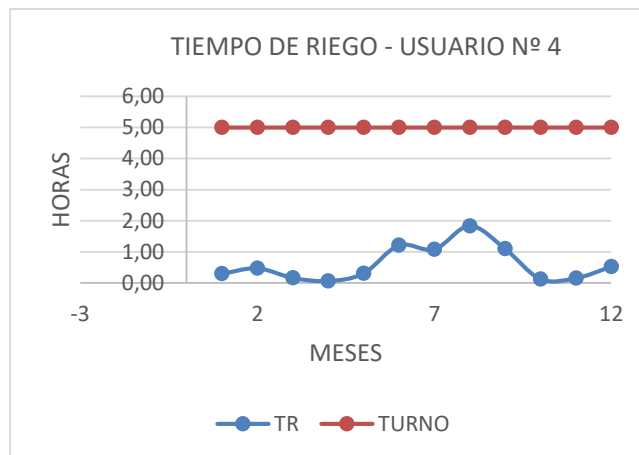
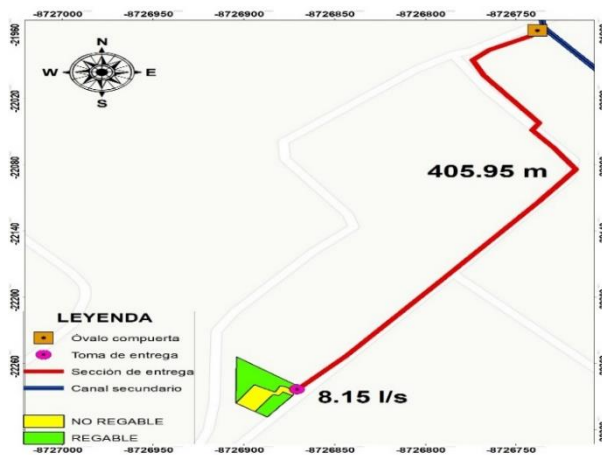
Usuario	Cultivos	Superficie (Ha)	Total (Ha)
1	Alfalfa	0.12	1.20
	Cítricos	0.42	
	Aguacate	0.28	
	Pasto	0.10	
	Ornamental	0.03	
	Maíz	0.08	
	Frutales	0.01	
	Reservorio	0.01	
	Hortalizas	0.06	
	Construcción	0.09	
2	Pasto	0.02	0.15
	Mar alfalfa	0.04	
	Alfalfa	0.03	
	Construcción	0.06	
3	Aguacate	0.03	0.12
	Pasto	0.03	
	Construcción	0.06	
4	Ornamental	0.01	0.11
	Pasto	0.04	
	Cítricos	0.01	
	Aguacate	0.02	
	Construcción	0.03	
5	Frutales	0.31	0.69
	Pasto	0.09	
	Alfalfa	0.05	
	Maíz	0.05	
	Canchas	0.10	
	Construcción	0.09	
6	Frutales	0.06	0.43
	Cítricos	0.05	
	Pasto	0.07	
	Aguacate	0.07	
	ornamental	0.01	
	Canchas	0.04	
	Construcción	0.13	

