



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**REDISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE RIEGO CHUCHUCHIR EN LA
PARROQUIA SARAGURO, CANTÓN SARAGURO, PROVINCIA DE LOJA**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingenieras Civiles

AUTORAS: Jadira Estefanía Cando Quiroga
Silvia Eugenia Cango Puchaicela
TUTORA: María Gabriela Soria Pugo

Quito - Ecuador

2023

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotras, Jadira Estefanía Cando Quiroga con documento de identificación N° 1720116357 y Silvia Eugenia Cango Puchaicela con documento de identificación N° 1150489290; manifestamos que:

Somos las autoras y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 31 de mayo del 2023

Atentamente,



Jadira Estefanía Cando Quiroga

1720116357



Silvia Eugenia Cango Puchaicela

1150489290

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotras, Jadira Estefanía Cando Quiroga con documento de identificación N° 1720116357 y Silvia Eugenia Cango Puchaicela con documento de identificación N° 1150489290; expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autoras del Proyecto Técnico: “Rediseño hidráulico del Sistema de riego Chuchuchir en la Parroquia Saraguro, Cantón Saraguro, Provincia de Loja”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingenieras Civiles, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca del Campus Sur de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Quito.

Quito, 31 de mayo del 2023

Atentamente,



Jadira Estefanía Cando Quiroga

1720116357



Silvia Eugenia Cango Puchaicela

1150489290

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, María Gabriela Soria Pugo con documento de identificación N° 1803981214, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: REDISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE RIEGO CHUCHUCHIR EN LA PARROQUIA SARAGURO, CANTÓN SARAGURO, PROVINCIA DE LOJA, realizado por Jadira Estefanía Cando Quiroga con documento de identificación N° 1720116357 y Silvia Eugenia Cango Puchaicela con documento de identificación N° 1150489290, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 31 de mayo del 2023

Atentamente,



Ing. María Gabriela Soria Pugo, MSc.
1803981214

DEDICATORIA

Esta tesis va dedicada a Dios, por darme salud y fortaleza en mis momentos más difíciles para lograr esta meta.

A mis padres Luis Cando y Narsisa Quiroga quienes me dieron la vida y que, con sus sacrificios, sus sabios consejos y amor han sido un gran pilar para conseguir mis objetivos.

A mi hermana Jennifer Cando quien ha sido el motivo de mi perseverancia para dar siempre lo mejor de mi como ejemplo de hermana mayor y mi gran motivación para terminar esta carrera.

A mis padrinos José Campos y Carmen Juca quienes he considerado mis segundos padres, han sido mi mayor inspiración ya que han creído en mí siempre, dándome ejemplo de superación y humildad.

Jadira Cando

El presente trabajo está dedicado a mis padres María Rosa Puchaicela y Manuel de Jesús Cango, que, con su ejemplo de esfuerzo, su apoyo incondicional, su paciencia, apoyo económico, y su cariño, pude hacer realidad esta meta.

Para mis hermanos, Lauro, Pedro, Zoila, María, y Ángel Cango Puchaicela, que han estado presentes en el transcurso de mi vida, apoyándome tanto económica como moralmente, siendo fuentes de motivación para cumplir cada uno de mis sueños.

A ellos les dedico el presente trabajo como muestra de cariño, afecto, paciencia, confianza y amor.

Silvia Cango

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a Dios, por darme vida, valor y fortaleza para seguir adelante ante las adversidades presentadas y así cumplir con mis metas.

Infinitas gracias a mi familia, especialmente a mis padres Luis Cando y Narsisa Quiroga por brindarme siempre su apoyo incondicional tanto económico como moral e inculcarme a luchar por mis sueños ya que con sus consejos me han permitido alcanzar este gran logro. A mi hermana Jennifer Cando quien ha sido una inspiración en este proceso académico y por automotivarme a ser un ejemplo a seguir. A mi abuelita María Chimbo por darme cariño, confianza y tenerme en sus oraciones.

Un especial agradecimiento a mi tutora Ing. Gabriela Soria quien aceptó el reto de ser mi guía durante del desarrollo de mi tesis. A mis amigos y compañeros por la confianza que siempre depositaron en mí, y que a lo largo del camino universitario me apoyaron en los malos y buenos momentos.

Finalmente quiero agradecer a las comunidades de Saraguro, por su agradable recibimiento y ayudarnos con su aporte en la recopilación de la información para llevar a cabo este proyecto y permitirnos aplicar nuestros conocimientos.

Jadira Cando

Dejo constancia de mis sinceros agradecimientos al personal docente, administrativo y de servicio de la Universidad Politécnica Salesiana, de manera especial a mis profesores quienes nos supieron impartir sus valiosos conocimientos durante todo el proceso académico, a mi tutora de tesis, Ing. Gabriela Soria quien nos supo orientar en la elaboración de la presente tesis.

A mis queridos padres y hermanos quienes estuvieron alentándome, y apoyándome hasta lograr cumplir cada uno de mis objetivos.

A mi amiga y compañera de tesis, Jadira Cando, que aceptó lanzarse a esta nueva experiencia.

Agradezco a todos mis amigos y compañeros, que de diferentes maneras han sido parte fundamental en mi vida y en la culminación de esta meta, su apoyo, cariño, paciencia, y confianza que han depositado en mí han sido esenciales.

Y finalmente a los dirigentes de la Junta de riego Chuchuchir, usuarios y todas aquellas personas que nos han ayudado en el proceso investigativo, mismo que ha sido elemental para la realización del presente proyecto.

Silvia Cango

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I	1
ANTECEDENTES Y GENERALIDADES	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Problema.....	1
1.2.1 Antecedentes	1
1.2.2 Importancia y alcance.....	2
1.2.3 Delimitación	3
1.3 Justificación.....	4
1.4 Objetivos	5
1.4.1 Objetivo General	5
1.4.2 Objetivos Específicos	5
CAPÍTULO II	6
MARCO TEÓRICO	6
2.1 Marco Legal	6
2.2 Supervisión del sistema	6
2.3 Resolución administrativa existente	6
2.3.1 Datos técnicos	7
2.3.2 Conclusiones	8
2.4 Proyección demográfica	9
2.5 Producción agrícola.....	9
2.6 Hidrología.....	9
2.6.1 Déficit Hídrico.....	10
2.7 Meteorología	11
2.7.1 Precipitación.....	11

2.7.2	Temperatura.....	11
2.7.3	Humedad relativa	11
2.7.4	Velocidad del viento.....	12
2.7.5	Heliofanía	12
2.8	Suelo.....	12
2.8.1	Capacidad de campo.....	13
2.8.2	Punto de marchitez	13
2.8.3	Humedad disponible.....	13
2.9	Diseño agronómico.....	14
2.9.1	Evaporación.....	14
2.9.2	Transpiración:.....	14
2.9.3	Evapotranspiración.....	14
2.9.4	Programación de Riego	17
2.9.5	Precipitación Efectiva o precipitación útil	17
2.9.6	Balance hídrico.....	18
2.10	Diseño hidráulico	22
2.10.1	Periodo de diseño	22
2.10.2	Diseño de conducciones a flujo libre	22
2.10.3	Diseño de conducciones a presión.....	27
2.10.4	Cámaras rompe presión	32
2.10.5	Red de distribución para riego.....	36
2.10.5.2	<i>Grupos de bombeo</i>	38
2.10.6	Estructuras de Almacenamiento.....	41
2.11	Diseño estructural del tanque reservorio	45
CAPÍTULO III.....		47
LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN		47
3.1	Obra de captación.....	47

3.2	Línea de conducción.....	47
3.3	Reservorios.....	48
3.4	Tanques de repartición.....	49
3.5	Levantamiento topográfico.....	51
3.5.1	Levantamiento topográfico mediante GPS portátil.....	51
3.5.2	GPS Portátil Garmin.....	51
3.5.3	GPS diferencial o DGPS.....	52
3.5.4	Métodos para la medición con GPS.....	53
3.5.5	Método estático.....	53
CAPÍTULO IV.....		55
METODOLOGÍA DE DISEÑO DEL SISTEMA.....		55
4.1	Diseño Agronómico.....	55
4.1.1	Relación Suelo – Agua.....	55
4.1.2	Características del Cultivo.....	56
4.1.3	Cálculo de la evapotranspiración potencial.....	56
4.1.4	Evapotranspiración del cultivo.....	59
4.1.5	Precipitación efectiva.....	62
4.1.6	Balance hídrico.....	63
4.1.7	Demanda neta y demanda bruta.....	67
4.1.8	Tiempo de riego por cultivo.....	72
4.1.9	Caudal de riego.....	73
4.2	Diseño Hidráulico.....	75
4.2.1	Diseño del canal.....	75
4.2.2	Diseño de la tubería de conducción.....	79
4.2.3	Diseño de las cámaras rompe presión.....	84
4.2.4	Diseño del reservorio de hormigón armado.....	86
4.2.5	Diseño Estructural.....	91

4.3	Interpretación de resultados.....	98
	CONCLUSIONES.....	99
	RECOMENDACIONES	100
	BIBLIOGRAFÍA.....	101
	ANEXOS.....	104

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ubicación de las fuentes solicitadas.	7
Tabla 2. Datos hidrométricos de la fuente.	7
Tabla 3. Datos hidrométricos del canal.....	7
Tabla 4. Proyección demográfica de la parroquia.....	9
Tabla 5. Déficit hídrico del cantón Saraguro	11
Tabla 6. Humedad en función del tipo de suelo.....	13
Tabla 7. Borde libre en función del caudal.	23
Tabla 8. Relación d/b para canales rectangulares	25
Tabla 9. Porcentaje de pérdidas de caudales en canales	25
Tabla 10. Tipo de suelo vs Coeficiente de permeabilidad	26
Tabla 11. Coeficiente de Chow.....	29
Tabla 12. Coeficiente K para pérdidas menores en accesorios.....	32
Tabla 13. Pluviometría del aspersor en función de la textura del suelo.....	40
Tabla 14. Volumen máximo de agua aplicable según la textura del suelo	41
Tabla 15. Constante de la capacidad del tanque de almacenamiento.	45
Tabla 16. Ubicación de los reservorios	49
Tabla 17. Ubicación de los tanques de repartición por tramo.....	50
Tabla 18. Profundidad efectiva de las raíces de algunos cultivos.....	55
Tabla 19. Fases de desarrollo de los cultivos.....	56
Tabla 20. Cuadro Resumen obtención del factor climático mensual.....	57
Tabla 21. Descripción de la velocidad del viento	59
Tabla 22. Evapotranspiración potencial mensual	59
Tabla 23. Cálculo de coeficiente de cultivo	61
Tabla 24. Precipitación efectiva.....	62
Tabla 25. Balance hídrico del pasto	64
Tabla 26. Balance hídrico del Maíz duro	64

Tabla 27. Balance hídrico de la Lechuga	65
Tabla 28. Balance hídrico de la Col	65
Tabla 29. Balance hídrico de la Coliflor	66
Tabla 30. Balance hídrico de la papa en 150 días	66
Tabla 31. Balance hídrico de la Zanahoria	67
Tabla 32. Balance hídrico de la Col	67
Tabla 33. Eficiencia de aplicación del agua para diferentes sistemas de riego	68
Tabla 34. Demanda bruta para cada tipo de cultivo.....	69
Tabla 35. Lámina neta de riego y lámina bruta.....	70
Tabla 36. Intervalo de riego	71
Tabla 37. Necesidad hídrica ajustada.....	71
Tabla 38. Tiempo de riego para cada cultivo.....	72
Tabla 39. Áreas de riego por sector	73
Tabla 40. Caudal necesario de diseño	75
Tabla 41. Tipo de suelo vs Coeficiente de permeabilidad.....	78
Tabla 42. Caudales por tramo	80
Tabla 43. Diámetro de la tubería a presión	80
Tabla 44. Velocidades y diámetros de diseño.....	81
Tabla 45. Presiones máximas para cada tramo en la línea de conducción.....	82
Tabla 46. 85Diseño de la cámara rompe presión.	85
Tabla 47. Dimensionamiento y niveles de regulación del tanque de almacenamiento.....	89
Tabla 48. Cálculo hidráulico de la tubería de desagüe del tanque de almacenamiento.....	89
Tabla 49. Longitud equivalente de la tubería de desagüe del tanque de almacenamiento.....	90
Tabla 50. Tiempo de vaciado del tanque de almacenamiento.	91
Tabla 51. Datos para el diseño estructural	91
Tabla 52. Cargas actuantes sobre la losa.....	92
Tabla 53. Valores de diseño para los muros	94

Tabla 54. Resumen del diseño de los muros	96
Tabla 55. Resumen del diseño de la losa de fondo	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Delimitación de la red principal del sistema de riego.	3
Figura 2. Déficit hídrico del cantón Saraguro.....	10
Figura 3. Relación agua - suelo - planta - clima	12
Figura 4. Evapotranspiración	15
Figura 5. Forma geométrica del canal de riego	24
Figura 6. Esquema de un conducto sencillo	28
Figura 7. Aspersores	37
Figura 8. Forma Geométrica del Reservorio	43
Figura 9. Obra de captación.....	47
Figura 10. Tubería de PVC	48
Figura 11. Reservorio	49
Figura 12. Tanque de distribución	50
Figura 13. GPS Portátil Garmin.....	52
Figura 14. GPS Diferencial.....	53
Figura 15. Precipitación de ETo Blancy-Criddle.....	58
Figura 16. Coeficiente de cultivo.....	60
Figura 17. Kc inicial en función de Eto	61
Figura 18. Áreas de riego por sector	74
Figura 19. Ubicación del tramo 1, canal de riego a superficie libre.	76
Figura 20. Esquema de los diferentes tramos de tubería del proyecto.	83
Figura 21. Dimensiones de la cámara rompe presión.	86
Figura 22. Ubicación del nuevo tanque reservorio.	87
Figura 23. Momentos actuantes sobre los muros y losa	93
Figura 24. Cortantes sobre los muros y losa.....	93

RESUMEN

A razón del cambio en el clima por diversos factores como el calentamiento global, el diseño y construcción de proyectos de riego para varios tipos de cultivos como: maíz, papas y alverja, es cada día más común, además el sistema actual fue construido hace un tiempo bastante largo, se ha planteado que el actual trabajo de titulación tiene como objetivo principal rediseñar el sistema de riego “CHUCHUCHIR EN LA PARROQUIA SARAGURO” implementado las obras hidráulicas de almacenamiento y regulación necesarias. Con el rediseño de todos los tramos del canal de conducción, se intervendrá y mejorará las condiciones físicas para el transporte de caudal, de igual forma, con el establecimiento de un tanque de almacenamiento de distribución asegurando los caudales que requieren los cultivos de la zona. Con una dotación de servicio de 45.57 l/s- controlada por la entidad a cargo del ministerio del Ambiente y Agua (Urdaneta-Oña), el caudal que se entrega y cubre las 175.5 hectáreas del área de riego cultivable pertenecen a 428 usuarios.

Palabras claves:

Sistema De Riego / Obras Hidráulicas / Reservorio de hormigón armado / Margen De Riego / Riego por aspersión

ABSTRACT

Because of the change in climate due to various factors such as global warming, the design and construction of irrigation projects for various types of crops such as: corn, potatoes and peas, is becoming more common every day, in addition the current system was built a fairly long time ago, it has been proposed that the current titling work has as its main objective to redesign the irrigation system "CHUCHUCHIR IN THE PARISH SARAGURO" implemented the hydraulic works of storage and regulation necessary. With the redesign of all the sections of the conduction channel, the physical conditions for the transport of flow will be intervened and improved, in the same way, with the establishment of a distribution storage tank ensuring the flows required by the crops in the area. With a service endowment of 45.57 l / s - controlled by the entity in charge of the Ministry of Environment and Water (Urdaneta-Oña), the flow that is delivered and covers the 175.5 hectares of the arable irrigation area belong to 428 users.

Keywords:

Irrigation system / Hydraulic works / Reinforced concrete reservoir / Irrigation margin
/ Sprinkler irrigatio

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES Y GENERALIDADES

1.1 Introducción

Los sistemas de riego son un grupo de estructuras hidráulicas destinadas a conducir el caudal desde la captación hasta la zona de cultivo a través de tuberías o canales.

El riego es un componente esencial del desarrollo agrario sustentado. El sistema de riego Chuchuchir de la parroquia Saraguro, cantón Saraguro, provincia de Loja está formado por un canal de riego, y un sistema de tuberías a presión que transporta el agua hacia los aspersores y de estos sale el agua en forma de lluvia para regar las parcelas de cultivos de cada usuario.

El presente proyecto, realizará la evaluación y rediseño de los componentes del sistema de riego, utilizando como base los estudios complementarios de ingeniería tales como: Estudios Topográficos, realizado por el equipo de trabajo, Hidrológicos e Hidráulicos, Estructurales entregados por la Junta de riego de Chuchuchir.

1.2 Problema

1.2.1 Antecedentes

En la parroquia Saraguro se encuentra una alta población de agricultores y ganaderos por lo que el sistema de riego es un requerimiento sustancial para este sector, por esta razón se ha visto la necesidad de mejorar el sistema de riego Chuchuchir, el cual es indispensable para la producción agrícola y ganadera en cualquier temporada del año. Actualmente se ha identificado deficiencia en el diseño y funcionamiento de la red al no tener los collarines en la rama principal del sistema mismos que son indispensables para la instalación de válvulas y derivación de ramales. Adicionalmente, los sectores ubicados en cotas bajas no cuentan con la suficiente cantidad agua.

El problema se ha suscitado desde hace varios años y las instituciones y grupos a cargo no han elaborado un seguimiento al problema, sin embargo, al presentarse algún daño físico, si se ha realizado el mantenimiento requerido.

1.2.2 Importancia y alcance

El sistema de riego Chuchuchir abastece a varios sectores, con un total de 428 usuarios, y un área regante de 175.5 ha, desde hace tiempo atrás se ha podido notar un déficit de caudal para algunos sectores, especialmente los que se encuentran en las cotas bajas, mismos que no cuentan con suficiente caudal para cubrir sus necesidades de producción, por esta razón es necesario realizar una búsqueda de la causa de estos inconvenientes para proponer la solución de dicho problema.

Se percibe dos posibles razones por las que surge el desabastecimiento de agua, las cuales son: La incorrecta distribución y el inadecuado diseño de la red.

Cabe mencionar que el caudal autorizado del río Sinincapa en la captación ubicada en el sector La Torre, según la demanda aprobada en el año 2018, es de 121.1995 l/s del cual se capta solo de 32 l/s. (*PERMISO USO AGUA CHUCHUCHIR.Pdf*, n.d.).

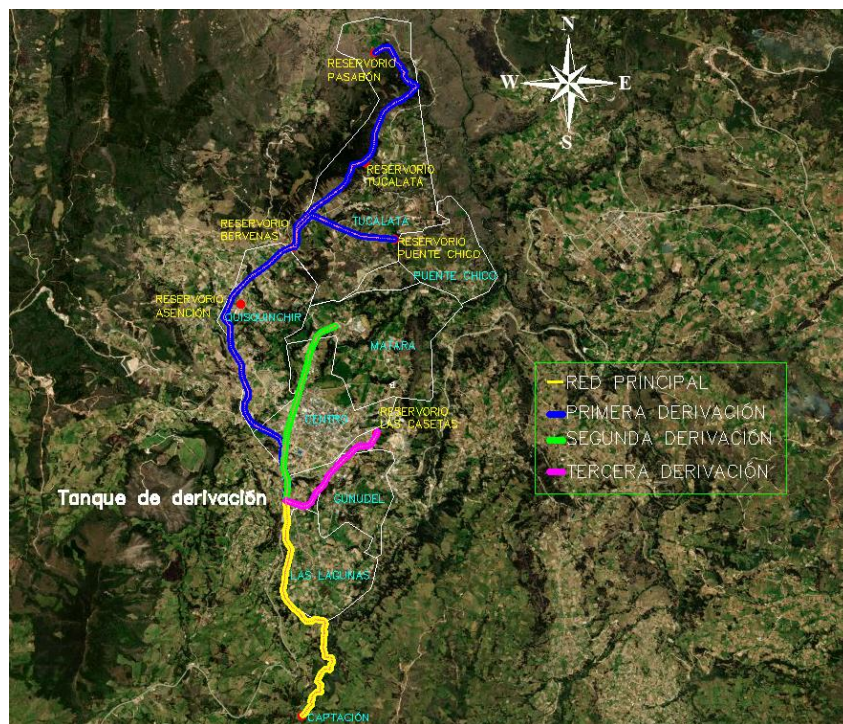
Se prevé que, al realizar el rediseño de la red principal, la cual conduce el caudal hacia los reservorios de distintos sectores de este proyecto (figura 1), disminuya notablemente los problemas actuales a causa de la escasez de caudal, y, de esta forma mitigar los problemas que, en caso de los agricultores son pérdidas de productos al secarse por falta de agua y en el caso de ganaderos deben migrar hacia los cerros en búsqueda de pastos frescos para sus animales y así mejorar la productividad de las tierras y a su vez aumentar la producción de alimentos.

1.2.3 Delimitación

El sistema de riego Chuchuchir se encuentra en el cantón Saraguro, parroquia Saraguro, provincia de Loja, la bocatoma de este sistema está ubicado en el sector Shigtahuaico, la red principal cruza por la parte oeste de la comunidad de “Las Lagunas” hasta el sector San Vicente, lugar donde se encuentra el último tanque de la red principal, dicho tanque contiene 3 derivaciones hacia diferentes reservorios, siendo la primera destinada hacia los sectores de: Quisquinchir, Tucalata, y Puente Chico, la segunda derivación conducida hacia: El Centro y La Matara, por último, la tercera, se dirige hacia: Las Lagunas y Gunudel, como se muestra en la Figura 1 a continuación:

Figura 1.

Delimitación de la red principal del sistema de riego.



Nota. El inicio de la red se encuentra en el sector Shigtahuaico y sus derivaciones llegan hacia los diferentes reservorios hasta el sector Pasabón. Elaborado por: Las Autoras.

1.3 Justificación

El rediseño de la red principal de agua para riego permitirá dotar el caudal suficiente a varios sectores ya que actualmente algunos tienen el problema de escasez, principalmente en las comunidades bajas ya que no hay una distribución equitativa entre ellas y no cuentan con suficiente caudal para riego tanto para actividades agrícolas como ganaderas. Al observar cómo las personas afectadas sufrían las consecuencias de déficit de caudal, este proyecto surge para satisfacer esta necesidad.

El presente trabajo beneficia a todos los miembros del sistema de riego, los mismos que están identificados por sectores como son: Las Lagunas, Centro urbano, Gunudel-Gulacpamba, La Matara, Quisquinchir, Tucalata-Bervenias, Puente Chico, Apuguín, con una cantidad de 428 usuarios.