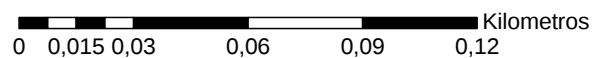
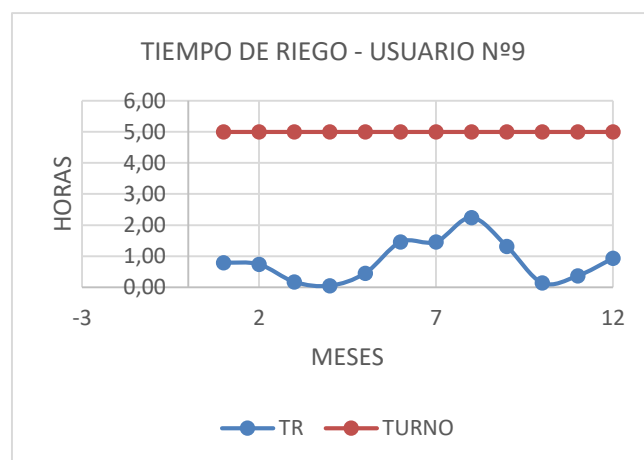
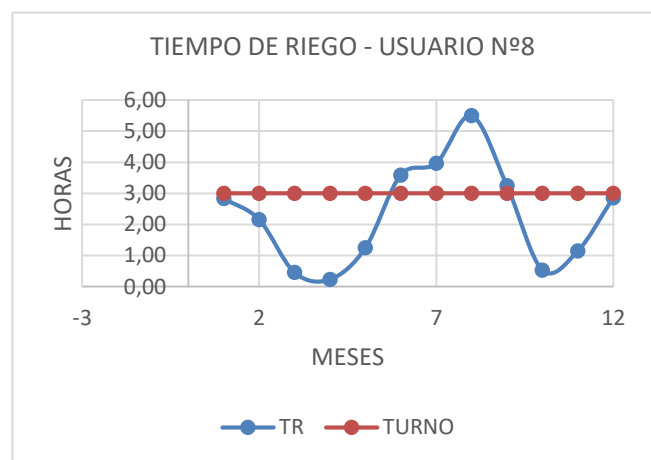
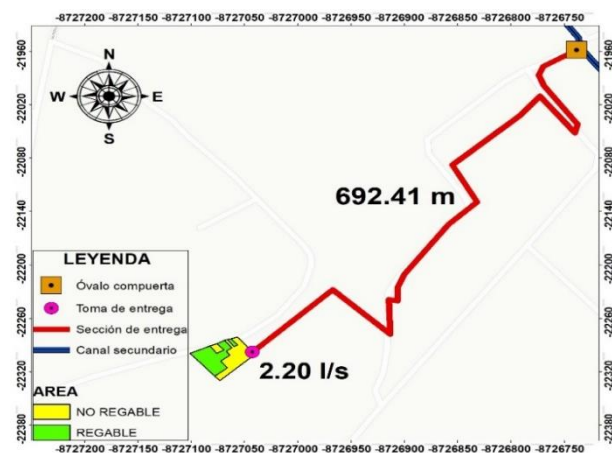
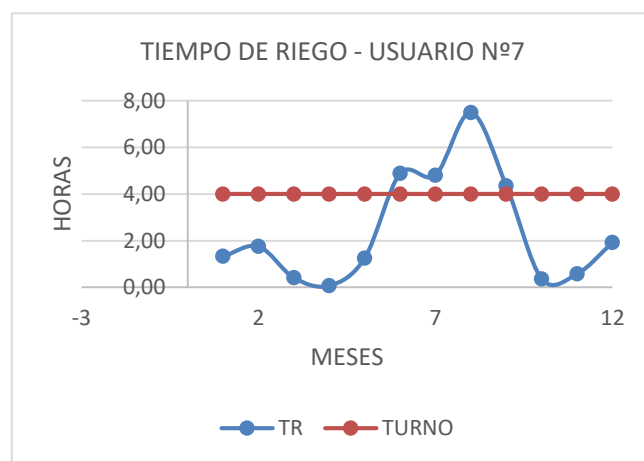
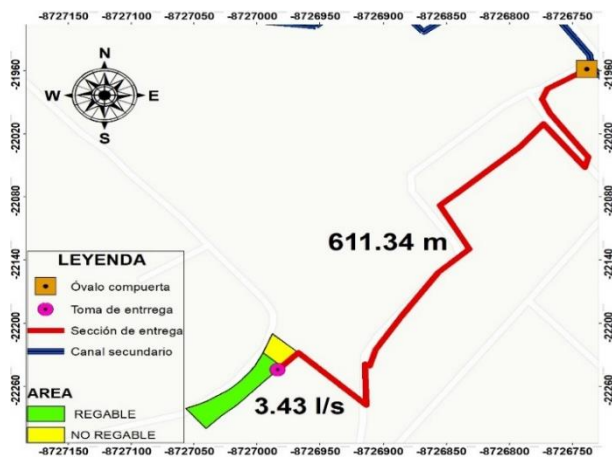
Continuación del Cuadro 28.