En la actualidad no se cuenta con normativa vigente para el desarrollo de este tipo de proyectos, y el diseño no presenta una distribución equitativa, por lo que algunas comunidades no disponen de suficiente caudal para sus actividades agrícolas y ganaderas. Se planteará una mejor distribución y un diseño teniendo en cuenta los parámetros de diseño establecidos en normativa nacional y sus respectivas referencias a normativa internacional, con la finalidad de que los usuarios dispongan de suficiente agua, en el caso de los agricultores podrán cultivar sus productos ya sea para comercialización o consumo, y los ganaderos podrán mejorar sus pastos, disminuyendo así la migración hacia otros sectores.

Actualmente, se dispone del apoyo por parte de los usuarios y de la Junta General del Sistema de Agua Chuchuchir. La misma que ayudará con la información de sobre el número de usuarios de cada sector y su área de riego. Se cuenta con el apoyo del canalero quien trabaja en la junta de riego Chuchuchir, persona que ayudará con el recorrido y ubicación de los collarines y ramales tanto principales como secundarios, etc.

Se prevé que el rediseño a realizarse se ejecute inmediatamente en beneficio de los sectores y comunidades consumidoras del sistema de riego, y tendrá un periodo de vida útil de 30 años.

1.4 Objetivos

1.4.1 *Objetivo General*

Rediseñar el sistema de riego de Chuchuchir, aplicando las normativas vigentes, para mejorar el funcionamiento y la distribución del agua.

1.4.2 *Objetivos Específicos*

Realizar el levantamiento topográfico de las redes principales con ayuda del GPS diferencial y actualización de datos sobre las áreas regantes actuales con el uso del GPS garmin para la recopilación de datos de su distribución y la ubicación de los collarines con sus respectivas cotas.

Realizar un análisis del diseño actual del sistema de distribución principal de riego, a través de los planos e información facilitados por parte de la Junta General del Sistema de Agua Chuchuchir, para identificar los problemas del funcionamiento.

Realizar el rediseño del sistema de distribución principal de riego, aplicando las guías o manuales actualizados, para solucionar los problemas de déficit de caudal.

Diseñar un reservorio en la comunidad de Quisquinchir usando las normativas vigentes con la finalidad controlar la cantidad y la calidad de agua que distribuye de forma equitativa a dicho sector.

Nota: los dos últimos objetivos han sido reconfigurados para apearse más a la realidad del proyecto, ya que en primer lugar no se cuenta con una norma para el diseño de canales de riego en el Ecuador; mientras que el cambio de diseño de un paso elevado por un reservorio corresponde a un reajuste de las prioridades planteadas por la población y la junta de agua de Chuchuchir.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Marco Legal

El proyecto se enmarca en “ (Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua)”, donde se indica los siguientes artículos relevantes:

Artículo 1.- Naturaleza jurídica. Los recursos hídricos son parte del patrimonio natural del Estado y serán de su competencia exclusiva, la misma que se ejercerá concurrentemente entre el Gobierno Central y los Gobiernos Autónomos Descentralizados, de conformidad con la Ley.

Artículo 40.- Principios y objetivos para la gestión del riego y drenaje. El riego y drenaje es un medio para impulsar el buen vivir o sumak kawsay. La gestión del riego y drenaje se regirán por los principios de redistribución, participación, equidad y solidaridad, con responsabilidad ambiental.

2.2 Supervisión del sistema

La junta general de usuarios del sistema de riego “Chuchuchir” es el ente encargado de la operación, mantenimiento y administración de la red de riego. Esta unidad se estableció para promover una mejor gestión de los recursos hídricos, la administración y el control de la infraestructura hídrica.

2.3 Resolución administrativa existente

En el proceso 1195 CNRH, mediante resolución del 07 de mayo de 1999.- Las 14H30, se autoriza a favor de la Subcomisión Ecuatoriana de la Comisión Mixta Ecuatoriano - Peruana para el Aprovechamiento de las Cuencas Hidrográficas Binacionales Puyango Tumbes y Catamayo - Chira -REDESUR aguas provenientes del río Sinincapa para riego de cultivos, en

el sector de La Torre, parroquia y cantón Saraguro, provincia de Loja. (Secretaria del Agua "Demarcación Hidrográfica Jubones", 2018)

2.3.1 Datos técnicos

Los datos técnicos de la fuente solicitada se dan a continuación:

2.3.1.1 Ubicación de las fuentes solicitadas

Tabla 1.

Ubicación de las fuentes solicitadas.

Fuente	Cota	X	Y	Sector, Parroquia, Canto, Provincia
Rio Sinincapa	2614	695470	9596414	La Torre, Saraguro, Saraguro, Loja

Nota. Ubicación de la fuente. Fuente: (Secretaria del Agua "Demarcación Hidrográfica Jubones", 2018).

2.3.1.2 Evaluación hidrométrica de las fuentes solicitadas

Tabla 2.

Datos hidrométricos de la fuente.

Fuente	Caudal Autorizado	Caudal Aforado	Caudal Persistencia	Caudal Ecológico	Caudal Disponible
Rio Sinincapa	l/s 32,00	l/s 393,82	l/s al 70% 2755,68	l/s al 50% 137,84	l/s 137,84

Nota. Muestra los caudales existentes de la fuente. Fuente: (Secretaria del Agua "Demarcación Hidrográfica Jubones", 2018).

2.3.1.3 Características hidráulicas del canal Chuchuchir.

Tabla 3.

Datos hidrométricos del canal.

Acueducto	Radio Hidráulico	Máxima Capacidad Hidráulica	Caudal circulante
Canal Chuchuchir	m2 0,136	l/s 158.40	l/s 136

Nota. Muestra los datos hidrométricos del canal existente. Fuente: (Secretaría del Agua "Demarcación Hidrográfica Jubones", 2018)

En el documento (Trámite: No. 1195 - Renovación, 2018) se indica lo siguiente respecto a la demanda hídrica “en consideración la precipitación, heliofanía y tipo de suelo calculándose una dotación de 1,30 l/s/ha para riego por gravedad”.

Datos resultantes

Riego: 1,00 l/s/ha.

Área: 121,1995 has.

Caudal requerido: 121,1995 l/s.

Caudal existente: 275,6754 l/s.

Caudal Total Requerido: 121,1995 l/s.

Caudal a autorizar: 121,1995 l/s.

El área susceptible de riego es: 121,1995 ha,

Topografía: regular, con una gradiente que varía del 2,0 al 10,0 %, para pastizales.

2.3.2 Conclusiones

En el documento (Trámite: No. 1195 - Renovación, 2018) se indica que “Para cubrir con los requerimientos hídricos señalados, se vienen aprovechando las aguas del río Sinincapa de acuerdo a la resolución administrativa con fecha 07 de mayo de 1999.- Las 14H30. 2. Del estudio técnico se concluye que por existencia de recurso y no haberse modificado las condiciones de la resolución administrativa con fecha 07 de mayo de 1999.- Las 14H30, si se puede renovar con modificación de incremento de caudal la autorización del uso de las aguas Sinincapa a favor de los señores Rafael Guamán Andrade y Ángel Berrú en calidades de

presidentes y secretario Encargado de la Junta General del Sistema de Riego Chuchuchir”.
(Secretaria del Agua "Demarcación Hidrográfica Jubones", 2018)

2.4 Proyección demográfica

De acuerdo con (GAD SARAGURO) A partir de 2010, año del censo de población y vivienda, el condado de Saraguro tendrá una población de 33,506 en 2020, distribuida entre las parroquias rurales y urbanas del condado. A continuación, se muestra una proyección detallada de la parroquia.

Tabla 4.

Proyección demográfica de la parroquia.

Año	Año	Año	Año	Año	Año	Año	Año	Año	Año	Año
2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
9437	9514	9587	9657	9724	9787	9846	9901	9952	9999	10041

Nota. Muestra estimaciones de la población futura de Saraguro. Fuente: (Secretaria del Agua "Demarcación Hidrográfica Jubones", 2018).

2.5 Producción agrícola

Los tres cultivos más productivos concentran el 80,72% del área sembrada en el país; la distribución es la siguiente: maíz suave seco y maíz 38,63%, frijol seco y vaina 29,83% y plantaciones de cebolla producidas en las parroquias de Sumaypamba, Yúluc, Lluzhapa y Manú 12-27%. Otros cultivos importantes son el frijol con un 5,45% de rendimiento, la caña de azúcar con un 5,14%, el trigo con un 4,57%, los cultivos perennes con un 2,47% de los cuales el café, el cacao, los cítricos, etc. y cultivos de corta duración con 1,64% (arveja y yuca) (GAD SARAGURO, 2015).

2.6 Hidrología

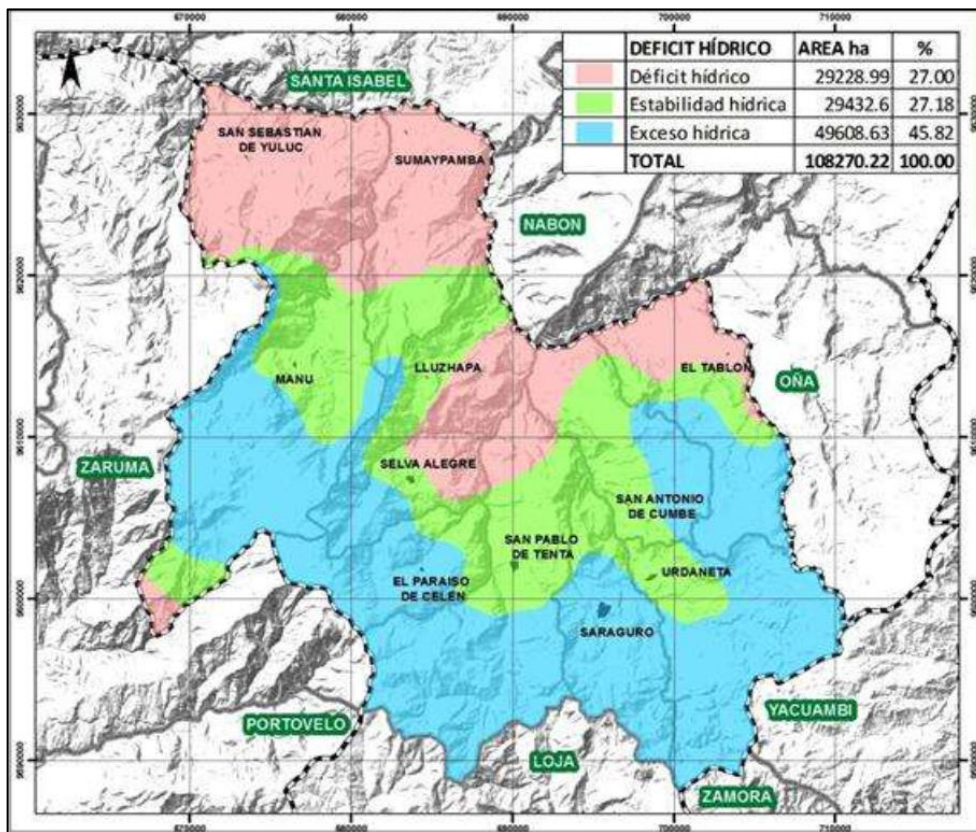
Para diseñar correctamente el proyecto, es necesario analizar ciertas características climáticas que permitan obtener resultados precisos en la descripción detallada.

2.6.1 Déficit Hídrico

La cuantificación de las pérdidas es fundamental para calcular la capacidad de agua disponible en el suelo que las plantas utilizan para su crecimiento y producción. A diferencia de la precipitación, permite determinar las necesidades de riego o drenaje de un área específica y se convierte así en una variable indispensable en la investigación. (GAD SARAGURO, 2015).

Figura 2.

Déficit hídrico del cantón Saraguro



Nota. Se observa las áreas de déficit hídrico en el cantón Saraguro. Fuente: (GAD SARAGURO, 2015).

Tabla 5.

Déficit hídrico del cantón Saraguro

Colorimetría	Caracterización	Área (ha)	Porcentaje (%)
	Déficit hídrico	29228.99	27.00
	Estabilidad hídrica	29432.60	27.18
	Exceso hídrico	49608.63	45.82
Total		108270.22	100.00

Nota. Se muestra el área y porcentaje del déficit hídrico del cantón Saraguro. Fuente:

(GAD SARAGURO, 2015)

El proyecto al encontrarse dentro de la parroquia Saraguro, está en una zona de exceso hídrico.

2.7 Meteorología

2.7.1 Precipitación

“Este parámetro debe obtenerse de una estación meteorológica con una larga lista de datos. Los valores se pueden agregar por mes, década o día”(Claro, 1991).

Según los registros de la estación, se puede observar que la precipitación media mensual se inicia en octubre y se prolonga hasta mayo, con máximas precipitaciones en febrero y marzo; en la estación seca, la menor cantidad de precipitación corresponde a julio y agosto.

2.7.2 Temperatura

El clima del área del proyecto es de temperatura moderadamente alta y clima húmedo con una temperatura promedio de (14-18) °C, basado en el análisis de los registros de estaciones meteorológicas agrícolas de 1994 a 2013.

2.7.3 Humedad relativa

Está directamente relacionado con la temperatura, está definido como la cantidad de vapor de agua presente en el aire. La humedad más alta es en febrero y la más baja en agosto.

2.7.4 Velocidad del viento

Las altas velocidades del viento reducirán en gran medida la eficacia del riego por aspersión, lo que también aumentará el valor de la transpiración de las plantas. Agosto tiene un fuerte viento al este, mientras que en marzo los vientos son leves.

2.7.5 Heliofanía

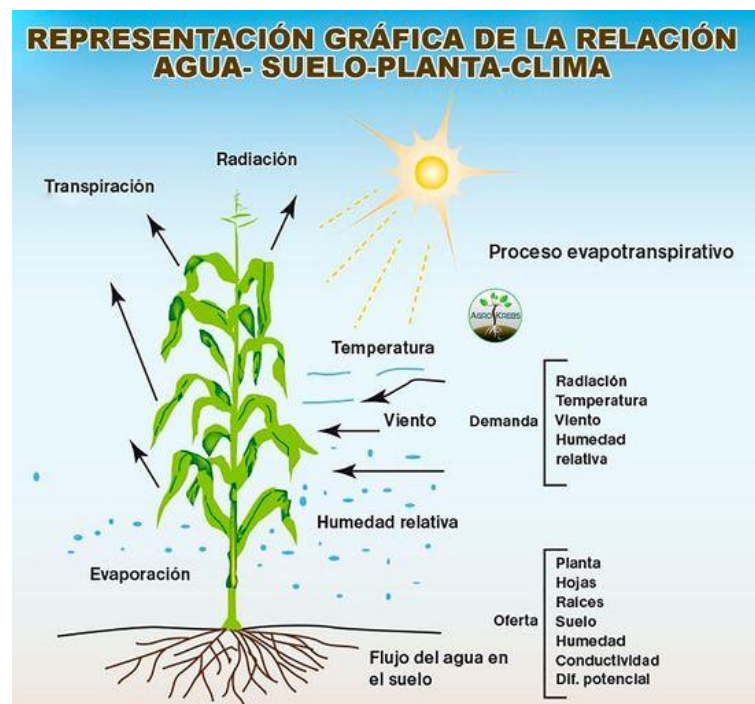
Es el tiempo que permanece el brillo solar, los meses de menor brillo solar son los de febrero y marzo, mientras que los de mayor brillo están en noviembre y diciembre.

2.8 Suelo

El riego adecuado de los cultivos requiere una comprensión de la relación entre el suelo, el agua y los factores relacionados con los cultivos; Con este fin, las características físicas del suelo y la fisiología de las plantas, que a su vez atañan el movimiento del cultivo, deben entenderse y considerarse en el diseño, instalación, operación y seguridad de la red de riego.

Figura 3.

Relación agua - suelo - planta - clima



Nota. Se muestra de forma gráfica y detallada la relación agua-suelo-planta-clima.

Fuente: (Krebs, 2020)

2.8.1 Capacidad de campo

Es el porcentaje de agua que se retiene cuando la tensión es de aprox. 1/3 atm y es un indicador de la mayor cantidad de agua retenida en el suelo después de 2 o 3 días de drenaje libre en condiciones de saturación de agua.

2.8.2 Punto de marchitez

Es el porcentaje de humedad que se mantiene en aprox. 15 atm, donde las plantas no pueden reponer el agua necesaria para realizar sus funciones vitales y sufren un marchitamiento constante. En cuanto al tipo de agua, PMP (Punto Muerto Permanente); es agua que está fuertemente retenida en el suelo por varias fuerzas (gravedad, capilaridad, ósmosis y absorción) que inhiben el uso de agua por parte de las plantas.

2.8.3 Humedad disponible

La humedad disponible es el agua utilizable por las plantas en la zona de crecimiento radicular y puede determinarse mediante la diferencia entre los contenidos de agua a CC y a PMP. A la vez, esta fracción de agua del suelo puede perderse por evaporación o variar con el consumo de las plantas.

Tabla 6.

Humedad en función del tipo de suelo

Textura	Punto de marchitez	Capacidad de campo	Agua disponible
	Agua por metro de profundidad de suelo		
	(mm)	(mm)	(mm)
Arena media	25	100	75
Arena fina	33	125	92
Franco arenoso	50	167	117
Franco arenoso fino	67	217	150
Franco	100	267	167
Franco limoso	117	292	175
Franco arcilloso	150	317	167

Nota. PMP, CC y agua disponible de cada tipo de suelo. Fuente: (Aguirre, 2012).

2.9 Diseño agronómico

Para garantizar una adecuada suplementación de agua, es importante comprender que no todos los cultivos requieren la misma cantidad de agua para su crecimiento y productividad, ya que a medida que las plantas consumen agua, esta se evapora, por lo que es importante comprender el proceso. y transpiración.

2.9.1 Evaporación

La evaporación es un proceso del ciclo hidrológico, ya que se estima que el 75% de la precipitación total anual en los continentes se devuelve a la atmósfera en forma de vapor de agua, ya sea por evaporación directa o por transpiración de las plantas.

Acorde a los datos entregados por la estación, se puede observar que la evaporación más alta se presenta en el mes de noviembre, mientras que la más baja se da en el mes de junio.

2.9.2 Transpiración:

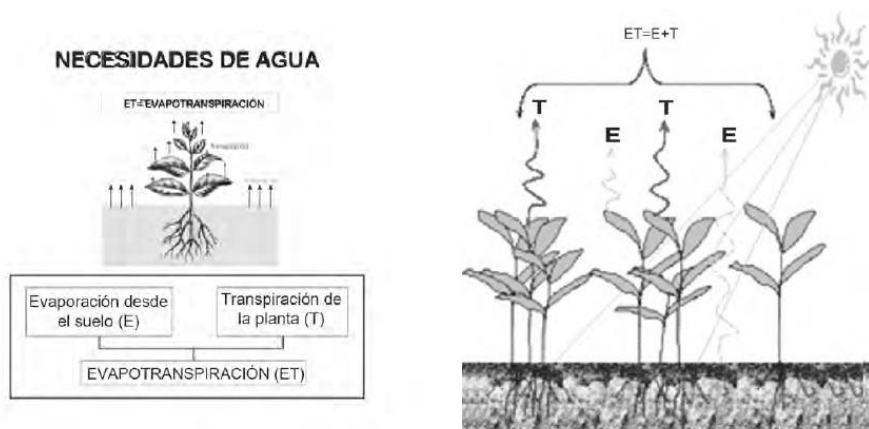
Implica la evaporación de agua líquida en el tejido vegetal, que luego se libera a la atmósfera. Las plantas pierden agua principalmente a través de las estomas. Estas son las pequeñas aberturas en las hojas de la planta a través de las cuales los gases de la planta y el vapor de agua escapan a la atmósfera.

2.9.3 Evapotranspiración

la evapotranspiración: “Es el fenómeno del cual se devuelve el agua a la atmósfera en forma de vapor obedeciendo a dos causas diferentes: la evaporación del suelo y la transpiración de la vegetación que lo cubre” como se muestra en la figura 4.

Figura 4.

Evapotranspiración



Nota. Es la suma del agua transpirada por la planta a través de las estomas y el agua que se evapora desde el suelo hacia la atmósfera. Fuente: (Cadena, 2016).

Para el cálculo de la evapotranspiración se emplea el método de Blaney y Criddle.

2.9.3.1 Evapotranspiración potencial

Es la máxima cantidad de agua consumida, durante un período de tiempo determinado, en un suelo cubierto de una vegetación densa, homogénea, en plena actividad vegetativa y con un buen suministro de agua.

2.9.3.2 Evapotranspiración real

Es la cantidad de agua realmente consumida cuando las condiciones climáticas y del suelo son normales, dichas condiciones varían dependiendo del tiempo. Por lo tanto, cabe mencionar que la evapotranspiración potencial siempre será mayor a la real.

2.9.3.3 Evapotranspiración del cultivo de referencia

“Se denomina así a la tasa de evapotranspiración de una superficie de referencia, que ocurre sin restricciones de agua. La superficie de referencia corresponde a un cultivo hipotético de pasto con características específicas”. (FAO, 2006)

Por otra parte, Fuentes & García (1999), define a la (ET_o) como: “La tasa de evapotranspiración de un cultivo extenso y uniforme de gramíneas, de 8 a 15 cm de altura, en crecimiento activo, que sombrea totalmente el suelo y no está escaso de agua”.

2.9.3.4 Coeficiente del cultivo (K_c)

El coeficiente de cultivo (K_c) representa el cambio en la cantidad de agua que una planta obtiene del suelo a medida que va desarrollándose, desde la siembra hasta la cosecha. El coeficiente del cultivo, se calcula mensualmente tomando en cuenta las cuatro fases. (CONGOPE, 2014)

Fase inicial: que va desde la germinación hasta el crecimiento inicial y la aparición de las primeras hojas, cubre o sombrea alrededor del 10% del suelo. Fase de desarrollo: que va desde el final de la fase inicial hasta llegar a un 80 % de cubierta sombreada, sin decir que el cultivo haya alcanzado ya su máxima altura. Fase de maduración: comprende desde que se logra el 80% de cobertura hasta comienzos de la maduración. En algunos cultivos esta fase puede iniciarse con la floración. Fase final: que va desde el inicio de la maduración hasta que se llega a la cosecha.

2.9.3.5 Evapotranspiración del cultivo

“Es determinado en un suelo fértil sin enfermedades y con suficiente cantidad de agua para dar una plena producción”. (Fuentes Y. & García L., 1999)

La evapotranspiración de un cultivo se la puede determinar mediante la ecuación:

$$ET = ET_o * K_c$$

Donde:

ET: Evapotranspiración de un cultivo determinado (mm/día).

ET_o: Evapotranspiración de un cultivo de referencia (mm/día).

Kc: Coeficiente de cultivo (adimensional).

2.9.3.6 Métodos para establecer la evapotranspiración

Determinar los requisitos hídricos de los cultivos requiere el conocimiento de varios factores climáticos que a veces no están disponibles o no son aplicables debido a las condiciones del sitio. Existen dos métodos para calcular la evapotranspiración: el método directo y el método indirecto o método empírico.

2.9.4 Programación de Riego

Se refiere a: cuánto, cuándo y cómo regar los cultivos para garantizar la máxima eficiencia y productividad del agua. Importante en la planificación del riego es la cuantificación de la demanda de agua del cultivo lograda por la evapotranspiración del agua, que es la evaporación del agua como resultado del control físico de la superficie del suelo y la evaporación del agua foliar como resultado de los efectos fisiológicos. mando de superficie (Intagri S.C., 2015).

2.9.5 Precipitación Efectiva o precipitación útil

Desde un punto de vista agronómico la precipitación efectiva es definida como: la fracción o parte de la precipitación total que es aprovechada por las plantas. Se dice también que precipitación efectiva es la parte de la lluvia almacenada en la zona de las raíces vegetales y disponible al cultivo para su uso (Cadena, 2016).

La precipitación efectiva depende de varios factores como la intensidad de la precipitación, aridez del clima, contenido de humedad del suelo, velocidad de infiltración. C. Brouwer y M. Heibloem proponen las siguientes ecuaciones 1 y 2 para su aplicación en áreas con pendientes inferiores al 5 %: (Climatología Aplicada a la Ingeniería y el Medioambiente, 2021)

$$Pe = 0.8P - 25; \text{Si } P > \frac{75\text{mm}}{\text{mes}}$$

$$Pe = 0.6P - 10; \text{Si } P < \frac{75\text{mm}}{\text{mes}}$$

Donde:

P: Precipitación mensual (mm/mes).

Pe: Precipitación efectiva (mm/mes).

2.9.6 Balance hídrico

“El balance hídrico es la formulación matemática de la ley de la conservación de materia aplicada al agua en un sistema dado”(Claro, 1991); permitirá saber las características de una cuenca hidrológica por medio del empleo de la ecuación de la continuidad.

Generalmente, en cualquier sistema hidrológico, la entrada será: la precipitación (lluvia), el agua subterránea; y la salida será: la evaporación, ebullición, infiltración que suministra a las aguas subterráneas.

2.9.6.1 Demandas de Riego

Expresado como la demanda de agua de cultivo afectada por la eficiencia, también se puede definir como la demanda de agua de cultivo que puede satisfacerse con agua de lluvia o riego artificial, o una combinación de ambos.

2.9.6.2 Demanda neta de riego

Es la lámina de agua de riego, exceptuando la precipitación efectiva, está en función de la humedad del suelo y el agua subterránea u otras formas de humedad del suelo. Este es el consumo necesario para la producción. Esta es la cantidad de agua de riego necesaria para transportar el suelo (área de la raíz) a la potencia del campo, puede ser representado por las siguientes condiciones

$$Dn = ET - Pe$$

Donde:

Dn: Demanda neta de agua de los cultivos (mm/día).

ET: Evapotranspiración del cultivo (mm/día).

Pe: Precipitación efectiva (mm/día).

Ecuación para el cálculo del balance hídrico mensual:

$$Dn = ETo * Kc - Pe$$

2.9.6.3 Demanda total o demanda bruta de riego

Es la cantidad total de agua neta estimada, más las pérdidas de aplicación del agua y otras pérdidas, como la percolación profunda, escorrentía superficial, pérdidas de distribución, pérdidas de conducción.

$$Dt = \frac{Dn}{Ea}$$

Donde:

Dt: Demanda total o demanda bruta de riego (mm/día).

Dn: Demanda neta de agua de los cultivos (mm/día).

Ea: Eficiencia de aplicación (%).

2.9.6.4 Láminas de riego

Se refiere al grosor de la capa de agua con que un área de terreno, aparentemente nivelado, permanecería cubierto por un volumen de agua.

2.9.6.5 Lámina neta de riego

Conocida como dosis neta de riego, indica la cantidad de agua que necesita un cultivo para cubrir el déficit de humedad del suelo. Se la calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Ln = (Cc - Pm) * da * Prof * f$$

Donde:

Ln: Lámina neta o dosis neta. (mm).

Cc: Valor de Capacidad de campo (%).

Pm: Valor de punto de marchitez (%).

Da: Densidad aparente (sin unidad).

Pr: Profundidad radicular efectiva (m).

f: Factor de agotamiento (%).

2.9.6.6 Lámina total o dosis bruta de riego

Es la cantidad de agua que se emplea en cada riego a la superficie de suelo, de manera que se garantice una suficiente penetración de la misma, permitiendo que se retenga el agua en la zona radicular.

$$Lt = \frac{Ln}{Ea}$$

Donde:

Lt: Lámina de riego total o dosis bruta de riego (mm).

Ln: Lámina neta de riego (mm).

Ea: Eficiencia de aplicación (%).

2.9.6.7 Número de riegos

Es la relación entre necesidades de los cultivos y la lámina de riego durante el ciclo vegetativo del cultivo o durante un año. Se determina a partir de la siguiente ecuación:

$$N^{\circ} \text{ de riegos} = \frac{ET_{\text{anual}}}{Ln}$$

Donde:

ET: Evapotranspiración del cultivo anual (mm).

Ln: Lámina neta (mm).

2.9.6.8 Frecuencia de Riego

Es el número de días que han de pasar entre el día que se aplicó el riego y el próximo día, su valor se ajusta a un número entero de días y su ecuación se presenta mediante:

$$Fr = \frac{Ln}{ET}$$

Donde:

Fr: Frecuencia de riegos (días)

Ln: Lámina neta (mm)

ET: Evapotranspiración diaria del cultivo (mm/día)

2.9.6.9 Lámina total

Se la determina mediante:

$$Lta = Dt * Fr$$

Donde:

Lta: Lámina total o dosis bruta ajustada (mm)

Fr: Frecuencia de riegos (días)

Dt: Demanda total o demanda bruta de riego (mm/día)

2.9.6.10 *Tiempo de riego*

Es el tiempo que requiere el terreno para infiltrar la lámina total de agua, se determina con la siguiente ecuación:

$$Tr = \frac{Lt}{Vi}$$

Donde:

Tr: Tiempo de riego (horas)

Lt: Lámina total o bruta (mm)

Vi: Velocidad de infiltración (mm/h)

2.10 Diseño hidráulico

2.10.1 *Periodo de diseño*

En el documento sobre el (Mantenimiento de los Equipos de Riego) se indica que, para tener un sistema de riego económico, la tubería enterrada de PVC debe tener una vida útil de 30 años y la tubería de polietileno de 10 años o más. (INTA, 2023)

2.10.2 *Diseño de conducciones a flujo libre*

Se debe tener claro el concepto del flujo a superficie libre, según (French, 1988)

“Es un conducto para flujo el cual tiene una superficie libre, una de las fronteras está expuesta a la atmósfera. La superficie libre es esencialmente una interfase entre dos fluidos de diferente densidad”. En el caso de la atmósfera, la densidad del aire es mucho más baja que la densidad de un líquido como el agua, además, la presión es constante.

Esto indica que en el flujo a superficie libre influye la atmósfera ya que el líquido está expuesto al aire libre.

2.10.2.1 Normas generales del diseño de canales

2.10.2.1.1 Capacidad de los canales:

Según (Criollo & Sotelo) “Está en función del área abarcada por el canal, del método de distribución del agua y del plan de cultivos. Es necesario rehacer la curva del coeficiente unitario de riego”. (2017)

2.10.2.1.2 Padrón de usuarios

Según (Criollo & Sotelo) “Es la relación existente de la población beneficiaria considerando la superficie de su lote y el tipo de la tenencia de la tierra”. (2017)

2.10.2.1.3 Velocidad:

La velocidad mínima permisible impide la sedimentación, la baja velocidad beneficia el crecimiento de plantas, en canales de tierra una velocidad de 0.762 m/s puede tomarse como un valor mínimo que no permite sedimentación. (Criollo & Sotelo, 2017)

Según la U.S. BUREAU OF RECLAMATION, “para el caso de revestimiento de canales de hormigón simple, las velocidades no deben exceder de 2.5 – 3.0 m/s; para evitar que el revestimiento se levante”.

2.10.2.1.4 Borde libre (bd)

A continuación, se indica el borde libre en función del caudal a recorrer por el canal

Tabla 7.

Borde libre en función del caudal.

Caudal (m³/s)	Borde libre (cm)
≤ 0.05	7.5
3	10
0.05 – 0.25	20

0.25 – 0.50	25
0.50 – 1.00	30

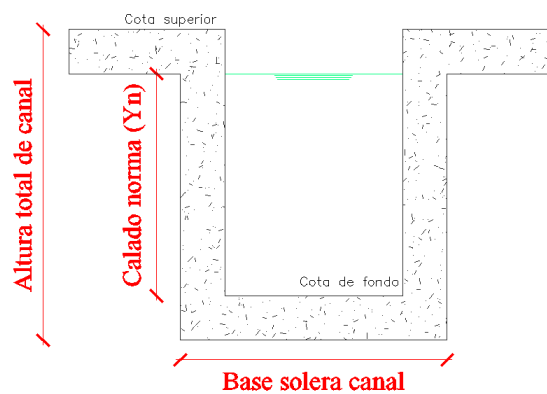
Nota. Muestra los valores de borde libre en función del caudal. Fuente: (Criollo & Sotelo, 2017).

2.10.2.2 Geometría del Canal

Los canales artificiales generalmente se diseñan con secciones de figuras regulares, el trapecio es la forma más común de uso, el rectángulo se usa en casos especiales donde predominan materiales estables como la roca (Chow, 1994).

Figura 5.

Forma geométrica del canal de riego



Nota. La figura muestra la estructura del canal de riego. Fuente: Elaborado por las autoras.

2.10.2.3 Calado

A partir de la ecuación de la ecuación de Manning se obtienen las características hidráulicas del canal:

$$k^1 = \frac{Q * n}{b^{2.67} * j^{0.5}}$$

Donde:

Q: Caudal de diseño. (m³/s)

n: Rugosidad.

b: Base del canal de conducción.

j: Gradiente de la solera del canal.

k1: Constante de cálculo de Krochin.

d: Calado.

Tabla 8.

Relación d/b para canales rectangulares

d/b	K¹
0.78	0.220
0.80	0.231
0.82	0.242
0.84	0.252

Nota. Valores de d/b de acuerdo con el calado del canal. Fuente: (Criollo & Sotelo, 2017)

2.10.2.4 Pérdidas de caudales en canales.

La pérdida de flujo o de caudal en un canal abierto es algo común, en la tabla a continuación se indica el porcentaje de pérdida que se puede tener en función del caudal y la distancia del canal.

Tabla 9.

Porcentaje de pérdidas de caudales en canales

Caudal (m³/s)	Pérdida en % de caudal por km
0.03-0.1	6-12
0.1-0.2	12-9
0.2-0.3	9-6
0.5-1	4-6
1-1.50	4.5-3
1.50-2	3-2.5
2.0-3.0	2.5-1.8
3.0-10.0	1.1-0.6

10.0-20.0	0.6-0.5
20.0-50.0	0.5-0.2
50.0-100.0	0.2-0.15
100.0-200.0	0.15-0.05

Nota. Pérdidas en porcentaje de caudal por km. Fuente: (Criollo & Sotelo, 2017).

La ecuación de Moritz: calcula la pérdida de caudal en función del material en el que está excavado el canal, dicha fórmula se indica a continuación:

$$P = 0.0375 * C_m * A^{0.5}$$

Donde:

P: Pérdidas m³/s-km

A: Sección del canal (m²).

C_m: Coeficiente de permeabilidad.

Tabla 10.

Tipo de suelo vs Coeficiente de permeabilidad

Clase de suelo	C _m
Franco – Arcillo	0.08-0.3
Franco – Arenoso	0.3-0.45
Arenas y Gravas	0.55-0.75
Arena sucia	0.45-0.55

Nota. Coeficiente de permeabilidad en función del tipo de suelo. Fuente: (Criollo & Sotelo, 2017).

2.10.2.5 Pérdida de caudal por infiltración

El valor calculado de pérdidas por infiltración en la conducción principal debe ser menor que el admisible para cumplir con los requerimientos hidráulicos.

$$Q_p < Q_r$$

Pérdida de caudal admisible:

$$Q_r = Q_i - P * L$$

Donde:

Q_r: Caudal al final del tramo considerado m³/s

Q_i: Caudal inicial m³/s

P: Pérdidas por infiltración m³/s-km.

L: Longitud conducción principal (km)

2.10.3 Diseño de conducciones a presión

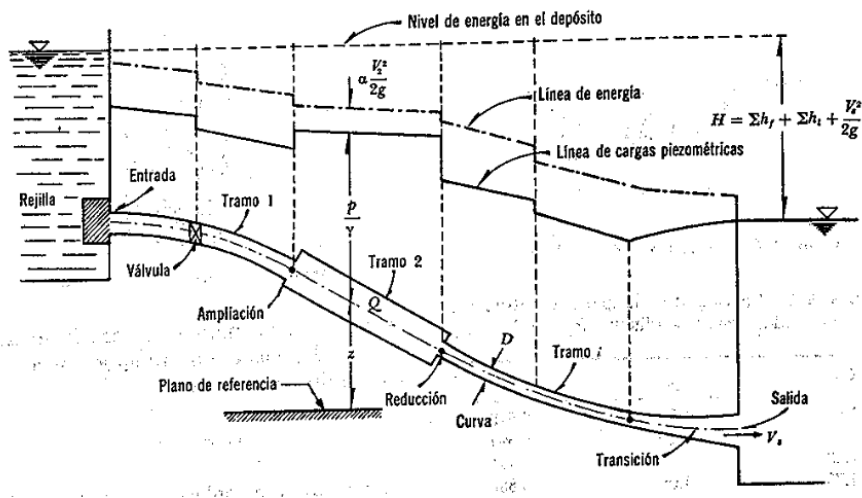
Los flujos a presión en conducciones cerradas se desarrollan en tubería rígida totalmente llena. La diferencia de presión mantiene al fluido en movimiento independientemente de que el trazado de la tubería sea horizontal, descendente o ascendente. Bajo la condición de flujo permanente y uniforme la velocidad no varía en la dirección principal del flujo; en las tuberías a presión el flujo permanente y uniforme es solo posible si el caudal se mantiene constante y la sección de la tubería es constante, al menos por tramos (Basile, 2020).

En la mayoría la tubería es de forma circular, ya que, ventajas de funcionamiento hidráulico eficiente y resistencia estructural, puede ser representado como un flujo unidimensional, ya que la sección transversal del tubo es pequeña en relación a la longitud de la conducción, por lo tanto, se puede adoptar una velocidad media en la sección. (Basile, 2020)

Para el diseño en el que se conoce la pérdida de energía, rugosidad del material y el caudal, lo que se desea calcular es el diámetro. (Jiménez et al., 2017).

Figura 6.

Esquema de un conducto sencillo



Nota. La figura muestra la conducción alimentada en un extremo aguas arriba por un depósito y con descarga libre a otro depósito. Fuente (Sotelo, 1997)

2.10.3.1 Ecuación de continuidad.

“Se obtiene del análisis del principio de la conservación de la masa, al aplicar a tuberías y al caudal que se transporta en ellas, se tiene que el caudal que circula en un punto de una tubería es el mismo en otro punto de esta” (Guayasamín & Riofrío, 2020)

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

$$Q = A * V$$

Donde:

Q: Caudal en m³/s.

A: Área de la sección transversal expresado en m²

V: Velocidad expresado en m/s.

Vol: Volumen de líquido expresado en m³

T: Tiempo expresado en segundos.

2.10.3.2 Ecuación de Hazen – Williams.

Para el cálculo de las tuberías de presión se utiliza la fórmula de Hazen y Williams, la que se indica en las ecuaciones siguientes, misma que se utiliza para el coeficiente de Chow según se indica por (Aguero, 1997) .

$$Q = 2.492 * D^{2.63} * S^{0.54}$$

$$V = 0,85 C_h^{0.63} * R * S^{0,54}$$

Donde:

Q: Caudal que circula por la tubería en m³/s.

V: Velocidad promedio del flujo en m/s.

C_h: Coeficiente de Hazen – Williams o Chow (adimensional).

R: Radio hidráulico del conducto de flujo en m.

S: Relación entre la pérdida de energía sobre la longitud del conducto en m/m.

La recomendación para adoptar los coeficientes se indica en la siguiente tabla.

Tabla 11.

Coeficiente de Chow

Tipo de conducto	Coeficiente de Chow
Acero corrugado	60
Acero galvanizado	125
Asbesto-cemento	140
Cobre	130
PVC	140
Hormigón liso	130
Hormigón ordinario	120

Nota. Coeficiente de Chow según el material del conducto. Fuente: (ARCA - EXSENAGUA, 2014)

2.10.3.3 Velocidad de trabajo

La (ARCA - EXSENAGUA) recomienda que la velocidad con la que se traslada el flujo en las tuberías de PVC debe estar dentro de una velocidad de: 0,60 m/s a 4,5 m/s, con el fin de evitar acumulación de sedimentos y la abrasión. (2014)

2.10.3.4 Presión en la tubería

El (Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico), establece que “la presión de diseño será el máximo valor calculado entre la presión estática y la máxima sobrepresión ocasionada por el golpe de ariete, multiplicada por un factor de seguridad de 1,1 que corresponde a líneas de aducción a gravedad”. (2010)

$$P_{dis} = 1,1 * (P_{est} , P_{sobpresión})$$

2.10.3.5 Pérdidas de carga

Las pérdidas de carga longitudinales se calculan en base a tener el mismo diámetro en un tramo de tubería para un cierto caudal y utilizando la fórmula de Hazen y Williams (Aguero, 1997):

$$hf = \left(\frac{Q}{2.492 * C * D^{2.63}} \right)^{1.85}$$

$$Hf = hf * L$$

Donde:

hf: Pérdida de carga distribuida en metros de columna de agua.

D: Diámetro interno de la tubería en m.

Q: Caudal del flujo m³/s.

C. Coeficiente de Chow.

Hf: Pérdida de carga por tramo en m.

L: Longitud de la tubería o del tramo en m.

Las pérdidas que originan los accesorios colocados en cada tramo de tubería se calculan con las fórmulas dadas por (Morales, 2015). El mismo establece el valor que toma el coeficiente de pérdida para los diferentes accesorios.

$$h_L = K \frac{V^2}{2g} = \frac{8KQ_{dis}^2}{\pi^2 g D^4}$$

Donde:

h_L : Pérdida de carga local (m/m).

K: Coeficiente de pérdida.

V: Velocidad (m/s).

g: Fuerza de gravedad, se asumió el valor de 9,81 (m/s²).

Q_{dis} : Caudal de diseño (m³/s).

D: Diámetro de la tubería (m).

Las pérdidas originadas por el cambio de dirección en la tubería, se utiliza la siguiente ecuación:

$$h_f = 0,25 \frac{V^2}{2g} \sqrt{\frac{\theta}{90}}$$

Donde:

h_f : Pérdida de carga local (m/m).

θ : Coeficiente de pérdida.

V: Velocidad (m/s).

g: Aceleración de la gravedad, se asumió el valor de 9,81 (m/s²).

Tabla 12.

Coefficiente K para pérdidas menores en accesorios.

Accesorio	k	θ
Unión	0,3	
Válvulas de Compuerta tipo mariposa	5	
Pérdida de entrada	0,9	
Pérdida de Salida	1	
Pérdidas por codos 90°		90
Pérdidas por codos 45°		45
Pérdidas por codos 22.5°		22,5
Pérdidas por codos 11.25°		11,25

Nota. Coeficientes de pérdidas menores en accesorios de tuberías. Fuente: (Morales, 2015).

2.10.4 Cámaras rompe presión

La (Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural.) indica lo siguiente “La diferencia de nivel entre la captación y uno o más puntos en la línea de conducción, genera presiones superiores a la presión máxima que puede soportar la tubería a instalar. Es en estos casos, que se sugiere la instalación de cámaras rompe-presión cada 50 m de desnivel” (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento - Perú, 2018).

Este criterio aplica de igual forma para canales de riego o sistema de conducción a flujo libre en tuberías debido a la alta carga de energía que puede darse, Para ello la (Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural.), recomienda que la sección interior mínima de 0,60 x 0,60 m, tanto por facilidad constructiva como para permitir el alojamiento de los elementos, además de ellos se indica lo siguiente:

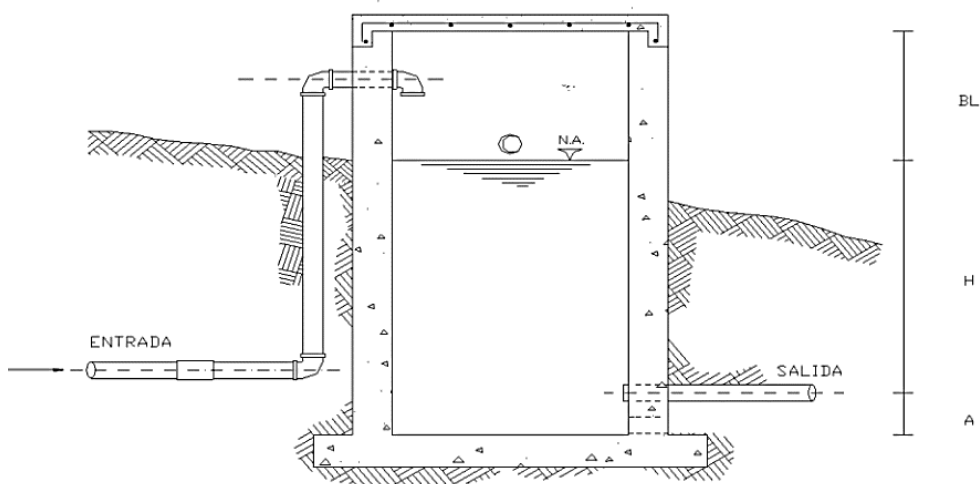
- La altura de la cámara rompe presión se calcula mediante la suma de tres conceptos:
- Altura mínima de salida, mínimo 10 cm
- Resguardo a borde libre, mínimo 40 cm

- Carga de agua requerida, calculada aplicando la ecuación de Bernoulli para que el caudal de salida pueda fluir.
- La tubería de entrada a la cámara estará por encima de nivel del agua.
- La tubería de salida debe incluir una canastilla de salida, que impida la entrada de objetos en la tubería.
- La cámara dispondrá de un aliviadero o rebose.
- El cierre de la cámara rompe presión será estanco y removible, para facilitar las operaciones de mantenimiento.