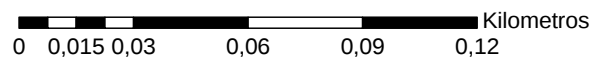
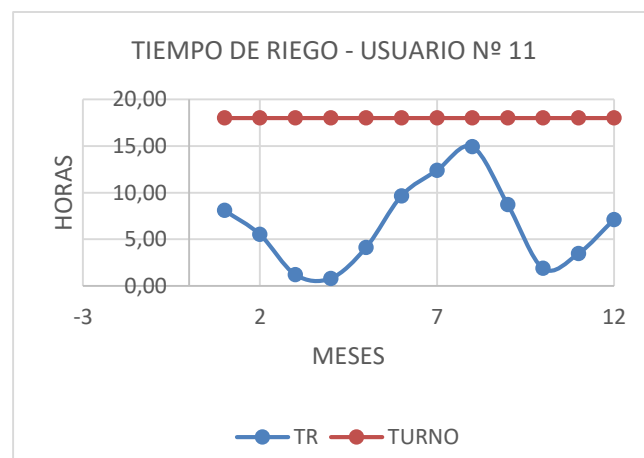
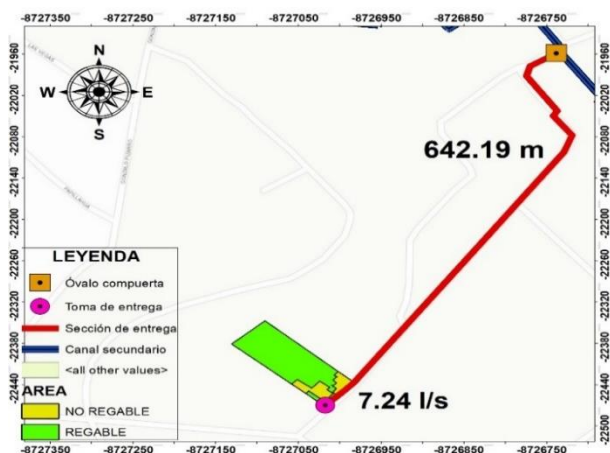
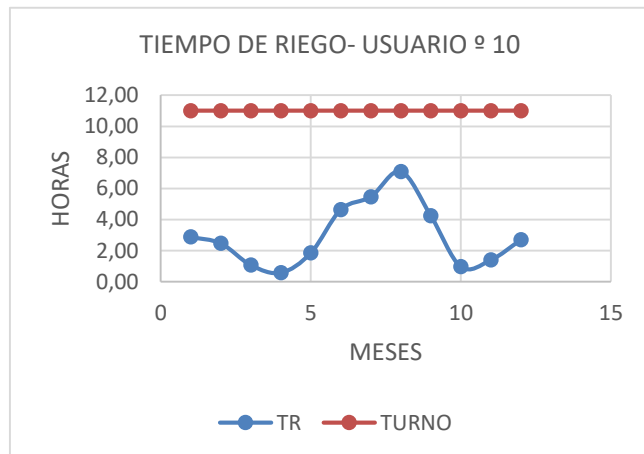
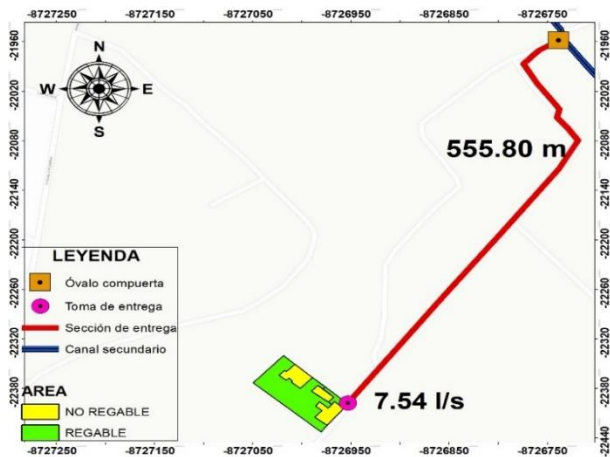
Usuario	Cultivos	Superficie (Ha)	Total (Ha)
7	Pasto	0.03	0.18
	Ornamental	0.03	
	Cítricos	0.08	
	Construcción	0.04	
8	Maíz	0.04	0.15
	Pasto	0.02	
	Aguacate	0.02	
	Construcción	0.08	
9	Ornamental	0.00	0.15
	Cítricos	0.02	
	Alfalfa	0.01	
	Cebolla	0.00	
	Pasto	0.01	
	Aguacate	0.02	
	Maíz	0.03	
	Construcción	0.06	
10	Aguacate	0.13	0.39
	Frutales	0.05	
	Pasto	0.02	
	Cítricos	0.02	
	Maíz	0.03	
	Construcción	0.09	
	Ornamental	0.04	
	Canchas	0.02	
11	Aguacate	0.15	0.72
	Cítricos	0.12	
	Maíz	0.29	
	Pasto	0.05	
	Construcción	0.11	
	Ornamental	0.01	

Anexo 13. Tiempo de riego por usuario.









10. GLOSARIO

(Comisión Internacional de Riego y Drenaje)

Acometida: Es la parte de la instalación que enlaza la red general que está instalada en la calle con la instalación interna general del inmueble. La acometida está formada por una tubería principal y tres válvulas o llaves de servicio (FLC, 2010).

Evapotranspiración (ET): La pérdida total de vapor de agua por evaporación y transpiración de una superficie con vegetación durante un período determinado. Incluye la evaporación del agua del suelo, del rocío y de la precipitación interceptada, así como la transpiración de las plantas. Puede expresarse como la tasa total o media en unidades de masa o volumen por unidad de área o como una profundidad de agua equivalente para el período en cuestión. (ICID - CIID, 2009).

Evapotranspiración de referencia (ET_o): Es la evapotranspiración que produce una superficie extensa de hierba que cubre totalmente el suelo, con una altura de unos 10-15 centímetros, sin falta de agua y en pleno crecimiento. Con ella se evalúan las condiciones climáticas de la zona a la hora de calcular la evapotranspiración de un cultivo (ICID - CIID, 2009).