2.10.4.1 Cálculo de la altura de la Cámara Rompe Presión

Figura 1

Esquema de la cámara rompe presión



Nota. Muestra la representación de una cámara rompe presión. Fuente: (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento - Perú, 2018)

$$Ht = A + H + B_L$$

Donde:

A: Altura mínima (0.10 m).

H: Altura de carga requerida para que el caudal de salida pueda fluir.

BL: Borde libre. (0.40 m).

Ht: Altura total de la Cámara Rompe Presión.

2.10.4.1.1 Carga requerida

Con bajo caudal se requiere menor dimensión de la cámara rompe presión; la sección de la base debe dar facilidad durante el proceso constructivo y la instalación de accesorios, por lo que se debe considerar una sección interna de 0,60 x 0,60 m. (Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural., 2018)

$$H = 1,56 \times \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

H: Altura de carga requerida para que el caudal de salida pueda fluir.

V: Velocidad del flujo.

g: Gravedad.

2.10.4.1.2 Cálculo de la Canastilla

Se recomienda que el diámetro de la canastilla sea 2 veces el diámetro de la tubería de salida.

$$Dc = 2D$$

La longitud de la canastilla (L) debe ser mayor 3D y menor que 6D

$$3D < L < 6D$$

2.10.4.1.3 Área de ranuras:

$$As = \frac{\pi D_s^2}{4}$$

Área de At no debe ser mayor al 50% del área lateral de la granada (Ag)

$$Ag = 0.5 * Dg * L$$

2.10.4.1.4 El número de ranuras resulta:

$$N^{\circ} \text{ ranuras} = \frac{\text{Área total de ranura}}{\text{Área de ranura}}$$

2.10.4.1.5 Rebose

La tubería de rebose se calcula mediante la ecuación de Hazen y Williams (C= 150)

$$D = 4,63 * \frac{Qmd^{0,38}}{C^{0,38} * S^{0,21}}$$

Donde:

D: Diámetro (pulg).

Qmd: Caudal máximo diario (l/s).

S: Pérdida de carga unitaria (m/m).

2.10.4.2 Cámara de distribución de caudales

La función de la cámara de distribución de flujo es dividir el flujo en dos o más partes.

Una cámara de distribución de flujo sólo se diseñará si:

- Cuando el proyecto considere más de un reservorio de almacenamiento, ya sea por grandes distancias, por diferencias de nivel o diferentes comunidades.
- Cuando existan diferentes usos del agua captada como: consumo humano, riego, pecuaria.

Las ventajas de la cámara distribuidora de flujo son: uso racional y equitativo del agua, disminución de costos de aducción y menor número de cámaras rompe-presión (cuando estas son requeridas) (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento - Perú, 2018)

Se recomienda una sección interior mínima de 0,55 x 0,65 m², tanto por facilidad constructiva como para permitir el alojamiento de los elementos.

La altura de la cámara de distribución se calcula mediante la suma de tres alturas:

- Altura mínima de salida, mínimo 10 cm.
- Resguardo a borde libre, mínimo 40 cm.
- Carga de agua requerida, calculada aplicando la ecuación de Bernoulli para que el caudal de salida pueda fluir.

La tubería de entrada a la cámara estará por debajo del nivel del agua, es decir, el ingreso es sumergido con el fin evitar turbulencia en el vertedero de salida.

La tubería de salida debe disponer de una canastilla de salida, que impida la entrada objetos en la tubería.

La cámara debe incluir un aliviadero o rebose.

El cierre de la cámara será estanco y removible, para facilitar las operaciones mantenimiento.

2.10.5 Red de distribución para riego

Para una adecuada elección del método de riego a utilizar, su diseño e implantación, se requieren conocimientos de Hidráulica y de las relaciones entre agua-suelo-planta (UNC, 1998).

Los métodos de riego se pueden clasificar en:

- Método de riego por aspersión.
- Método de riego por goteo.
- Método de riego subsuperficial.

2.10.5.1 Riego por aspersión

Este sistema de riego distribuye el agua en forma de precipitación sobre el terreno. El agua va en tuberías a presión hasta llegar al aspersor, y desde éste se dispersa en el aire desde donde cae en forma de lluvia sobre la parcela, infiltrándose sin desplazarse sobre el suelo. (UNC, 1998)

Figura 7.

Aspersores



Nota. Los aspersores están sujetas a tubos de polietileno que permiten repartir el agua a distancias considerables de cada parcela. Elaborado por: Las Autoras.

Para poder ser distribuida en forma eficiente es necesario que alcance una cierta presión, denominada presión de trabajo del aspersor. Para lo cual se instalan tuberías, aspersores y grupo de bombeo necesarios. Como todo sistema presenta sus ventajas y sus inconvenientes, los cuales se pasan a detallar.

Ventajas

- Admite el riego de terrenos ondulados.

- Permite el riego de terrenos que no se pueden nivelar o en aquellos donde no aconsejan el riego por gravedad.
- Se evita o se reduce la construcción de canales y acequias provisionales o definitivas en el terreno.
- Tiene buena aplicabilidad para cultivos de hortalizas en espacios reducidos.

Desventajas

- salvo raras excepciones donde se tiene una gran presión de agua disponible, requiere de un equipo de bombeo.
- Necesita agua que no contenga elementos disueltos o sustancias en suspensión, debido a que los equipos pueden resultar dañados por las posibles reacciones químicas o desgastes que se pueden producir.
- Necesidad de un suministro de agua en forma continua o al menos lo más prolongada posible.

2.10.5.2 Grupos de bombeo

El equipo de bombeo tiene por finalidad aspirar el agua desde la fuente de aprovisionamiento e impulsarla a través del sistema, creando una determinada carga o presión necesaria para compensar las pérdidas de energía de las tuberías. Para riego por aspersión se emplean bombas centrífugas de eje horizontal y bombas turbinas.

2.10.5.3 Tuberías.

Las tuberías fijas generalmente van enterradas y tradicionalmente se construían en fibrocemento, pero, en pequeños diámetros, cada vez se usan más las tuberías de plástico, PVC compuestas por tramos de 6 o 9 metros de longitud y sus diámetros varían entre 50 y 150 mm, aunque mayores de 100 mm son raramente usados y sólo como tuberías auxiliares.

2.10.5.4 Accesorios.

Existen numerosos accesorios, entre los que se pueden citar: codos, tees, tapones, válvulas, reducciones, que permiten un fácil tendido de dichas tuberías y su puesta en marcha sin tener que interrumpir la circulación del agua en toda la red. (UNC, 1998)

Las uniones o acoplamiento de los tramos se realizan de tal forma que permitan un cierto movimiento angular de los elementos (30° , 12°), para adaptar las cañerías a las irregularidades del terreno. (UNC, 1998)

2.10.5.5 Aspersores

Son los aparatos que distribuyen el agua sobre el terreno. Los aspersores habitualmente usados son de dos tipos: chorro fijo y chorro rotativo. En cuanto a la presión de trabajo, los aspersores se clasifican en tres grupos:

- Baja Presión: en donde se puede alcanzar hasta un máximo de 2 kg/cm^2 . se usan primariamente en jardinería.
- Media presión: está comprendida entre $2,5$ y 4 kg/cm^2 . Son los más frecuentemente utilizados ya que alcanzan marcos bastante amplios.
- Alta presión: la presión es mayor de 4 kg/cm^2 , se les suele llamar cañones. Son picos muy grandes adaptados para cultivos de elevado tamaño (maíz, caña de azúcar).

2.10.5.5.1 Selección del Aspersor

El aspersor no reparte el caudal en el terreno en forma completamente uniforme, por lo que es necesario conocer su curva de distribución de caudal y tener la certeza de que el trabajo del aspersor sea correcto.

Como guía se dan los valores de pluviometría media horaria que permiten los terrenos según su textura:

Tabla 13.

Pluviometría del aspersor en función de la textura del suelo

Textura	Pluviometría (mm/h)
Arcillosos	5
Franco arcillosos	6-10
Franco limosos y francos arenosos	10-15
Ligeros y arenosos.	15-25

Nota. Valores de precipitación según la textura del suelo. Fuente: (Métodos de Riego, 1998).

La cubierta vegetal acrecienta la capacidad de retener el agua, pudiéndose aumentar la pluviometría del riego.

La pendiente del terreno influye de forma decisiva en la cantidad de agua que puede recibir el terreno. La siguiente tabla posee datos orientativos respecto del volumen máximo de agua aplicable en el riego por aspersión para condiciones normales del suelo, pendiente y vegetación, según el Servicio de Conservación de Suelos de EEUU.

Tabla 14.*Volumen máximo de agua aplicable según la textura del suelo*

Textura del suelo y condiciones del perfil	Volúmenes máximos de agua (mm/h)							
	Pendiente							
	0-5%		5-8%		8-12%		Más de 12%	
	Veget.	Desn.	Veget.	Desn.	Veget.	Desn.	Veget.	Desn.
Arena gruesa de textura uniforme hasta 1,80 m.	50.8	50.8	50.8	38.1	38.1	25.4	25.4	12.7
Arena gruesa sobre subsuelo más compacto.	44.5	38.1	31.8	25.4	25.4	19	19	10.2
Arenoso-franco de textura uniforme.	44.5	25.4	31.8	20.3	25.4	15.2	19	10.2
Arenoso franco sobre subsuelo más compacto.	31.8	19	25.4	12.7	19	10.2	12.7	7.6
Limoso franco de textura uniforme hasta 1,80 m.	25.4	12.7	20.3	10.2	15.2	7.6	10.2	5.1
Limoso franco sobre subsuelo más compacto.	15.2	7.6	12.7	6.4	10.2	3.8	7.6	2.5
Arcilloso fuerte o arcilloso franco.	5	3.8	3.8	2.5	3	2	2.5	1.5

Nota. Volúmenes máximos de acuerdo con la textura del suelo. Fuente: (Métodos de Riego, 1998).

2.10.5.5.2 Marco de aspersión.

Se define como marco del aspersor a la distancia a que deben situarse los aspersores sobre el terreno, se expresa mediante dos coordenadas (a,b), la primera indica la separación entre dos aspersores a lo largo del ala de riego y la segunda la distancia entre dos posiciones consecutivas de dicha ala a lo largo de la tubería abastecedora.

Los marcos más empleados son los cuadrados ($a=b$) y los rectangulares ($a \neq b$), usándose en algunas ocasiones también la posición triangular. Las tendencias actuales son grandes marcos (disposición de 18 x 18 y 24 x 24), con el fin de disminuir el material móvil necesario y la longitud de las tuberías abastecedoras, y al mismo tiempo pequeñas presiones de trabajo, con el fin de disminuir la energía necesaria para el riego. Para los marcos citados la presión mínima de trabajo es de 3 kg/cm².

2.10.6 Estructuras de Almacenamiento

El reservorio según (MEFCCA, 2018) es un “depósito o estructura de tierra impermeabilizada que capta agua de lluvia directa y de escorrentía en un lugar determinado.”

Con la finalidad de aprovechar la mayor cantidad de agua almacenada y ser distribuirla equitativamente a todos los sectores.

Se consideran a los repartidores estructuras de almacenamiento ya que se trata de “una obra que sirve para repartir el agua de una manera eficiente”(Maldonado, 2001). Por otro lado, se clasifican en:

- Repartidor proporcional fijo con ventanas: Se abren las latas, para repartir el agua en diferentes proporciones.
- Repartidor proporcional fijo con cuchilla en un tanque. Reparte el agua de forma proporcional, en cantidades constantes. Es una estructura rígida que permite cambiar la cantidad de agua a distribuir.
- Repartidor proporcional con cuchilla en un canal. Es una estructura rígida que reparte el agua en cantidades constantes.

Este proyecto está compuesto por varios reservorios ubicados en las cotas más altas del sistema de riego. También cuenta con los tres tipos de repartidores mencionados anteriormente.

2.10.6.1 *Volumen del reservorio*

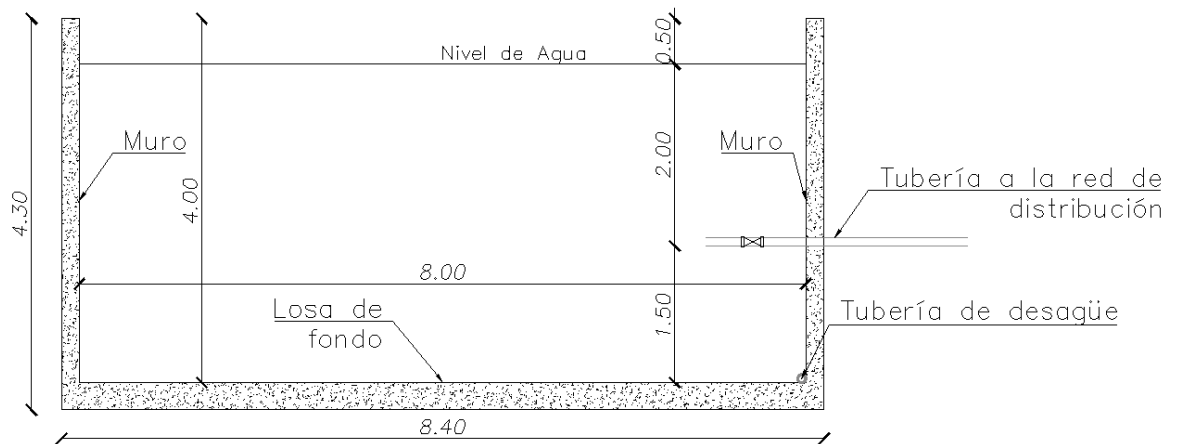
Para cubrir la demanda hídrica de todos los diferentes cultivos se requiere un reservorio con una capacidad volumétrica de 200 m³. Se ha optado diseñar un nuevo reservorio de forma de rectangular, semienterrado protegido por muros de hormigón armado.

2.10.6.2 *Ubicación del reservorio*

El lugar y el nivel del reservorio debe asegurar la presión dinámica para que esta esté dentro límites operativos. El nivel mínimo de localización lo establece la necesidad de alcanzar la presión mínima, y, el máximo lo impone la resistencia de la tubería. (OPS, 2005)

Figura 8.

Forma Geométrica del Reservorio



Nota. La figura muestra la geometría del reservorio. Elaborado por: Las autoras.

2.10.6.3 Tubería de entrada

Esta tubería debe estar equipada con una válvula de cierre del mismo diámetro antes de ingresar al reservorio. La tubería de entrada estará ubicada en un nivel superior del reservorio, por encima del nivel máximo de agua. (Chávez & Mendoza, 2021)

2.10.6.4 Tubería de salida

El diámetro del tubo de salida debe ser el mismo que el diámetro de la matriz de distribución y debe estar equipado de una válvula de cierre, estará colocado en la parte inferior del reservorio. (Chávez & Mendoza, 2021)

2.10.6.5 Tubería de limpieza

Estará ubicada en el fondo del reservorio, el cual debe tener una pendiente de al menos 1% hacia la tubería de limpieza. El diámetro de la boquilla de limpieza estará diseñado para poder limpiar el tanque en menos de 2 horas. La tubería de limpieza debe estar equipada con una válvula. (Chávez & Mendoza, 2021)

2.10.6.6 *Altura total del reservorio*

La altura total del reservorio debe considerar los siguientes niveles o alturas:

Altura Borde libre. (Hb): Distancia entre el espejo de agua máxima y el nivel del reservorio. Se recomienda valores entre 30 a 50 cm.

Altura neta de diseño (Hn): Es la altura del reservorio de volumen útil.

Altura de volumen muerto (Hm): Se considera una altura entre 30 a 50 cm, que permite la sedimentación de la arena.

$$Ht = Hb + Hn + Hm$$

Donde:

Hb: Altura Borde libre.

Hn: Altura neta de diseño.

Hm: Altura de volumen muerto.

2.10.6.7 *Profundidad del tanque.*

El autor (López, 2003) propone determinar la profundidad del tanque con la siguiente ecuación:

$$Hc = \frac{V}{3} + k$$

Donde:

Hc: Profundidad (m).

V: Capacidad del tanque (cientos de m³).

k: Constante en función de la capacidad.

Tabla 15.

Constante de la capacidad del tanque de almacenamiento.

V (cientos de m³)	k
< 3	2
4 - 6	1.8
7 - 9	1.5
10 - 13	1.3
14 - 16	1
> 17	0.7

Nota. Constante de capacidad del tanque en función del volumen. Fuente: (López, 2003, pág. 276)

En función de la capacidad requerida y la profundidad asumida del tanque, se determinó la base y longitud del mismo, mediante la siguiente ecuación:

$$B = \sqrt{\frac{V_{reg(a)}}{ha}}$$

Donde:

B: Base del tanque (m).

L: Longitud del tanque (m).

Vreg(a): Volumen de regulación adoptado (m³).

Ha: Profundidad adoptada del tanque (m).

2.11 Diseño estructural del tanque reservorio

El diseño estructural del reservorio debe realizarse aplicando lo indicado por las normas NEC 15 siguiendo los lineamientos de la norma (ACI 350.3-01, 2007), así pues, se considera distintos estados de carga como: carga muerta, presión de tierras y presión hidrostática.

$$U = 1,4(D + F)$$

$$U = 1,2(D + F) + 1,6(L + H)$$

Donde:

D: Carga muerta.

L: Carga viva.

F: Carga por fluidos.

H: Carga producida por el suelo.

CAPÍTULO III

LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

3.1 Obra de captación.

Es una obra civil y equipo electromecánicos que se utilizan para reunir y disponer adecuadamente del agua superficial o subterránea (Zambrano, 2011)

Figura 9.

Obra de captación



Nota. Obra de captación del sistema de riego ubicada en el sector La Torre y final del canal abierto que contiene dos compuertas. Elaborado por: Las autoras.

3.2 Línea de conducción.

La línea principal que consta en este proyecto es la tubería de PVC que trabaja con flujo a presión, conecta el reservorio con el sistema de riego y además reduce el arrastre de sedimentos como se observa en la figura a continuación:

Figura 10.

Tubería de PVC



Nota. Tubería con un diámetro de 400 mm ubicado en “Las Lagunas”. Elaborado por:
Las autoras.

3.3 Reservorios.

Este sistema de riego está constituido por reservorios como el que se observa en la figura siguiente que constituirán la fuente para abastecer de agua a usuarios de ese sector, en la tabla 16 se indican la ubicación de todos los reservorios del proyecto.

Figura 11.

Reservorio



Nota. Reservorio con una sección de 6 m x 10 m y una profundidad de 3 m en “Las Casetas”.

Elaborado por: Las autoras.

Tabla 16.

Ubicación de los reservorios

Reservorio	Ubicación
Las Casetas	9 599 361 N - 696 102 E
Asención	9 600 555 N - 694 908 E
Bervenias	9 601 352 N - 695 306 E
Puente Chico	9 601 352 N - 696 500 E
Tucalata	9 602 148 N - 696 102 E
Pasabón	9 602 944 N - 696 102 E

Nota. Se muestra la ubicación de cada reservorio. Elaborado por: Las autoras.

3.4 Tanques de repartición.

Se cuenta con estos tanques para distribuir el caudal del reservorio a varios caudales proporcionalmente con las áreas que se planea regar (Figura 15).

Figura 12.

Tanque de distribución



Nota. Tanque de distribución ubicado en “Bervenás”. Elaborado por: Las autoras

Tabla 17.

Ubicación de los tanques de repartición por tramo

Tanque de Distribución	Ubicación	Caudal Recibido	Caudal Enviado
Tramo 1	1+320	Línea Principal	A Red de distribución
Tramo 1	2+270	Línea Principal	A Red de distribución
Tramo 2	2+380	Línea 2	A Red de distribución
Tramo 3	1+400	Línea 3	A red de distribución
Tramo 3	1+750	Línea 3	A red de distribución
Tramo 3	1+880	Línea 3	A red de distribución
Tramo 3	1+923	Línea 3	A red de distribución
Tramo 4	0+430	Línea 4	A red de distribución
Tramo 4	0+480	Línea 4	A red de distribución
Tramo 5	1+260	Línea 5	A red de distribución
Tramo 5	2+903	Línea 5	A red de distribución
Tramo 6	0+440	Línea 6	A red de distribución
Tramo 6	0+410	Línea 6	A red de distribución
Tramo 6	0+560	Línea 5	A red de distribución

Nota. Muestra la ubicación y derivaciones de los tanques de repartición. Elaborado por:

Las autoras.

3.5 Levantamiento topográfico

“Se define como el conjunto de operaciones ejecutadas sobre un terreno con los instrumentos adecuados para poder confeccionar una correcta representación gráfico a plano” (Paredes, 2014, p.5). Implica la importancia de determinar su ubicación mediante tres coordenadas las cuales son: latitud, longitud y elevación.

3.5.1 Levantamiento topográfico mediante GPS portátil

Para realizar el levantamiento topográfico de las redes principales se ha empleado el GPS portátil garmin “el cual adquiere por lo menos los datos de 4 satélites y calcula la posición en latitud, longitud y altitud”. (González & Sandoval, 2007)

Según (González & Sandoval, 2007) al realizar una comparación de “datos obtenidos del GPS portátil con los obtenidos por medio la estación total, podemos precisar que el margen de error de los datos del GPS portátil es mínimo tanto en distancias como en superficies con respecto al trabajo final realidad con la estación total, teniendo la ventaja que el trabajo realizado con el GPS portátil esta referenciado con el sistema de coordenadas Universal Transverse Mercator (UTM) o en coordenadas geográficas”. De modo que al importar los datos obtenidos del GPS al software Civil CAD con su respectiva configuración se comprobó que existe un imperceptible error en dichos resultados.

3.5.2 GPS Portátil Garmin

Como se puede observar en la Figura 13 el GPS Garmin está compuesto en la parte superior por unas barras que indican la fuerza de la señal, un indicador de batería, además se puede realizar anotaciones sobre el punto tomado y los resultados obtenidos con sistema de coordenadas UTM siendo el primer número la distancia en metros al norte, el segundo número la distancia en metros al este, el tercer número muestra la altitud en metros sobre el nivel del

mar (m.s.n.m.). En la parte inferior se observa el número de satélites y el margen de error que existe en el momento de obtener el punto.

Figura 13.

GPS Portátil Garmin



Nota. Dispositivo en el que se observan las coordenadas UTM; N, E y Z de cada punto de áreas regantes de cada usuario. Elaborado por: Las autoras

3.5.3 GPS diferencial o DGPS

El Sistema de Posicionamiento Global Diferencial (DGPS) es una técnica para mejorar la precisión del posicionamiento GPS. En GPS Diferencial la señal de corrección de error se transmite a los alrededores con un alcance máximo de 1000 Km. Cualquier pérdida de corrección durante la transmisión puede dar lugar a inexactitud (Montenegro & Vargas, 2015).

EL GPS diferencial contiene los siguientes elementos: la antena que se encarga de recibir y amplificar la señal recibida por los satélites, el receptor recibe la señal corregida por la antena y la convierte en información digital y el terminal GPS o también llamado unidad de control muestra la información y almacena todos los datos útiles.

Es de gran importancia conocer el uso correcto de este aparato ya que con la ayuda del mismo se obtiene los datos necesarios del sistema de distribución principal de riego en el presente proyecto.

Figura 14.

GPS Diferencial



Nota. Elementos y funcionamiento del GPS diferencial. Elaborado por: Las Autoras.

3.5.4 Métodos para la medición con GPS

A continuación, se enlistará los métodos que se han desarrollado para realizar un levantamiento topográfico con el GPS:

3.5.5 Método estático

“Este fue el primer método en ser desarrollado para levantamientos con GPS conocido también como Postproceso. Puede ser utilizado para la medición de líneas bases largas (generalmente 20km o más)” (Salvador, 2012). Este método no es muy usado, debido al tiempo que requiere para realizarlo.

3.5.5.1 *Stop & Go. (RKT, cinemático en tiempo real)*

“El Stop & Go que traducido al español, sería “Parar y Seguir”, es una técnica utilizada para ir a varios puntos y realizar ocupaciones estáticas en cada uno de ellos” (Salvador, 2012). Es necesario conocer este método ya que la misma es más eficiente en cuanto a la medición de líneas de base.

3.5.5.2 *Método cinemático. (RKT, Cinemático en tiempo real)*

“La técnica y el funcionamiento de este método es igual que el método Stop & Go cinemático (RTK, Cinemático en Tiempo Real), con la diferencia que este es aplicado en los siguientes trabajos: Levantamiento de detalles en zona despejada, levantamientos de ejes de carreteras, medición de perfiles transversales.” (Salvador, 2012). Este método necesario ya que con el mismo se podría obtener el perfil de una sección transversal.

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE DISEÑO DEL SISTEMA

4.1 Diseño Agronómico

4.1.1 Relación Suelo – Agua

Se entiende por suelo a la mezcla compleja formada de piedras, minerales, raíces, restos vegetales, microorganismos vivos y muertos, poros o huecos, el agua aprovechable en el suelo está determinada principalmente por las propiedades físicas de éste, en especial la textura de la estructura, porosidad y profundidad. (CONGOPE, 2014)

En la tabla a continuación se indican los valores de profundidad efectiva para las raíces de los cultivos existentes en las distintas zonas del proyecto.

Tabla 18.

Profundidad efectiva de las raíces de algunos cultivos.

Cultivo	Profundidad (m)	Cultivo	Profundidad (m)
Aguacate	0.8 - 1.2	Col y coliflor	0.6 - 0.7
Alcachofa	0.6 - 0.9	Esparrago	1.2 - 1.8
Alfalfa	1.2 - 2.2	Espinaca	0.4 - 0.6
Algodón	0.8 - 1.8	Frejol	0.5 - 0.9
Almendro	0.8 - 1.2	Lechuga	0.2 - 0.4
Arveja	0.5 - 0.9	Leguminosa	0.5 - 1.0
Avena	0.6 - 1.1	Maíz de grano	0.8 - 1.2
Berenjena	0.5 - 1.0	Maíz tierno	0.6 - 1.0
Camote	0.6 - 0.9	Maní	0.9 - 1.0
Café	1.0 - 1.2	Melón	0.7 - 1.0
Caña de azúcar	0.6 - 1.0	Papa	0.4 - 0.8
Cebada	0.3 - 0.6	Pepino	0.5 - 0.8
Cebolla	0.3 - 0.8	Pimiento	0.4 - 0.8
Cerezo	0.8 - 1.2	Piña	0.4 - 0.6
Ciruelo	0.9 - 1.0	Remolacha	0.5 - 1.0
Cítricos	1.2 - 1.5	Soya	0.6 - 1.0

Nota. Profundidad efectiva de los cultivos. Fuente: (CONGOPE, 2014).

Los productos subrayados son los cultivos más producidos por los usuarios del sistema de riego Chuchuchir, por esta razón se realizará los estudios de dichos productos.

4.1.2 Características del Cultivo

En la comunidad, el clima y temperatura propio de la zona favorece el crecimiento de cultivos de la sierra ecuatoriana, los usuarios del sistema de riego obtienen sus productos agrícolas a través de huertos familiares en los cuales siembran cultivos tales como: pasto, maíz duro, lechuga, col, coliflor, papa, zanahoria, alverja. A continuación, se presentan las características de cada cultivo que se siembra en la localidad, esto servirá para determinar los ciclos de cultivo de cada uno de ellos.

Tabla 19.

Fases de desarrollo de los cultivos

Tipos de cultivos	Inicio	Desarrollo	Maduración	Fase final	Total, días	Fecha de siembra
Pasto	20	35	45	20	120	Cualquier fecha
Maíz	45	70	95	60	270	Octubre
Lechuga	20	30	15	10	75	Cualquier fecha
Col	20	25	60	15	120	Cualquier fecha
Coliflor	15	30	55	20	120	Cualquier fecha
Papa	25	45	55	25	150	Mayo
Zanahoria	25	30	40	25	120	Cualquier fecha
Alverja	25	40	60	25	150	Mayo

Nota. Fases de desarrollo de los cultivos. Fuente: (CONGOPE, 2014)

4.1.3 Cálculo de la evapotranspiración potencial

Se empleará el método de Blaney y Criddle, basado en publicaciones de las Organizaciones de la Naciones Unidas para la Alimentación (FAO). Para obtener la evapotranspiración potencial se tendrá que determinar los siguientes factores meteorológicos:

4.1.3.1 Factor climático

$$F = p(0.46 t + 0.13)$$

Donde:

F: Factor climático.

p: Porcentaje diario medio de horas luz, relacionado con el mes y a la latitud.

t: Temperatura media mensual.

Las tablas de anexo para la obtención del factor climático se encuentran en el Anexo B

Tabla 20.

Cuadro Resumen obtención del factor climático mensual

Mes	Temperatura	Humedad rel (HR)	Nubosidad (n/N)	Vientos (V)	F
Enero	16.22	76.65	0.31	0.34	4.36
Febrero	16.22	77.9	0.25	0.33	4.37
Marzo	16.47	76.8	0.28	0.32	4.40
Abril	16.57	76.55	0.34	0.35	4.25
Mayo	16.33	75.7	0.37	0.44	4.22
Junio	15.69	75.05	0.36	0.62	4.14
Julio	15.30	73.65	0.38	0.83	4.10
Agosto	15.59	70.65	0.42	0.82	4.13
Septiembre	16.27	71.45	0.40	0.70	4.22
Octubre	16.68	72.85	0.39	0.41	4.42
Noviembre	16.60	74.35	0.42	0.31	4.41
Diciembre	16.45	75.68	0.36	0.35	4.40

Nota. Factor climático mensual. Elaborado por: Las autoras.

Cálculo de la nubosidad n/N

$$n = \frac{\text{Heliofania}}{\text{dias}} = \frac{119.43\text{horas}}{31\text{dias}} = \frac{3.85\text{horas}}{\text{dias}}$$

$$\frac{n}{N} = \frac{3.85}{12.3} = 0.31$$

El factor climático se obtiene de la siguiente fórmula.

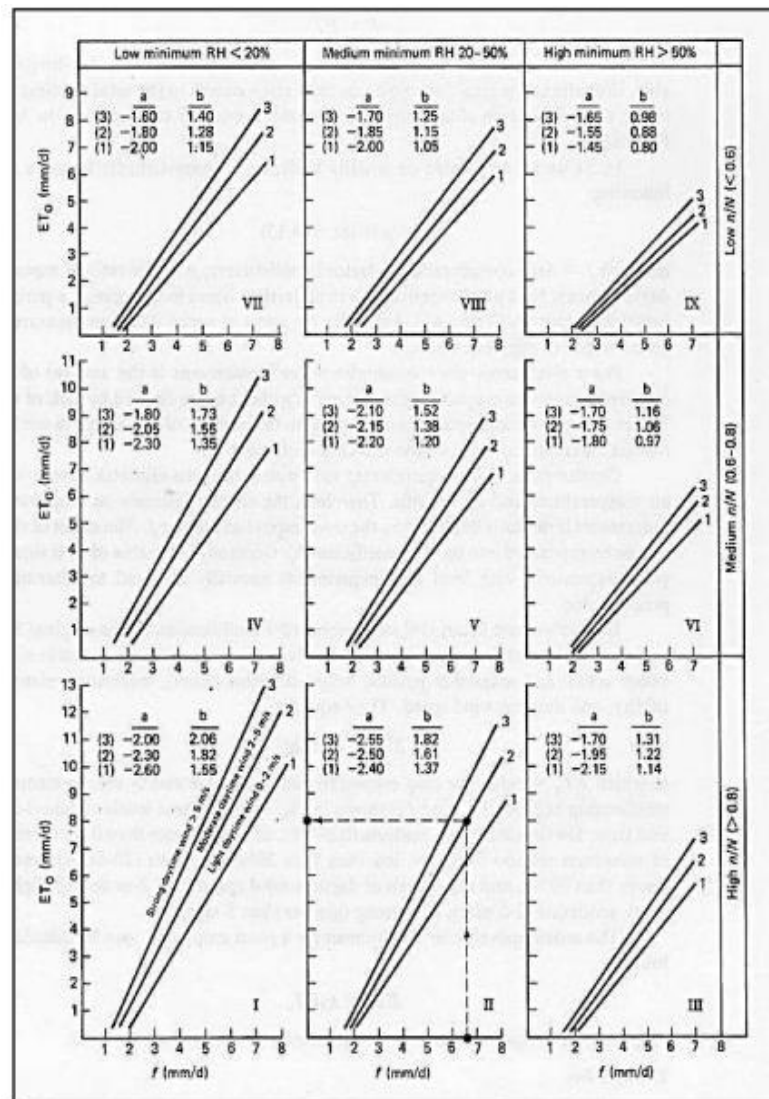
$$F = p(0.46 t + 0.13)$$

$$F = 0.28 * (0.46 * 16.22) + 0.13 = 4.36 \text{ mm}$$

Mediante la utilización de gráficos propuestos por la FAO, como lo muestra la figura 15, se obtiene el valor de evapotranspiración potencial (ET_o)

Figura 15.

Precipitación de ETo Blancy-Criddle



Nota: Adaptado de "Hablemos de riego" por CONGOPE (2016)

Nota. En la parte inferior de los gráficos se encuentra el factor F; la parte superior de la imagen HR (humedad relativa) 3 opciones.; la parte de la derecha del valor de la nubosidad n/N 3 opciones; en los gráficos corresponde a la velocidad del viento V, tres opciones. Fuente: (CONGOPE, 2014)

Para la selección de la recta correspondiente a la velocidad del viento en la figura 15 se hace uso de la tabla a continuación:

Tabla 21.

Descripción de la velocidad del viento

Velocidad 0-2m/s	Descripción
2-5m/s	Suave
>5m/s	Moderado
Velocidad 0-2m/s	Fuerte

Nota. Descripción en función de la de la velocidad del viento. Fuente: (Cartuche & Macas, 2022)

Los valores de evapotranspiración potencial para cada mes se muestran en la tabla 22.

Tabla 22.

Evapotranspiración potencial mensual

Mes	Eto (mm/día)	Nº días/mes	Eto (mm/mes)
Enero	1.74	31	53.94
Febrero	1.78	28	49.84
Marzo	1.79	31	55.49
Abril	1.66	30	49.80
Mayo	1.64	31	50.84
Junio	1.59	30	47.70
Julio	1.50	31	46.50
Agosto	1.58	31	48.98
Septiembre	1.64	30	49.20
Octubre	1.81	31	56.11
Noviembre	1.80	30	54.00
Diciembre	1.79	31	55.49

Nota. Valores de la evapotranspiración de cada mes. Elaborado por: Las autoras.

4.1.4 Evapotranspiración del cultivo

Para determinar la evapotranspiración del cultivo se utiliza la siguiente fórmula en la que se necesita como dato para la evapotranspiración potencial, y el coeficiente de cultivo.

$$ET = Eto * Kc$$

Donde:

ET: Evapotranspiración en mm.

Eto: Evapotranspiración potencial en mm.

Kc: Coeficiente de cultivo.

4.1.4.1 *Coeficiente de cultivo*

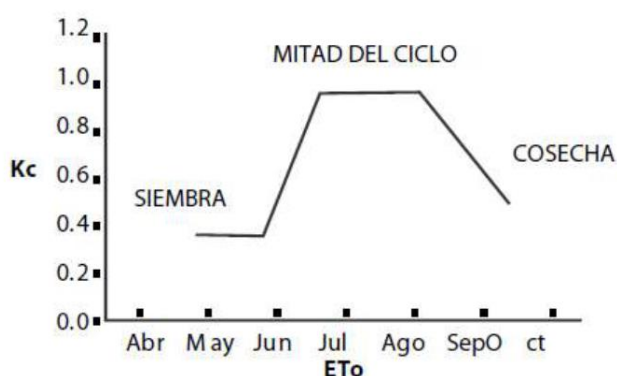
El coeficiente de cultivo se calcula mensualmente tomando en cuenta las cuatro fases del ciclo vegetativo (CONGOPE, 2016).

- Fase inicial: tiempo correspondiente desde la germinación hasta el crecimiento inicial aparición de las primeras hojas.
- Fase de desarrollo: comprende desde que termina la fase inicial hasta que llega al 80% de la cubierta sombreada.
- Fase de maduración: comprende desde que finaliza la fase de desarrollo hasta comienzos de maduración, en algunos cultivos esta fase es la de floración.
- Fase final: comprende desde el final de la fase de maduración hasta la cosecha.

La figura 16 muestra la necesidad hídrica de la planta en las diferentes fases de desarrollo.

Figura 16.

Coeficiente de cultivo

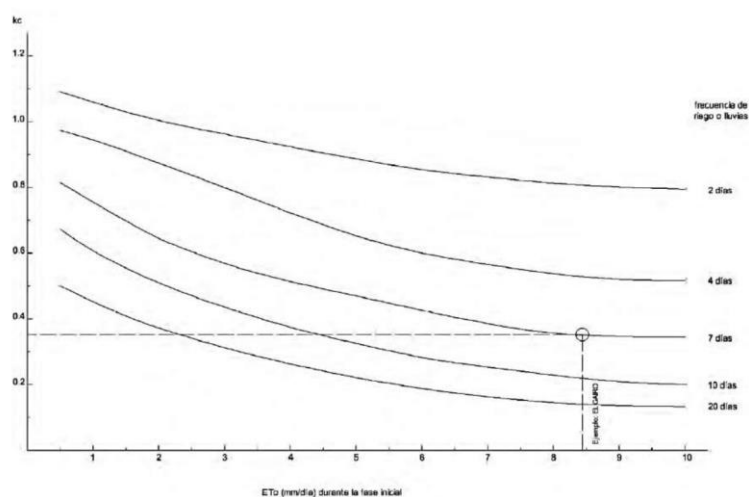


Nota. En la figura se muestra el coeficiente de cultivo. Fuente: (Hablemos de Riego, 2014)

Se toma el valor de Kc en la fase inicial en función de la Eto tomado del libro (Hablemos de Riego, 2014)

Figura 17.

Kc inicial en función de Eto



Nota. Coeficiente de cultivo en función de la evapotranspiración. Fuente: (Hablemos de Riego, 2014)

El procedimiento para la determinación de los kc para cada fase de desarrollo de cada cultivo se indica en la tabla a continuación:

Tabla 23.

Cálculo de coeficiente de cultivo

Tipo de cultivo	Kc Inicial	Kc Desarrollo	Kc Maduración	Kc Final
Pasto	1.00	1.00	1.00	1.00
Maíz duro	0.40	0.80	1.15	0.70
Lechuga	0.45	0.60	1.00	0.90
Col	0.45	0.75	1.05	0.90
Coliflor	0.45	0.75	0.95	0.80
Papa	0.60	0.75	1.15	0.75
Zanahoria	0.45	0.75	1.05	0.90
Alverja	0.45	0.80	1.15	1.05

Nota. Coeficiente de cultivo para cada fase. Elaborado por las autoras.

4.1.5 Precipitación efectiva

Según (CONGOPE) “Es parte de la lluvia almacenada por el suelo y disponible para el cultivo” (2014)

Cuando Pr es superior a 75mm se dice que:

$$Pe = 0.8 Pr - 25$$

Cuando Pr es inferior a 75 mm

$$Pe = 0.6 Pr - 10$$

Donde:

Pe : Precipitación efectiva en mm.

Pr : Precipitación mensual, dato obtenido de anuario meteorológico en mm.

Para el mes de enero se tiene una precipitación de 95.31 mm/mes , valor obtenido con las tablas del INAMHI indicados en el anexo B.

$$Pe = 0.8 Pr - 25$$

$$Pe = 0.8 (95.31) - 25 \text{ mm/mes}$$

$$Pe = 51.25 \text{ mm/mes}$$

$$Pe = 51.25/31 \text{ mm/dia}$$

$$Pe = 1.65 \text{ mm/dia}$$

La precipitación efectiva para cada mes se puede observar en la tabla siguiente

Tabla 24.

Precipitación efectiva

Mes	N° días/mes	Pr mm/mes	Pe mm/mes	Pe mm/día
Enero	31	95.31	51.25	1.65
Febrero	28	137.32	84.85	3.03

Marzo	31	134.80	82.84	2.67
Abril	30	100.12	55.09	1.84
Mayo	31	68.09	30.85	1.00
Junio	30	62.60	27.56	0.92
Julio	31	51.18	20.71	0.67
Agosto	31	43.59	16.15	0.52
Septiembre	30	40.58	14.35	0.48
Octubre	31	80.58	39.46	1.27
Noviembre	30	77.64	37.11	1.24
Diciembre	31	129.83	78.86	2.54
Promedio			44.92	1.49

Nota. Promedio de la precipitación efectiva mensual y diario. Elaborado por: Las autoras.

4.1.6 Balance hídrico

Para determinar el balance hídrico se considera las precipitaciones efectivas calculadas en la tabla 25. La precipitación efectiva contribuye con agua al cultivo, cuando no se tiene suficiente agua para satisfacer la necesidad hídrica del cultivo, se tendrá que aplicar el riego. Para establecer la cantidad de agua que necesita la planta, se usa el término de Demanda neta con la siguiente fórmula:

$$Dn = Et - Pe$$

Donde:

Et: Demanda neta de riego.

Pe: Precipitación efectiva.

En las siguientes tablas se presenta el balance hídrico de cada uno de los cultivos que tienen mayor presencia en la zona del proyecto; donde se indican las fases del cultivo, evapotranspiración, precipitación efectiva, demanda bruta, y finalmente el caudal en litros por hectárea de sembrío:

4.1.6.1.1 Pasto

Tabla 25.

Balance hídrico del pasto

Meses	N° días/mes	Fases	Días/mes	Eto	Kc Pasto	Et	Et/fase	Et/fase/mes	Pe	Dn (mm/mes)	Dn (mm/día)	Db (mm/día)	Q (l/s/ha)
Enero	31	Inicio	20	1.74	1.00	1.74	34.8	53.94	51.25	2.69	0.09	0.12	0.01
		Desarrollo	11	1.74	1.00	1.74	19.14						
Febrero	28	Desarrollo	24	1.78	1.00	1.78	42.72	49.84	84.85	0.00	0.00	0.00	0.00
		Maduración	4	1.78	1.00	1.78	7.12						
Marzo	31	Maduración	31	1.79	1.00	1.79	55.49	55.49	82.84	0.00	0.00	0.00	0.00
Abril	30	Maduración	10	1.66	1.00	1.66	16.6	49.80	55.09	0.00	0.00	0.00	0.00
		Final	20	1.66	1.00	1.66	33.2						
Mayo	31	Inicio	20	1.64	1.00	1.64	32.8	50.84	30.85	19.99	0.64	0.86	0.10
		Desarrollo	11	1.64	1.00	1.64	18.04						
Junio	30	Desarrollo	24	1.59	1.00	1.59	38.16	47.70	27.56	20.14	0.67	0.90	0.10
		Maduración	6	1.59	1.00	1.59	9.54						
Julio	31	Maduración	31	1.50	1.00	1.5	46.5	46.50	20.71	25.79	0.83	1.11	0.13
Agosto	31	Maduración	8	1.58	1.00	1.58	12.64	44.24	16.15	28.09	0.91	1.21	0.14
		Final	20	1.58	1.00	1.58	31.6						
Septiembre	30	Inicio	20	1.64	1.00	1.64	32.8	49.20	14.35	34.85	1.16	1.55	0.18
		Desarrollo	10	1.64	1.00	1.64	16.4						
Octubre	31	Desarrollo	25	1.81	1.00	1.81	45.25	56.11	39.46	16.65	0.54	0.72	0.08
		Maduración	6	1.81	1.00	1.81	10.86						
Noviembre	30	Maduración	30	1.80	1.00	1.8	54	54.00	37.11	16.89	0.56	0.75	0.09
Diciembre	31	Maduración	9	1.79	1.00	1.79	16.11	51.91	78.86	0.00	0.00	0.00	0.00
		Final	20	1.79	1.00	1.79	35.8						

Nota. Balance hídrico del pasto en 120 días. Elaborado por: Las autoras.

4.1.6.1.2 Maíz duro

Tabla 26.

Balance hídrico del Maíz duro

Meses	N° días/mes	Fases	Días/mes	Eto	Kc Maíz	Et	Et/fase	Et/fase/mes	Pe	Dn (mm/mes)	Dn (mm/día)	Db (mm/día)	Q (l/s/ha)
Octubre	31	Inicio	31	1.81	0.40	0.724	22.444	22.44	39.46	0.00	0.00	0.00	0.00
Noviembre	30	Inicio	14	1.80	0.40	0.72	10.08	33.12	37.11	0.00	0.00	0.00	0.00
		Desarrollo	16	1.80	0.80	1.44	23.04						
Diciembre	31	Desarrollo	31	1.79	0.80	1.432	44.392	44.39	78.86	0.00	0.00	0.00	0.00
		Desarrollo	23	1.74	0.80	1.392	32.016	48.02	51.25	0.00	0.00	0.00	0.00
Enero	31	Desarrollo	8	1.74	1.15	2.001	16.008						
		Maduración	20	1.78	1.15	2.047	40.94	40.94	84.85	0.00	0.00	0.00	0.00
Febrero	28	Maduración	31	1.78	1.15	2.047	63.457	63.46	82.84	0.00	0.00	0.00	0.00
Marzo	31	Maduración	30	1.79	1.15	2.0585	61.755	61.76	55.09	6.66	0.22	0.30	0.03
Abril	30	Maduración	6	1.66	1.15	1.909	11.454	40.15	30.85	9.30	0.30	0.40	0.05
		Final	25	1.64	0.70	1.148	28.7						
Junio	30	Final	30	1.64	0.70	1.148	34.44	34.44	27.56	6.88	0.23	0.31	0.04
Julio	31	Final	5	1.59	0.70	1.113	5.565	5.57	20.71	0.00	0.00	0.00	0.00

Nota. Balance hídrico del maíz duro en 270 días. Elaborado por: Las autoras.