Bocatoma: Es una estructura hidráulica destinada a derivar parte del agua disponible desde un curso de agua (río, arroyo, o canal), desde un lago o incluso desde el mar (Moreno, 2004).

Canal primario: Subdivisión del canal principal del cual los distribuidores obtienen sus suministros. Normalmente, ni el canal principal ni los laterales tienen salidas de campo. Los laterales para grandes áreas pueden estar subdivididos en laterales y sub laterales principales (ICID - CIID, 2009).

Canal principal: Un canal que recibe sus suministros de las obras de cabecera y, a su vez, suministra agua a los laterales, canales de derivación o distribuidores (ICID - CIID, 2009).

Caudal: Cantidad de agua que mana o corre. Con esta acepción del DRAE, no es sinónimo de gasto (ICID - CIID, 2009).

Coefficiente de uniformidad (CU): Índice que permite estimar la forma en que el agua se infiltra en el suelo. Cuanto más parecida sea la cantidad de agua que se ha infiltrado en todos los puntos de la parcela, mayor será la uniformidad en la distribución del agua infiltrada (Arcas *et al.*, 2016).

Compuerta: Elemento de control en la distribución del agua de riego que permite derivar el agua de un canal o acequia (ICID - CIID, 2009).

Distributivos o canales secundarios: canales que reciben suministros del canal principal o laterales o de sus sucursales y que suministran agua a los menores, así como a ciertos puntos de venta (ICID - CIID, 2009).

Drenaje: Avenamiento, desagüe (ICID - CIID, 2009).

Eficiencia: 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 (ICID - CIID, 2009).

Estructuras de entrega: todas las estructuras (canales o tuberías y sus obras correspondientes, tales como tomas, distribuidores, caídas, estructuras de descarga, etc.) que aseguran la entrega de agua a las tierras irrigadas desde el canal principal (ICID - CIID, 2009).

Estructuras de transporte o estructura hidráulica: estructuras construidas para ayudar a proporcionar un control general y el transporte del flujo desde las estructuras de admisión hasta el área a irrigar (ICID - CIID, 2009).

Canales terciarios: canales que reciben suministros de los distribuidores y suministran agua a los sub-menores de edad, así como a ciertas salidas de irrigación (ICID - CIID, 2009).

Área de riego: área compacta con un punto de entrega de agua común, que corresponde a los lotes de los usuarios de una sola ACU. Los términos módulo de riego o (superficie e infraestructura) y ACU (organización de usuarios) se usan indistintamente. Por lo común, la superficie de un módulo de riego varía entre 3,000 y 10,000 ha, aunque existen excepciones en ambos extremos (ICID - CIID, 2009).

Óvalo: Infraestructura construida en el canal principal para repartir la cantidad de agua que le corresponde, por concesión, a cada sector de riego (Tapia, 2002).

Precipitación: El total de partículas acuosas medibles de todas las formas de caída de la atmósfera, incluidos el rocío, la lluvia, la niebla, la nieve, el granizo y el granizo, generalmente se expresa como la profundidad del agua líquida en un punto determinado durante un tiempo determinado (ICID - CIID, 2009).

Ramal: Un canal artificial para transportar agua que puede usarse para fines de navegación o para transportar agua para irrigación, doméstica o industrial, etc (ICID - CIID, 2009).

Sección de riego: Conjunto de lotes que riegan por un punto de control común, con superficies entre 500 y 2,500 ha (ICID - CIID, 2009).

Sobre irrigación: Riego que excede los requisitos reales, ya sea debido a dosis excesivas de agua o a un intervalo de riego insuficiente o a una sobreestimación de los requisitos (menor evapotranspiración o más precipitación de lo normal). Puede causar la lixiviación de nutrientes o sales de un suelo suficientemente drenado, o la inundación de suelos mal drenados (ICID - CIID, 2009).

Tomas: Elementos de distribución del agua de riego a través de los cuales se podrá abrir o cortar el paso del agua, permitiendo así el control y reparto de agua (ICID - CIID, 2009).

Uso (de agua): Empleo de agua haciéndola servir para algo. Así, en el caso del riego, para el sustento de las plantas.

Usuario: El Art. 67 de la LORHUYA, señala: "...los usuarios del agua son personas naturales, jurídicas, Gobiernos Autónomos Descentralizados, entidades públicas o comunitarias que cuenten con una autorización para el uso y aprovechamiento del agua...". Art. 67, Ley de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua, 2014 (LORHUYA, 2014).

Vertedero: Estructura que se instala de forma permanente o provisional para medir el caudal de agua que pasa por un determinado punto de la red de riego (ICID - CIID, 2009).