4.1.6.1.3 Lechuga

Tabla 27.

Balance hídrico de la Lechuga

Meses	N° días/mes	Fases	Días/mes	Eto	Kc Maíz	Et	Et/fase	Et/fase/mes	Pe	Dn (mm/mes)	Dn (mm/día)	Db (mm/día)	Q (l/s/ha)
Octubre	31	Inicio	31	1.81	0.40	0.724	22.444	22.44	39.46	0.00	0.00	0.00	0.00
Noviembre	30	Inicio	14	1.80	0.40	0.72	10.08	33.12	37.11	0.00	0.00	0.00	0.00
		Desarrollo	16	1.80	0.80	1.44	23.04						
Diciembre	31	Desarrollo	31	1.79	0.80	1.432	44.392	44.39	78.86	0.00	0.00	0.00	0.00
Enero	31	Desarrollo	23	1.74	0.80	1.392	32.016	48.02	51.25	0.00	0.00	0.00	0.00
		Maduración	8	1.74	1.15	2.001	16.008						
Febrero	28	Maduración	20	1.78	1.15	2.047	40.94	40.94	84.85	0.00	0.00	0.00	0.00
Marzo	31	Maduración	31	1.78	1.15	2.047	63.457	63.46	82.84	0.00	0.00	0.00	0.00
Abril	30	Maduración	30	1.79	1.15	2.0585	61.755	61.76	55.09	6.66	0.22	0.30	0.03
Mayo	31	Maduración	6	1.66	1.15	1.909	11.454	40.15	30.85	9.30	0.30	0.40	0.05
		Final	25	1.64	0.70	1.148	28.7						
Junio	30	Final	30	1.64	0.70	1.148	34.44	34.44	27.56	6.88	0.23	0.31	0.04
Julio	31	Final	5	1.59	0.70	1.113	5.565	5.57	20.71	0.00	0.00	0.00	0.00

Nota. Balance hídrico de la lechuga en 75 días. Elaborado por: Las autoras.

4.1.6.1.4 Col

Tabla 28.

Balance hídrico de la Col

Meses	N° días/mes	Fases	Días/mes	Eto	Kc col	Et	Et/fase	Et/fase/mes	Pe	Dn (mm/mes)	Dn (mm/día)	Db (mm/día)	Q (l/s/ha)
Enero	31	Inicio	20	1.74	0.45	0.783	15.66	30.02	51.25	0.00	0.00	0.00	0.00
		Desarrollo	11	1.74	0.75	1.305	14.355						
Febrero	28	Desarrollo	14	1.78	0.75	1.335	18.69	44.86	84.85	0.00	0.00	0.00	0.00
		Maduración	14	1.78	1.05	1.869	26.166						
Marzo	31	Maduración	31	1.79	1.05	1.8795	58.2645	58.26	82.84	0.00	0.00	0.00	0.00
Abril	30	Maduración	15	1.66	1.05	1.743	26.145	48.56	55.09	0.00	0.00	0.00	0.00
		Final	15	1.66	0.90	1.494	22.41						
Mayo	31	Inicio	20	1.64	0.45	0.738	14.76	28.29	30.85	0.00	0.00	0.00	0.00
		Desarrollo	11	1.64	0.75	1.23	13.53						
Junio	30	Desarrollo	14	1.59	0.75	1.1925	16.695	43.41	27.56	15.85	0.53	0.70	0.08
		Maduración	16	1.59	1.05	1.6695	26.712						
Julio	31	Maduración	31	1.50	1.05	1.575	48.825	48.83	20.71	28.12	0.91	1.21	0.14
Agosto	31	Maduración	13	1.58	1.05	1.659	21.567	42.90	16.15	26.74	0.86	1.15	0.13
		Final	15	1.58	0.90	1.422	21.33						
Septiembre	30	Inicio	20	1.64	0.45	0.738	14.76	27.06	14.35	12.71	0.42	0.56	0.07
		Desarrollo	10	1.64	0.75	1.23	12.3						
Octubre	31	Desarrollo	15	1.81	0.75	1.3575	20.3625	50.77	39.46	11.31	0.36	0.49	0.06
		Maduración	16	1.81	1.05	1.9005	30.408						
Noviembre	30	Maduración	30	1.80	1.05	1.89	56.7	56.7	37.11	19.59	0.65	0.87	0.10
Diciembre	31	Maduración	14	1.79	1.05	1.8795	26.313	50.478	78.86	0.00	0.00	0.00	0.00
		Final	15	1.79	0.90	1.611	24.165						

Nota. Balance hídrico de la col en 120 días. Elaborado por: Las autoras.

4.1.6.1.5 Coliflor

Tabla 29.

Balance hídrico de la Coliflor

Meses	N° días/mes	Fases	Días/mes	Eto	Kc coliflor	Et	Et/fase	Et/fase/mes	Pe	Dn (mm/mes)	Dn (mm/día)	Db (mm/día)	Q (l/s/ha)
Enero	31	Inicio	15	1.74	0.45	0.783	11.745	32.63	51.25	0.00	0.00	0.00	0.00
		Desarrollo	16	1.74	0.75	1.305	20.88						
Febrero	28	Desarrollo	14	1.78	0.75	1.335	18.69	42.36	84.85	0.00	0.00	0.00	0.00
		Maduración	14	1.78	0.95	1.691	23.674						
Marzo	31	Maduración	31	1.79	0.95	1.7005	52.7155	52.72	82.84	0.00	0.00	0.00	0.00
Abril	30	Maduración	10	1.66	0.95	1.577	15.77	42.33	55.09	0.00	0.00	0.00	0.00
		Final	20	1.66	0.80	1.328	26.56						
Mayo	31	Inicio	15	1.64	0.45	0.738	11.07	30.75	30.85	0.00	0.00	0.00	0.00
		Desarrollo	16	1.64	0.75	1.23	19.68						
Junio	30	Desarrollo	14	1.59	0.75	1.1925	16.695	40.86	27.56	13.30	0.44	0.59	0.07
		Maduración	16	1.59	0.95	1.5105	24.168						
Julio	31	Maduración	31	1.50	0.95	1.425	44.175	44.18	20.71	23.47	0.76	1.01	0.12
Agosto	31	Maduración	8	1.58	0.95	1.501	12.008	37.29	16.15	21.13	0.68	0.91	0.11
		Final	20	1.58	0.80	1.264	25.28						
Septiembre	30	Inicio	15	1.64	0.45	0.738	11.07	29.52	14.35	15.17	0.51	0.67	0.08
		Desarrollo	15	1.64	0.75	1.23	18.45						
Octubre	31	Desarrollo	15	1.81	0.75	1.3575	20.3625	47.87	39.46	8.41	0.27	0.36	0.04
		Maduración	16	1.81	0.95	1.7195	27.512						
Noviembre	30	Maduración	30	1.80	0.95	1.71	51.3	51.3	37.11	14.19	0.47	0.63	0.07
Diciembre	31	Maduración	9	1.79	0.95	1.7005	15.3045	43.9445	78.86	0.00	0.00	0.00	0.00
		Final	20	1.79	0.80	1.432	28.64						

Nota. Balance hídrico de la coliflor en 120 días. Elaborado por: Las autoras.

4.1.6.1.6 Papa

Tabla 30.

Balance hídrico de la papa en 150 días

Meses	N° días/mes	Fases	Días/mes	Eto	Kc papa	Et	Et/fase	Et/fase/mes	Pe	Dn (mm/mes)	Dn (mm/día)	Db (mm/día)	Q (l/s/ha)
Mayo	31	Inicio	25	1.64	0.60	0.984	24.6	31.98	30.85	1.13	0.04	0.05	0.01
		Desarrollo	6	1.64	0.75	1.23	7.38						
Junio	30	Desarrollo	30	1.59	0.75	1.1925	35.775	35.78	27.56	8.22	0.27	0.37	0.04
Julio	31	Desarrollo	9	1.50	0.75	1.125	10.125	48.08	20.71	27.37	0.88	1.18	0.14
		Maduración	22	1.50	1.15	1.725	37.95						
Agosto	31	Maduración	31	1.58	1.15	1.817	56.327	56.33	16.15	40.17	1.30	1.73	0.20
Septiembre	30	Maduración	2	1.64	1.15	1.886	3.772	34.52	14.35	20.17	0.67	0.90	0.10
		Final	25	1.64	0.75	1.23	30.75						

Nota. Balance hídrico de la papa en 150 días. Elaborado por: Las autoras.

4.1.6.1.7 Zanahoria

Tabla 31.

Balance hídrico de la Zanahoria

Meses	N° días/mes	Fases	Días/mes	Eto	Kc zanahoria	Et	Et/fase	Et/fase/mes	Pe	Dn (mm/mes)	Dn (mm/día)	Db (mm/día)	Q (l/s/ha)
Enero	31	Inicio	25	1.74	0.45	0.783	19.575	27.41	51.25	0.00	0.00	0.00	0.00
		Desarrollo	6	1.74	0.75	1.305	7.83						
Febrero	28	Desarrollo	24	1.78	0.75	1.335	32.04	39.52	84.85	0.00	0.00	0.00	0.00
		Maduración	4	1.78	1.05	1.869	7.476						
Marzo	31	Maduración	31	1.79	1.05	1.8795	58.2645	58.26	82.84	0.00	0.00	0.00	0.00
Abril	30	Maduración	5	1.66	1.05	1.743	8.715	46.07	55.09	0.00	0.00	0.00	0.00
		Final	25	1.66	0.90	1.494	37.35						
Mayo	31	Inicio	25	1.64	0.45	0.738	18.45	25.83	30.85	0.00	0.00	0.00	0.00
		Desarrollo	6	1.64	0.75	1.23	7.38						
Junio	30	Desarrollo	24	1.59	0.75	1.1925	28.62	38.64	27.56	11.08	0.37	0.49	0.06
		Maduración	6	1.59	1.05	1.6695	10.017						
Julio	31	Maduración	31	1.50	1.05	1.575	48.825	48.83	20.71	28.12	0.91	1.21	0.14
Agosto	31	Maduración	3	1.58	1.05	1.659	4.977	40.53	16.15	24.37	0.79	1.05	0.12
		Final	25	1.58	0.90	1.422	35.55						
Septiembre	30	Inicio	25	1.64	0.45	0.738	18.45	24.60	14.35	10.25	0.34	0.46	0.05
		Desarrollo	5	1.64	0.75	1.23	6.15						
Octubre	31	Desarrollo	25	1.81	0.75	1.3575	33.9375	45.34	39.46	5.88	0.19	0.25	0.03
		Maduración	6	1.81	1.05	1.9005	11.403						
Noviembre	30	Maduración	30	1.80	1.05	1.89	56.7	56.7	37.11	19.59	0.65	0.87	0.10
Diciembre	31	Maduración	4	1.79	1.05	1.8795	7.518	47.793	78.86	0.00	0.00	0.00	0.00
		Final	25	1.79	0.90	1.611	40.275						

Nota. Balance hídrico de la zanahoria en 120 días. Elaborado por: Las autoras.

4.1.6.1.8 Alverja

Tabla 32.

Balance hídrico de la Col

Meses	N° días/mes	Fases	Días/mes	Eto	Kc alverja	Et	Et/fase	Et/fase/mes	Pe	Dn (mm/mes)	Dn (mm/día)	Db (mm/día)	Q (l/s/ha)
Mayo	31	Inicio	25	1.64	0.45	0.738	18.45	26.32	84.85	0.00	0.00	0.00	0.00
		Desarrollo	6	1.64	0.80	1.312	7.872						
Junio	30	Desarrollo	30	1.59	0.80	1.272	38.16	38.16	82.84	0.00	0.00	0.00	0.00
Julio	31	Desarrollo	4	1.50	0.80	1.2	4.8	51.38	55.09	0.00	0.00	0.00	0.00
		Maduración	27	1.50	1.15	1.725	46.575						
Agosto	31	Maduración	31	1.58	1.15	1.817	56.327	56.33	30.85	25.47	0.82	1.10	0.13
Septiembre	30	Maduración	2	1.64	1.15	1.886	3.772	46.82	27.56	19.26	0.64	0.86	0.10
		Final	25	1.64	1.05	1.722	43.05						

Nota. Balance hídrico de la col en 150 días. Elaborado por: Las autoras.

4.1.7 Demanda neta y demanda bruta

Existe dos tipos de demanda de agua que necesita el cultivo, estas son la demanda bruta y la demanda neta.

La demanda neta indica la cantidad de agua que requiere la planta, y, la demanda bruta es la cantidad de agua que se necesita aplicar considerando las pérdidas producidas por el tipo de riego utilizado; se calcula con la siguiente fórmula:

$$Db = \frac{Dn}{Ea}$$

Donde:

Dn: Demanda neta.

Ea: Eficiencia de aplicación.

Tabla 33.

Eficiencia de aplicación del agua para diferentes sistemas de riego

Tipo de riego	Eficiencia
Riego por surcos	0.5-0.7
Riego por fajas	0.6-0.75
Riego por inundación	0.6-0.8
Riego por inundación permanente (arroz)	0.3-0.4
Riego por aspersión	0.65-0.85
Riego por goteo	0.75-0.9

Nota. Coeficientes de eficiencia del agua según los tipos de riego. Fuente: (Cartuche & Macas, 2022)

No se puede lograr una eficiencia de 100% en el riego, por lo que existen pérdidas ineludibles, para tener certeza de que al cultivo llegará la cantidad de agua que requiere ser consumida se debe aplicar una mayor cantidad de agua al riego con el propósito de prevenir las pérdidas (CONGOPE, 2014).

Tabla 34.

Demanda bruta para cada tipo de cultivo

Tipo/cultivo	Fases	kc mm/día	Eto mm/día	Et mm/día	Pe mm/día	Dn mm/día	Ea %	Db mm/día	Q l/s ha
Pasto	Inicio	1		1.81		0.32		0.43	0.05
	Desarrollo	1		1.81		0.32		0.43	0.05
	Maduración	1		1.81		0.32		0.43	0.05
	Final	1		1.81		0.32		0.43	0.05
Maíz duro	Inicio	0.40		0.72		0.00		0.00	0.00
	Desarrollo	0.80		1.45		0.00		0.00	0.00
	Maduración	1.15		2.08		0.60		0.79	0.09
Lechuga	Final	0.70		1.27		0.00		0.00	0.00
	Inicio	0.45		0.81		0.00		0.00	0.00
	Desarrollo	0.60		1.09		0.00		0.00	0.00
	Maduración	1.00		1.81		0.32		0.43	0.05
Col	Final	0.90		1.63		0.14		0.19	0.02
	Inicio	0.45	1.81	0.81	1.49	0.00	75%	0.00	0.00
	Desarrollo	0.75		1.36		0.00		0.00	0.00
	Maduración	1.05		1.90		0.41		0.55	0.06
Coliflor	Final	0.90		1.63		0.14		0.19	0.02
	Inicio	0.45		0.81		0.00		0.00	0.00
	Desarrollo	0.75		1.36		0.00		0.00	0.00
Papa	Maduración	0.95		1.72		0.23		0.31	0.04
	Final	0.80		1.45		0.00		0.00	0.00
	Inicio	0.60		1.09		0.00		0.00	0.00
Zanahoria	Desarrollo	0.75		1.36		0.00		0.00	0.00
	Maduración	1.15		2.08		0.60		0.79	0.09
	Final	0.75		1.36		0.00		0.00	0.00
Alverja	Inicio	0.45		0.81		0.00		0.00	0.00
	Desarrollo	0.80		1.45		0.00		0.00	0.00
	Maduración	1.15		2.08		0.60		0.79	0.09
	Final	1.05		1.90		0.41		0.55	0.06

Nota. Demanda bruta de los diferentes cultivos. Elaborado por: Las autoras.

4.1.7.1 Lámina neta y lamina bruta

La lámina neta es la reserva de agua fácilmente disponible necesaria en el riego para humedecer la zona radicular y es afectada por el factor el agotamiento se utiliza la siguiente ecuación para su cálculo:

$$Ln = \frac{Cc - Pm}{100} * da * Pr * f$$

Donde:

Cc: Capacidad de campo (%)

Pm: Punto de marchitez (%)

da: Densidad aparente

Pr: Profundidad radicular efectiva (m)

La lámina bruta por el contrario es la cantidad de agua que se debe aplicar en cada riego para asegurar la infiltración reteniendo la lámina neta en la zona radicular.

$$Lt = \frac{Ln}{Ea}$$

Donde:

Lt: Lámina bruta (mm).

Ln: Lámina neta (mm).

Ea: Eficiencia de aplicación= 0.75.

Tabla 35.

Lamina neta de riego y lamina bruta

Suelo arcilloso				f	Prof. Efectiva	Ln	Lt
Tipo/cultivo	Cc	Pm	da t/m3	%	m	mm	mm
Pasto				40%	0.2	15.68	20.91
Maíz duro				40%	0.6	47.04	62.72
Lechuga				35%	0.2	13.72	18.29
Col	27%	13%	1.4	45%	0.3	26.46	35.28
Coliflor				45%	0.3	26.46	35.28
Papa				40%	0.5	39.2	52.27
Zanahoria				40%	0.4	31.36	41.81
Alverja				45%	0.4	35.28	47.04

Nota. Lámina neta y lámina bruta de cada cultivo. Elaborado por: Las autoras.

4.1.7.2 Número e intervalo máximo de riego

Es el tiempo existente entre dos periodos de riego consecutivos, el número de riegos durante el ciclo vegetativo se determina por la necesidad de cada cultivo Dn y la lámina de riego (CONGOPE, 2014)

$$\# \text{ Riego} = \frac{Ln}{Dn}$$

Dn: Necesidades del cultivo mm/día.

Ln: Lámina neta del riego mm.

Tabla 36.*Intervalo de riego*

Tipo/cultivo	Fases	Dn	Fases	Dn	Ln	N.º de riego/ciclo vegetativo	Fr día	N.º de riego/fase
		mm/día	Días	mm/fase	mm/ciclo			
Pasto	Inicio	0.32	20	6.49			48.34	1
	Desarrollo	0.32	35	11.35			48.34	1
	Maduración	0.32	45	14.60	38.93	15.68	2.48	48.34
	Final	0.32	20	6.49				48.34
Maíz duro	Inicio	0.00	45	0.00			0.00	0
	Desarrollo	0.00	70	0.00			0.00	0
	Maduración	0.60	95	56.61	56.61	47.04	1.20	78.94
	Final	0.00	60	0.00				0.00
Lechuga	Inicio	0.00	20	0.00			0.00	0
	Desarrollo	0.00	30	0.00			0.00	0
	Maduración	0.32	15	4.87	6.30	13.72	0.46	42.29
	Final	0.14	10	1.43				95.68
Col	Inicio	0.00	20	0.00			0.00	0
	Desarrollo	0.00	25	0.00			0.00	0
	Maduración	0.41	60	24.89	27.04	26.46	1.02	63.78
	Final	0.14	15	2.15				184.53
Coliflor	Inicio	0.00	15	0.00			0.00	0
	Desarrollo	0.00	30	0.00			0.00	0
	Maduración	0.23	55	12.86	12.86	26.46	0.49	113.13
	Final	0.00	20	0.00				0.00
Papa	Inicio	0.00	25	0.00			0.00	0
	Desarrollo	0.00	45	0.00			0.00	0
	Maduración	0.60	55	32.77	32.77	39.2	0.84	65.78
	Final	0.00	25	0.00				0.00
Zanahoria	Inicio	0.00	25	0.00			0.00	0
	Desarrollo	0.00	30	0.00			0.00	0
	Maduración	0.41	40	16.60	20.18	31.36	0.64	75.59
	Final	0.14	25	3.58				218.70
Alverja	Inicio	0.00	25	0.00			0.00	0
	Desarrollo	0.00	40	0.00			0.00	0
	Maduración	0.60	60	35.75	46.13	35.28	1.31	59.21
	Final	0.41	25	10.37				85.03

Nota. Intervalo de riego según sus fases de desarrollo de cada cultivo. Elaborado por:

Las autoras.

4.1.7.3 Lámina total ajustada

Se plantea riegos diarios, con esto se ajustaría la lámina total (Lt) a la demanda bruta (Db).

$$Ln_{ajustada} = I \times Dn$$

Donde:

I: Intervalo en (días)

Dn: Demanda neta mm/día

Tabla 37.*Necesidad hídrica ajustada*

Tipo/cultivo	Dn mm/días	Intervalo días	Ln mm	Ea	Lt mm
Pasto	0.32	1	0.32	50%	0.65

Maíz duro	0.60	0.60	1.19
Lechuga	0.32	0.32	0.65
Col	0.41	0.41	0.83
Coliflor	0.23	0.23	0.47
Papa	0.60	0.60	1.19
Zanahoria	0.41	0.41	0.83
Alverja	0.60	0.60	1.19

Nota. Necesidad hídrica ajustada para cada cultivo. Elaborado por: Las autoras.

4.1.8 *Tiempo de riego por cultivo*

Es el tiempo de riego diario para cada cultivo, se recalcula el tiempo necesario para que la lámina neta se infiltre en el suelo hacia la zona radicular.

$$T = \frac{Lt}{Vi}$$

Donde:

Lt: Lámina total mm.

Vi: Velocidad de infiltración mm/hora.

Tabla 38.

Tiempo de riego para cada cultivo

Tipo/cultivo	Lt mm	Vi mm/hora	T Hora
Pasto	20.91		4.36
Maíz duro	62.72		13.07
Lechuga	18.29		3.81
Col	35.28	4.8	7.35
Coliflor	35.28		7.35
Papa	52.27		10.89
Zanahoria	41.81		8.71
Alverja	47.04		9.80
		Promedio	8.17

Nota. Tiempo de riego para cada cultivo. Elaborado por: Las autoras.

Por lo tanto, se puede entender que los turnos de riego para el cultivo serán de entre 12 y 8 horas

4.1.9 Caudal de riego

En la siguiente tabla se muestra las áreas de riego en los distintos sectores por los que cruza la línea de conducción de agua para riego.

Tabla 39.

Áreas de riego por sector

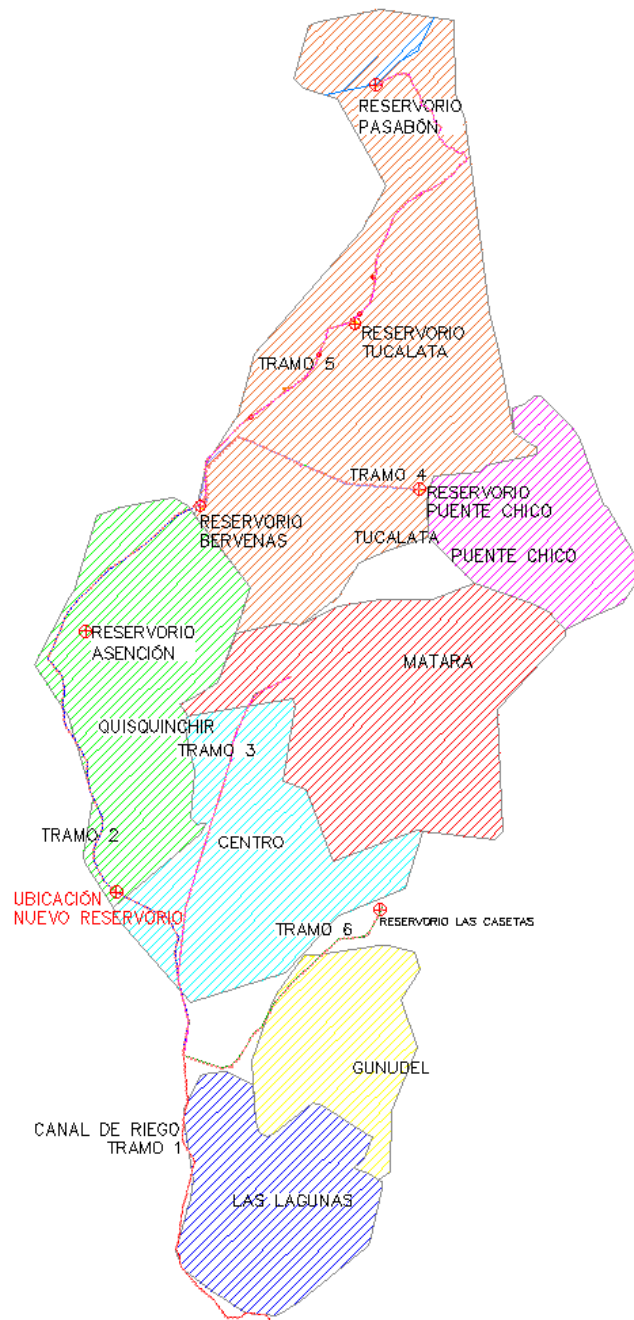
#Sector	Sector	Área reg (m2)	Pasto	Maíz, papas, alverja	Huerta
1	Las Lagunas	189953.03	91177.45	51287.32	47488.26
2	Gunudel	134929.00	64765.92	36430.83	33732.25
3	Centro	97436.17	46769.36	26307.77	24359.04
4	Matara	352210.00	169060.80	95096.70	88052.50
5	Quisquinchir	351197.79	168574.94	94823.40	87799.45
6	Tucalata	541146.78	259750.45	146109.63	135286.69
7	Puente Chico	88327.52	42397.21	23848.43	22081.88
	Total:	1755200.29			

Nota. Áreas de riego de cada sector. Elaborado por: Las autoras

La imagen a continuación indica las áreas de riego en distintos colores.

Figura 18.

Áreas de riego por sector



Nota. Áreas de riego de cada sector. Elaborado por: Las autoras

Para determinar el caudal necesario por sector se utiliza la siguiente ecuación:

$$Q_{min} = \frac{L_{tajustada} * Superficie}{3600 * tos}$$

Donde:

Q_m : Caudal mínimo (l/s).

D_b : Demanda bruta mm/día.

S : Superficie m^2 .

Tos : Tiempo de operación del sistema $Tos < 24$ horas.

El caudal necesario para regar todas las parcelas es de 45.57 l/s, en la siguiente tabla se muestra el caudal por sector según el tipo de cultivo.

Tabla 40.

Caudal necesario de diseño

#Sector	Sector	Caudal (l/s)
1	Las Lagunas	4.86
2	Gunudel	3.45
3	Centro	2.49
4	Matara	9.01
5	Quisquinchir	8.99
6	Tucalata	13.85
7	Puente Chico	2.93
	Total:	45.57

Nota. Caudal necesario de diseño por cada sector. Elaborado por: Las autoras.

4.2 Diseño Hidráulico

4.2.1 Diseño del canal

4.2.1.1 Datos de diseño

Para el diseño se han utilizado los siguientes valores de partida para el diseño

Caudal a autorizar: Caudal que circula por el canal de hormigón, indicado por la secretaria del agua: (Q_a): 135.75 l/s.

Caudal máximo: correspondiente a la máxima capacidad hidráulica que debe circular por el según la secretaria del agua: Q_{max} : 158.40 l/s.

Coefficiente de Rugosidad del material (n) en este caso para el hormigón el coeficiente es de 0.015.

Pendiente promedio del canal (j) a lo largo del recorrido, se ha considerado un valor de 0.0045 m/m.

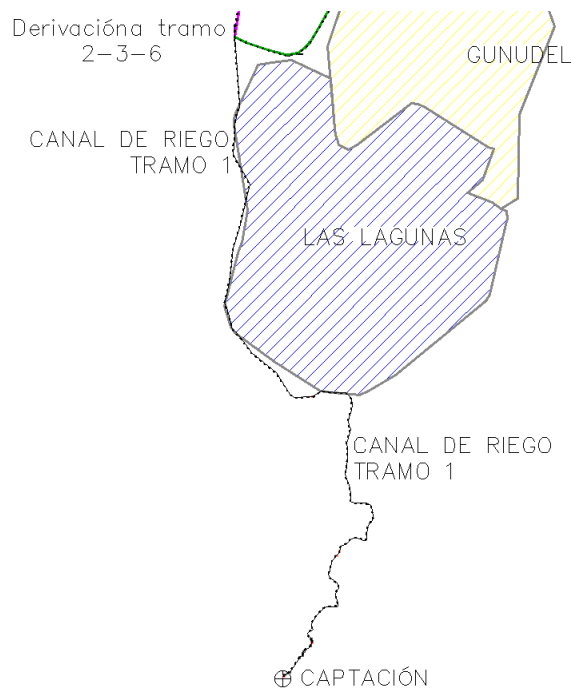
Longitud total del canal (L) la misma que es de 2,789.00 m.

4.2.1.2 Dimensionamiento del canal

El canal a dimensionar corresponde al tramo de conducción con flujo a superficie libre, ubicado entre la captación y el nuevo tanque reservorio.

Figura 19.

Ubicación del tramo 1, canal de riego a superficie libre.



Nota. Tramo completo del canal. Elaborado por: Las autoras.

Partiendo de la ecuación de la ecuación de Manning obtenemos las características hidráulicas del canal:

$$k^1 = \frac{Q * n}{b^{2.67} * j^{0.5}}$$

Se ha considerado un ancho de canal (b) de 0.50 m y una gradiente de solera o pendiente de 0.0065

$$k^1 = \frac{0.1584 * 0.015}{0.50^{2.67} * 0.006^{0.5}} = 0.203$$

Interpolando los con los valores para la tabla de relación d/b para canales rectangulares se obtiene un valor de 0.71, con el cual se calcula la geometría del canal

Calado normal

$$\frac{Yn}{b} = 0.71$$

$$Yn = 0.71 * .50 = 0.355m$$

Área

$$Ac = Yn * b$$

$$Ac = 0.355 * 0.50 = 0.18 m^2$$

Velocidad

$$Vc = \frac{Qd}{Ac}$$

$$Vc = \frac{0.1584}{0.18} = 0.89 m/s$$

Número de froude

$$F = \frac{Vc}{\sqrt{g * Yn}}$$

$$F = \frac{0.89}{\sqrt{9.81 * 0.355}} = 0.70$$

$$F < 1$$

$$0.48 < 1 \text{ Ok (Flujo subcritico)}$$

4.2.1.3 Pérdidas de caudales en canales.

La pérdida de agua en los canales es generalmente máxima inmediatamente después de construidos y después disminuye gradualmente con el tiempo a medida que el fondo y los lados son cubiertos por algún tipo de fango, impermeabilizándolo, partículas de limo y arcilla llevadas por el agua son atraídas e incrustadas en los poros del hormigón obstruyéndolos. (Krochin, 1986)

Para ello se utiliza la ecuación de A. MORITZ: En función del material en el que está excavado el canal y por consiguiente serán estas las partículas que se incrustarán en el hormigón del canal por lo que se utiliza la ecuación siguiente:

$$P = 0.0375 * C_m * A^{0.5}$$

Donde:

P: Pérdidas m³/s-km.

A: Sección del canal (m²).

C_m: Coeficiente de permeabilidad.

Tabla 41.

Tipo de suelo vs Coeficiente de permeabilidad.

CLASE DE SUELO	C _m
Suelo franco	0.08-0.3
Suelo Franco arenoso	0.3-0.45
Arenas y Gravas	0.55-0.75

Nota. Coeficiente de permeabilidad según el tipo de suelo. Elaborado por: (Krochin, 1986)

$$P = 0.0375 * 0.45 * 0.18^{0.5} = 0.0711 \frac{m^3}{s} - km$$

Para el caso del tramo 2-3 la pérdida de caudal que se obtiene de la siguiente operación:

$$0.0711\% * 0.26 km = 0.0001847 m^3/s = 0.1847 l/s$$

4.2.1.4 *Pérdida de caudal admisible:*

Según (Cartuche & Macas, 2022) es valor de pérdida debe ser menor a 6%, recomendado como pérdida de caudal por kilómetro, para cumplir con los requerimientos hidráulicos.

$$Q_r = Q_i - P * L$$

Para el caso de la longitud total del canal se tiene una pérdida total de 1.85 l/s, calculando la pérdida máxima admisible es de 43.2 l/s, por lo que se está dentro de los rangos de tolerancia.

$$Q_r = 0.158 - 4\% * 2.789 = 43.2 l/s$$

$$1.85 \frac{l}{s} < 43.2 \frac{l}{s} ok$$

4.2.2 *Diseño de la tubería de conducción*

Para el ejemplo de cálculo se diseñará la tubería del tramo 3 la cual tiene una longitud de 1925 m, con cota de inicio de 2602.90 m.s.n.m. y cota de fin de 2452.19 m.s.n.m., misma que inicia en el reservorio y termina en un tanque de derivación.

4.2.2.1 *Caudal de diseño.*

El caudal de diseño para los diferentes tramos de la línea de conducción corresponde al caudal de cultivos por tramo de tubería indicado en la tabla a continuación

Tabla 42.

Caudales por tramo

Tramo	Caudal (m3/s)
2	0.026
3	0.012
4	0.003
5	0.014
6	0.008

Nota. Muestra los valores de caudal por tramo del proyecto. Elaborado por: Las autoras.

4.2.2.2 Diámetro de la tubería.

De la ecuación de Hazen-Williams se puede calcular el diámetro de la tubería, mismo que corresponde al valor mínimo que puede ser utilizado para el diseño de la conducción. Este valor se debe comparar con el diámetro comercial más próximo existen con el fin de identificar el diámetro óptimo.

$$D = \left(\frac{Q_{dis}}{0,2785 * C * J^{0,54}} \right)^{1/2,63}$$

Donde:

D: Diámetro de la tubería (m).

Qdis: Caudal de diseño (m³/s).

C: Coeficiente de Chow.

J: Pérdida de carga unitaria (m/m).

Los diámetros comerciales, para los 5 tramos de tubería a presión son de los indicados a continuación, para soportar una presión de trabajo de 1.25 MPa.

Tabla 43.

Diámetro de la tubería a presión

Tramo	Diámetro (mm)	Presión (MPa)	Espesor Nominal (mm)
--------------	----------------------	----------------------	-----------------------------

5	180	1.25	5.6
3 y 6	110	1.25	8.1
4	75	1.25	13.3
2	225	1.25	16.6

Nota. Muestra los valores del diámetro, presión y espesor nominal de la tubería.

Elaborado por: Las autoras.

4.2.2.3 Velocidades admisibles.

Las tuberías de material PVC debe obedecer un rango de velocidades de 0,60 m/s a 4,5 m/s, con el fin de evitar acumulación de sedimentos y abrasión; el proyecto con el caudal de diseño y el diámetro por tramo, mantiene una velocidad de 0.64 m/s.

$$Q_{dis} = V * W$$

Donde:

V: Velocidad (m/s).

Q_{dis}: Caudal de diseño (m³/s).

W: Sección de la tubería (m²).

La velocidad calculada en cada tramo está dentro de los límites admisibles, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 44.

Velocidades y diámetros de diseño.

Tramo	Q (m ³ /s)	D comercial (mm)	V real (m/s)	V _{min} =0,60 (m/s)	V _{máx} =4,5 (m/s)
2	0.026	225	0,648	cumple	cumple
3	0.012	110	1.211	cumple	cumple
4	0.003	75	0.663	cumple	cumple
5	0.014	180	0.544	cumple	cumple
6	0.008	110	0.875	cumple	cumple

Nota. Velocidades y diámetros de diseño de la red de distribución. Elaborado por: Las autoras.

4.2.2.4 *Perdidas de carga*

Es la presión que se pierde por cada metro de longitud; la carga hidráulica disponible es la diferencia de cotas y la pérdida de carga local originada en cada tramo, a continuación, se da de ejemplo el cálculo de la pérdida de carga para el primer segmento de tubería del tramo 1.

$$hf = \left(\frac{45.57}{2.492 \cdot 140 \cdot 0.3^{2.63}} \right)^{1.85} = 0.00185$$

$$HL = 0.00185 \cdot 200 = 0.37 \text{ m}$$

4.2.2.5 *Presiones de diseño.*

La presión estática máxima en el tramo 2 es de 73.81 mH₂O, debido a esto, fue necesario dividir la tubería en 2 tramos, en donde la presión de diseño no supera la presión de trabajo de la tubería propuesta.

La sobrepresión máxima se encuentra en el tramo 2 con un valor de 73.81 mH₂O.

$$P_{dis} = 1,1 \cdot (73.81)$$

$$P_{dis} = 81.19 \text{ mH}_2\text{O}$$

$$P_{dis} < P_{trabajo}$$

$$81.19 \text{ mH}_2\text{O} < 125 \text{ mH}_2\text{O OK}$$

El perfil longitudinal y la implantación de cada tramo se indican en el anexo C; La presión máxima estática existente en cada tramo se muestra en la tabla 45.

Tabla 45.

Presiones máximas para cada tramo en la línea de conducción.

Tramo	Longitud m	Inicial (m.s.n.m.)	Final (m.s.n.m.)	Presión Est. Max(mH₂O)	Presión (MPa)
2	3163.04	2602.90	2561.10	73.81	0.74
3	2007.98	2602.90	2435.10	39.19	0.40

4	1405.95	2561.43	2440.02	48.81	0.49
5	3010.77	2562.14	2464.94	61.85	0.62
6	1402.27	2602.39	2528.92	29.66	0.30

Nota. Presiones máximas de cada línea de conducción. Elaborado por: Las Autoras

Las tablas del diseño completo se encuentran en el Anexo B; mientras que la figura 20 indica un esquema de los tramos diseñados.

Figura 20.

Esquema de los diferentes tramos de tubería del proyecto.



Nota. Se indican los 6 tramos del proyecto, tramo 1 canal con flujo a superficie libre, tramos 2 a 6 flujo a presión en tubería PVC. Elaborado por: Las Autoras.

4.2.3 Diseño de las cámaras rompe presión

Para el diseño hidráulico de la caja rompe presión se considera el caudal de entrada al mismo, el cual deberá satisfacer los requerimientos del proyecto.

El dimensionamiento de las cámaras rompe presión se hizo en base al criterio de la (Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural., 2018).

4.2.3.1 Cálculo de la carga requerida.

Es la carga necesaria para que el caudal de salida pueda continuar su trayecto.

$$H = 1,56 * \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

V: Velocidad en la línea de aducción (m²/s).

H: Carga requerida (m).

g: Aceleración de la gravedad, se asumió el valor de 9,81 (m/s²).

El resultado se presenta en la tabla 46.

4.2.3.2 Cálculo de altura total.

$$H_T = H_m + H + B_L$$

Donde:

H_T: Altura total de la cámara rompe presión (m).

H: Carga requerida (m).

H_m: Altura de salida (m).

B_L: Borde libre(m).

El resultado del diseño para todas las cámaras es el mismo, este se presenta en la tabla

46.

Tabla 46.

Diseño de la cámara rompe presión.

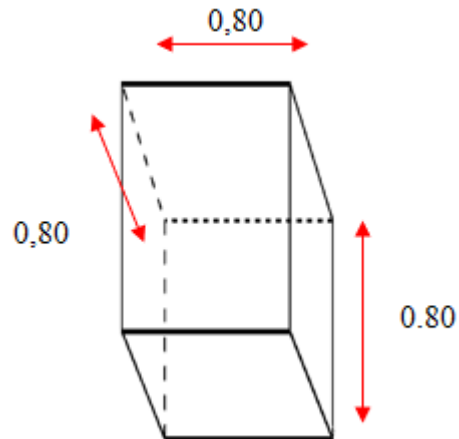
Datos: CRP 1			
Parámetro	Valor	Unidad	Simbología
Caudal Máximo Diario	25.759	l/s	Qmaxd
	0.0258	m ³ /s	
Diámetro de la tubería de la línea de aducción	225	mm	D1
Diámetro de la tubería de la línea de aducción	0.225	m	D1
Altura Mínima	0.2	m	Hm
Borde Libre	0.4	m	BL
Diámetro de salida hacia la línea de aducción	225	mm	D2
Cálculo de la velocidad de paso (V2)			
Parámetro	Valor	Unidad	Simbología
Velocidad de paso	0.6	m/s	V2
Cálculo de la Altura de la Cámara rompe presión (HT)			
Parámetro	Valor	Unidad	Simbología
Carga calculada para que el caudal de salida pueda fluir	0.033	m	Hc
Carga requerida para que el caudal de salida pueda fluir	0.20	m	H
Altura de la cámara rompe presión	0.80	m	HT
Dimensionamiento interno de la CRP			
Parámetro	Valor	Unidad	Simbología
Altura Total de la Cámara rompe presión	0.80	m	HT
Ancho de la CRP	0,80	m	b
Largo de la CRP	0,80	m	L

Nota. Muestra los valores para el diseño de las cámaras rompe presión. Elaborado por:

Las autoras.

Figura 21.

Dimensiones de la cámara rompe presión.



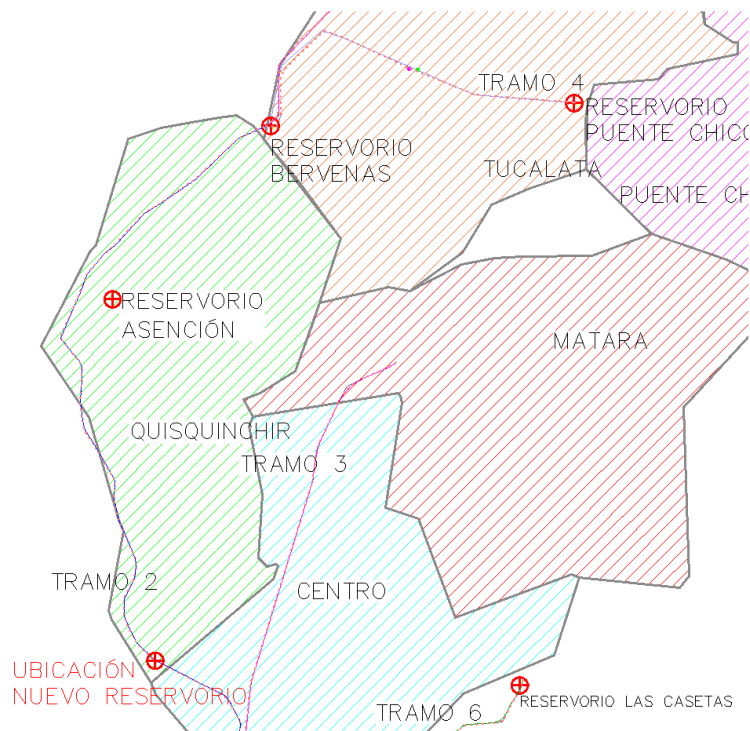
Nota. Muestra las dimensiones de la cámara rompe presión. Elaborado por: Las autoras.

4.2.4 Diseño del reservorio de hormigón armado

Se ha planteado el diseño de un nuevo tanque reservorio que ayude a incorporar caudal a la red de riego del sector Quisquinchir para con esto cerrar todas las conexiones existentes en la línea principal, evitando la pérdida de caudal y presión en la red que circula hacia el sector de Bervenias; a continuación, se explica en proceso de cálculo para el mismo.

Figura 22.

Ubicación del nuevo tanque reservorio.



Nota. Ubicación del nuevo tanque reservorio. Elaborado por: Las autoras.

4.2.4.1 Caudal de Regulación

El volumen del tanque fue calculado para cumplir con el requerimiento hidráulico de la zona siguiendo varios criterios de diseño establecidos en el libro (Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillados, págs. 275-284).

$$V_{reg} = \frac{V}{2}$$

$$V_{reg} = \frac{8.985 \frac{1}{s} * 24hrs}{2} = 194.08$$

4.2.4.2 Dimensionamiento

Para tanques de hormigón armado El autor (López, 2003) propone determinar la profundidad del tanque con la siguiente ecuación:

$$H_c = \frac{V}{3} + k$$

$$H_c = \frac{194.08}{3} + 2 = 2.65\text{m}$$

En función de la capacidad requerida y la profundidad asumida del tanque, se determinó la base y longitud del mismo, mediante la siguiente ecuación:

$$B = \sqrt{\frac{V_{reg(a)}}{ha}}$$

$$B = \sqrt{\frac{194.08}{3.50}} = 7.45 \approx 8 \text{ m}$$

Para efectos de diseño se ha considerado un largo de 8.00 m y un ancho de 7.00 m con una profundidad de 3.50 m.

4.2.4.3 Niveles de regulación.

Los niveles de regulación muestran dos escenarios posibles: el primero en el que el tanque se encuentra lleno, y el segundo en el que el tanque se encuentra en el nivel mínimo de servicio para seguir entregando caudal.

$$H_t = H_b + H_n + H_m$$

Donde:

H_b: Altura Borde libre.

H_n: Altura neta de diseño.

H_m: Altura de volumen muerto.

El resultado se presenta en la tabla 47.

Tabla 47.

Dimensionamiento y niveles de regulación del tanque de almacenamiento.

Parámetros	Valor	Unidad
Base	8.00	m
Longitud	7.00	m
Profundidad adoptada	3.50	m
Profundidad de regulación	2.50	m
Borde Libre	0.5	m
Profundidad mínima de servicio	1.5	m

Nota. Valores de los parámetros de diseño del tanque de almacenamiento. Elaborado por: Las Autoras.

4.2.4.4 Tubería de desagüe.

La carga hidráulica disponible es la diferencia entre el nivel máximo del tanque y la cota de descarga de la tubería, con este valor se determinó la pérdida de carga unitaria, en la siguiente tabla se indican los valores.

Tabla 48.

Cálculo hidráulico de la tubería de desagüe del tanque de almacenamiento.

Parámetro	Valor	Unidad
Cota de descarga	2594.78	m.s.n.m.
Carga hidráulica disponible	5.6	mH2O
Diámetro de la tubería de desagüe	110	mm
Área de la tubería de desagüe	0.010	m ²

Nota. Valores de los parámetros de la tubería de desagüe. Elaborado por: Las autoras.

A continuación, se indican las fórmulas utilizadas para el cálculo de la tubería de desagüe.

$$Q_s = 0,2785 * C * D^{2,63} * J^{0,54}$$

$$h_{est} = \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

Qs: Caudal de salida (m³/s).

C: Coeficiente de Chow.

D: Diámetro de la tubería (m).

J: Pérdida de carga unitaria (m/m).

Vs: Velocidad de salida (m/s).

hest: Carga estática.

La tubería de desagüe funciona como un orificio de descarga por tal razón se utilizan las siguientes ecuaciones para determinar el tiempo de vaciado del tanque.

$$Q_s = Cd * A_o \sqrt{2gH}; t = \left(\frac{2 * A_T}{Cd * A_o \sqrt{2g}} \right) * H^{1/2}$$

Donde:

t: Tiempo de vaciado del tanque (s).

Cd: Coeficiente de descarga.

A_o: Sección de la tubería (m²).

A_T: Sección de la base del tanque de almacenamiento (m²).

H: Carga hidráulica disponible (m).

g: Aceleración de la gravedad, se asumió el valor de 9,81 (m/s²).

Tabla 49.

Longitud equivalente de la tubería de desagüe del tanque de almacenamiento.

Accesorio	Cantidad	LE (m)	total
Tubería de desagüe	1	11	11
Entrada	1	3,5	3,5
Válvula de compuerta	1	0,30	0,3
Codo de 90°	1	1,5	1,5
Salida	1	6	6

Nota. Valores de longitudes equivalentes de la tubería de desagüe. Elaborado por: Las autoras.

Tabla 50.

Tiempo de vaciado del tanque de almacenamiento.

Parámetro	Valor	Unidad
Coefficiente de descarga	0.664	-
Tiempo de vaciado	9499	s
Tiempo de vaciado	159	min

Nota. Valores de tiempo de vaciado del tanque de almacenamiento. Elaborado por: Las autoras.

Con una tubería de 110 mm de diámetro y 11 m de longitud, el tanque de almacenamiento puede ser vaciado en un tiempo de 159 minutos.

4.2.5 Diseño Estructural

Los parámetros necesarios para el diseño del reservorio se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 51.

Datos para el diseño estructural

Parámetro	Valor	Unidad	Símbolo
Base	8	m	B
Largo	7	m	L
Altura de la lámina de agua	3.5	m	H _{cu1}
Volumen de la cámara	196.0	m ³	H _{c1}
Espesor del muro	0.2	m	e _m
Espesor de la losa de fondo	0.3	m	e _{lf}
Altura total	4	m	H
Peso específico del suelo	1662.00	kg/m ³	γ _s
Capacidad portante del suelo	2.85	kg/cm ²	q _{adm}
Resistencia del hormigón	240	kg/cm ²	f _c
Resistencia del acero	4200	kg/cm ²	f _y
Angulo de fricción del suelo	17.5	°	Ø
Peso específico del hormigón armado	2400	kg/m ³	γ _s
Peso específico del agua	1000	kg/m ³	γ _w

Nota. Datos de los parámetros del reservorio. Elaborado por: Las autoras.

4.2.5.1 Cargas Actuantes.

Peso propio del muro (P_{pm}).

$$P_{pm} = \gamma_H * e_m * b$$

$$P_{pm} = 2400 \frac{kg}{m^3} * 0,2 m * 1 m$$

$$P_{pm} = 480 kg/m$$

Peso propio de la losa de fondo (P_{plf}).

$$P_{plf} = \gamma_H * e_l * b$$

$$P_{plf} = 2400 \frac{kg}{m^3} * 0,30 m * 1 m$$

$$P_{plf} = 720 kg/m$$

Presión lateral del suelo (K_a).

$$k_a = \tan\left(45 - \frac{\phi}{2}\right)^2$$

$$k_a = \tan\left(45 - \frac{17,50}{2}\right)^2 = 0,54$$

$$P_p = \gamma_s * k_a * H_{ds}$$

$$P_a = 1662 \frac{kg}{m^3} * 0,54 * 0,35 m$$

$$P_a = 3574.14 kg/m$$

Presión hidrostática (P_w).

$$P_w = \gamma_w * H$$

$$P_w = 1000 \frac{kg}{m^3} * 3.5 m$$

$$P_w = 3500 kg/m^2$$

4.2.5.2 Estados de cargas.

El primer estado de carga analiza la carga muerta de los muros y la losa superior, cuando la captación se encuentre en funcionamiento.

Tabla 52.

Cargas actuantes sobre la losa

Parámetro	Valor	unidad	Símbolo
Peso propio del muro	480.000	kg/m	Ppm
Peso propio de la losa de fondo	720.000	kg/m	Pplf

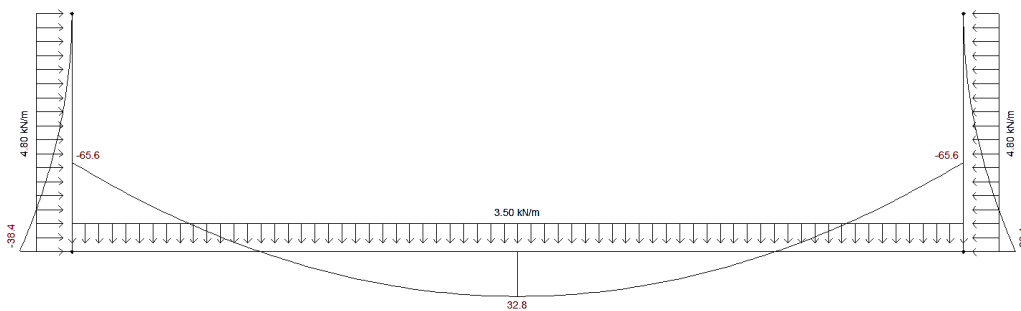
Coefficiente de empuje del suelo (k_a)	0.54	u	k
Presión del suelo	3574.142	kg/m ²	Pa
Presión hidrostática	3500.000	kg/m ²	Pw
Parámetro	Valor	unidad	Símbolo
Peso de los muros	4800	kg	Pm
Peso de la losa de fondo	108000	kg	Plf
Peso del agua	525000	kg	Pw
Verificación	Sin reacción del suelo		

Nota. Valores de las cargas actuantes sobre la losa. Elaborado por: Las autoras.

Los valores de momentos y fuerzas cortantes obtenidas con el software Ftool se muestran a continuación:

Figura 23.

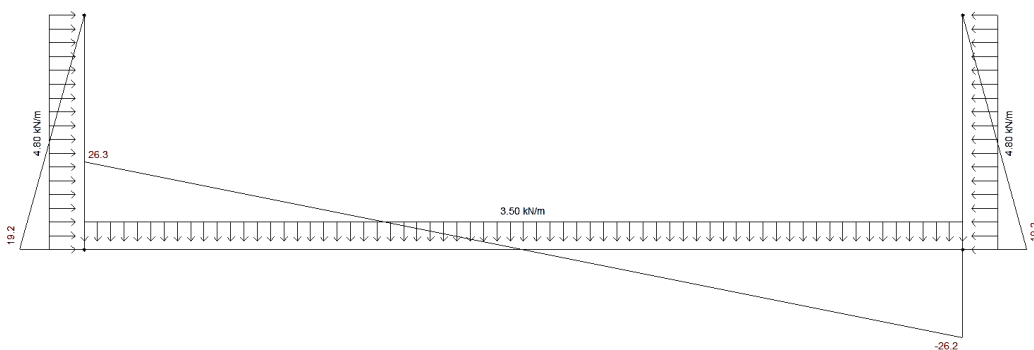
Momentos actuantes sobre los muros y losa



Nota. Momentos actuantes sobre los muros y losa a través del software Ftool. Elaborado por: Las autoras.

Figura 24.

Cortantes sobre los muros y losa



Nota. Cortantes sobre los muros y losa a través del software Ftool. Elaborado por: Las autoras.

En el diseño de los muros y losa de fondo, se utilizó una resistencia a compresión del hormigón de 240 kg/cm² y una resistencia del acero de 4200 kg/cm². Se manejó el coeficiente de durabilidad ambiental dado en la (ACI 350, 2006), para evitar el agrietamiento en condiciones de servicio.

Los valores de momento y cortantes utilizados para el diseño y multiplicados por el coeficiente de durabilidad ambiental $S_d = 1,3$ son los siguientes:

Tabla 53.

Valores de diseño para los muros

Parámetro	Valor	unidad	Símbolo
Momento positivo en muros	3840	kg.m	Mpm
Momento negativo en muros	0	kg.m	Mnm
Cortante en el muro	1920	kg	Vm
Momento positivo en losa inferior	6560	kg.m	Mplf
Momento negativo en losa inferior	3280	kg.m	Mnlf
Cortante en losa inferior	2630	kg	Vlf

Nota. Valores de diseño para los muros obtenidos del software Ftool. Elaborado por: Las autoras.

4.2.5.3 Diseño a flexión.

Los refuerzos exteriores de los muros e inferiores de las losas se calcularon de la siguiente forma:

$$R_U = \frac{M_U}{\phi * b * d^2}$$

Siendo el valor de ϕ igual a 0,9 para elementos a flexión según la norma (NEC-SE-HM, 2015),

La cuantía necesaria de acero está dada por la siguiente fórmula:

$$\rho = 0,85 * \frac{f'c}{fy} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2,36 * R_U}{f'c}} \right)$$

Con el valor de la cuantía de acero se calcula la cantidad de acero requerido con la siguiente expresión:

$$As = \rho * b * d$$

El acero mínimo esta dado por la ecuación de la norma (NEC-SE-HM, 2015) indicada a continuación:

$$As = \frac{14}{fy} * b * d$$

El refuerzo transversal es el que se presenta debido a las contracciones por temperatura:

$$Ast = 0,0018 * b * e$$

Donde:

e: Es el espesor del muro, losa superior o losa de fondo (m).

4.2.5.4 Verificación a corte.

La resistencia a esfuerzo cortante del hormigón se calculó utilizando la siguiente ecuación.

$$V_c = 0,53 * 0,85 * \sqrt{f'c} * b * d$$

Con el cortante de diseño obtenido del software Ftools se iguala este al valor de V_c , a fin de calcular la altura útil mínima para que el hormigón absorba todo el esfuerzo a cortante, despejando el parámetro de la altura útil.

$$d_{min} = \frac{V_U}{0,53 * 0,85 * \sqrt{f'c} * b}$$

La altura útil mínima obtenida se verifica con la altura útil utilizada para el diseño por flexión.

$$d_{min} \leq d$$

$$2,88 \leq 15 \gggg ok$$

Finalmente se calcula la longitud de desarrollo con la siguiente ecuación:

$$l_d = \frac{f'c}{4,4 * \sqrt{f'c}} * \frac{\psi_e * \psi_t * \psi_s}{\left(\frac{c + K_{tr}}{d_b}\right)} * d_b$$

La longitud de desarrollo colocada es de 25 cm en forma de gancho a 90°.

En las tablas mostradas a continuación se indica el diseño a flexión, la verificación a corte, su armado y la longitud de desarrollo necesaria para los muros.

Tabla 54.

Resumen del diseño de los muros

Diseño a flexión de los muros			
Parámetro	Valor	unidad	Símbolo
Recubrimiento	0.05	m	r
Altura útil	0.15	m	d
Resistencia última	189629.6296	kg/m2	Ru
Resistencia última	18.96	kg/cm2	Ru
Cuantía de acero	0.005		ρ
Acero calculado	7.14	cm2	As
Acero mínimo	5	cm2	Asmin
Armado de los muros			
Parámetro	Valor	unidad	Símbolo
Número de varillas	5	u	#
Diámetro de la varilla	14	mm	\emptyset
Área de la varilla	1.54	cm2	Av
Acero colocado	7.70	cm2	Asc
Separación	25.0	cm	S
Se toma			
Acero por temperatura	3.6	cm2	Ast
Número de varillas	5	u	#
Diámetro de la varilla	14	mm	\emptyset
Área de la varilla	1.54	cm2	Av
Acero colocado	7.70	cm2	Asc
Separación	25.0	cm	S
Se toma			
Verificación a cortante de los muros			
Parámetro	Valor	unidad	Símbolo
Fuerza de corte	1920	kg	Vu
Altura útil mínima	2.75	cm	dmin
Altura útil	15	cm	d

Nota. Valores de diseño de los muros con su respectivo armado y verificación a cortante. Elaborado por: Las autoras.

En las tablas mostradas a continuación se indica el diseño a flexión, la verificación a corte, su armado y la longitud de desarrollo necesaria para la losa de fondo.

Tabla 55.

Resumen del diseño de la losa de fondo

Diseño a flexión de la losa de fondo			
Parámetro	Valor	unidad	Símbolo
Recubrimiento	0.05	m	r
Altura útil	0.25	m	d
Resistencia última	116622.22	kg/m ²	Ru
Resistencia última	11.66	kg/cm ²	Ru
Cuantía de acero	0.003		ρ
Acero calculado	7.17	cm ²	As
Acero mínimo	8.33	cm ²	Asmin
Armado de la losa de fondo			
Parámetro	Valor	unidad	Símbolo
Número de varillas	6	u	#
Diámetro de la varilla	14	mm	\emptyset
Área de la varilla	1.54	cm ²	Av
Acero colocado	9.24	cm ²	Asc
Separación	19.0	cm	S
Se toma			
Acero por temperatura	5.4	cm ²	Ast
Número de varillas	6	u	#
Diámetro de la varilla	14	mm	\emptyset
Área de la varilla	1.54	cm ²	Av
Acero colocado	9.24	cm ²	Asc
Separación	21.0	cm	S
Se toma			
Verificación a cortante de la losa de fondo			
Parámetro	Valor	unidad	Símbolo
Fuerza de corte	2630	kg	Vu
Altura útil mínima	0.90	cm	dmin
Altura útil	25	cm	d

Nota. Valores de diseño de la losa de fondo con su respectivo armado y verificación a cortante. Elaborado por: Las autoras.

4.3 Interpretación de resultados.

El tramo 1 correspondiente es una conducción de flujo a gravedad, es decir canal rectangular de hormigón, que debido a las características propias de sus materiales de diseño pierde 1.18 l/s del caudal de diseño de 158.4 l/s

El caudal necesario para regar todas las parcelas es de 45.58 l/s, de acuerdo el caudal autorizado es de 121.19 l/s, se puede cumplir con la demanda existente en el proyecto.

Del análisis a los 5 tramos de tubería a presión se desprende lo siguiente: se puede reducir el diámetro de las tuberías, actualmente el diámetro es de 400 mm, este puede pasar según el tramo a ser de 225 mm de diámetro, hasta los 75 mm, con esta modificación se sigue cumpliendo todos los requerimientos de presión y velocidad.

Se colocará un nuevo tanque reservorio que servirá para la derivación de caudal hacia la comunidad de Quisquinchir el mismo que tendrá un volumen de almacenamiento de agua para riego de 196 m³.

CONCLUSIONES

La recopilación de información del sitio del proyecto se basó en la toma de datos en campo, la recolección de testimonios de la comunidad, por lo que no se pudo establecer una línea base, para la evaluación del sistema, que refleje con veracidad la realidad de las condiciones hidráulicas del sitio de estudio.

Se realizó el levantamiento topográfico del sistema de riego, desde la captación hacia los tanques reservorios o tanques de derivación existente en cada sector, obteniendo un área de trabajo de 175.50 hectáreas que representa el área total de cultivos en la zona del proyecto.

Se estableció mediante el diseño agronómico que el sistema de riego requiere un caudal combinado para todos los cultivos de la zona de 45.58 l/s en los 7 sectores del proyecto.

Se rediseñó el sistema actual para utilizar diámetros comerciales de tubería de conducción entre los (225 a 75) mm, manteniendo velocidades adecuadas de entre (1.21 y 0.54) m/s para evitar la sedimentación y la erosión dentro de la tubería.

Las presiones máximas de trabajo sobre la red fueron contraladas con la inclusión de 2 cámaras rompe presión en los tramos 3 y 4 haciendo más eficiente el uso de los recursos, las mismas funcionan como cámaras de derivación, con eso se aseguró que en ningún tramo se supere la presión de trabajo de la tubería PVC de 1.25 MPa, aproximadamente 125 mH₂O; la presión máxima estática es de 73.81 mH₂O y se produce en el tramo 2 de la línea de conducción.

Se diseñó un tanque reservorio para una capacidad de regulación diaria de 196 m³/día suficiente para cumplir con el caudal de demanda que requieren los cultivos, considerando un tiempo de riego de 12 horas diarias.

RECOMENDACIONES

Para un mejor aprovechamiento y distribución de caudal equitativo se recomienda el control de las horas de riego de cada sector manteniendo medidas que permitan la optimización del sistema.

Se recomienda realizar un mantenimiento semestral en la captación, y tanques reservorios con el fin de evitar taponamiento en la rejilla, ocasionando daños en la estructura y por ende la disminución del caudal de ingreso al sistema de riego.

Construir un cerramiento de protección alrededor del reservorio para evitar toma clandestina, accidentes y evitar que se muevan las válvulas de control de caudal.

Capacitar a los usuarios para un correcto manejo y control del sistema de riego.

Previo a la construcción del nuevo tanque reservorio se debe comprobar en situ la capacidad portante del suelo.

Se puede utilizar la limitación del proyecto actual como base para un futuro proyecto en el que se diseñen las redes de aspersion de cada sector del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- ACI 350. (2006). *Code Requirements for Environmental Engineering Concrete Structures and Commentary (ACI 350-06)*. American Concrete Institute Committee 350.
- Aguero, R. (1997). *Agua Potable para Poblaciones Rurales*. Lima: Asociación Servicios Educativos Rurales.
- Aguirre, M. (2012, Octubre). *Evaluación , mejora y ampliación del sistema de riego por aspersión Miraflores de la Parroquia Juan Montalvo, Cantón Cayambe*. Retrieved from Escuela Politécnica Nacional: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/5155>
- American Concrete Institute. (2007). *Diseño sísmico de estructuras contenedoras de líquidos*. Comité ACI 350.
- ARCA - EXSENAGUA. (2014). *Normas para Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para Poblaciones Mayores a 1000 Habitantes*. Secretaria del Agua.
- Asamblea Nacional del Ecuador Registro 305 - 06 - Ago - 2014. (2014, Agosto 06). *Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua*. Retrieved from <http://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/2019/06/Ley-Org%C3%A1nica-de-Recursos-H%C3%ADricos-Usos-y-Aprovechamiento-del-Agua.pdf>
- Basile, P. (2020, Abril). *Flujo en conducciones a presión*. Retrieved from Universidad Nacional de Rosario: https://rehip.unr.edu.ar/bitstream/handle/2133/17375/FCP_Pedro%20A.%20Basile_2020.pdf?sequence=4&isAllowed=y
- Behar, D. (2008). *Metodología de la Investigación*. Ediciones Shalom.
- Cartuche, Z., & Macas, B. (2022). *Diseño del sistema de riego presurizado para la comunidad de “Las Lagunas” cantón Saraguro provincia de Loja* . Quito: Universidad Central del Ecuador.
- Chávez, A., & Mendoza, D. (2021). *Diagnóstico y rediseño de los sistemas de la red principal de riego, drenaje agrícola y drenaje vial para la Hacienda el Prado, IASA I.* . Quito: Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE.

- Chow, V. T. (1994). *HIDRAÚLICA DE CANALES ABIERTOS*. Bogota: McGRAW-HILL.
- Climatología Aplicada a la Ingeniería y el Medioambiente*. (2021, Enero 15). Retrieved from Universidad Politécnica de Madrid: http://ocw.upm.es/pluginfile.php/675/mod_label/intro/ECUACION-DEL-BALANCE-DE-HUMEDAD.pdf
- CONGOPE. (2014). *Hablemos de Riego*. Quito: El Telégrafo EP.
- Criollo , A., & Sotelo, E. (2017). *Rediseño e Implementación de obras hidráulicas de almacenamiento y regulación del sistema de riego "Santiaguillo - Cuambo"*. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- GAD SARAGURO. (2015, Febrero 20). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Saraguro 2014 - 2019*. Retrieved from https://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/1160001130001_DIAGNOSTICO-%20PDyOT%20Saraguro2015_15-03-2015_19-08-17.pdf
- Guayasamín , A., & Riofrío, J. (2020). *Diseño Hidráulico para el mejoramiento y rehabilitación del sistema de riego de la comuna San Vicente Alto*. Quito: Universidad Politécnica Salesiana.
- Gutierrez , C. (2014). *Hidrología Básica y Aplicada*. Quito: Abya-Yala.
- INAMHI. (2015). *Estudio de Lluvias Intensas* . Quito : Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.
- INTA. (2023, Febrero 17). *Mantenimiento de los Equipos de Riego*. Retrieved from Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria de Argentina: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_mantenimiento_de_los Equipos_de_riego.pdf
- Krebs, A. (2020, Agosto 31). *Facebook*. Retrieved from Facebook: <https://www.facebook.com/agrokrebs/posts/935753876909065/>
- Krochin, S. (1986). *Diseño Hidraulico*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- López, R. (2003). *Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillados*. Escuela Colombiana de Ingeniería.

- MIDUVI. (2015). *Norma Ecuatoriana de la Construcción- Estructuras de Hormigón Armado*. Ecuador: CAMICON.
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento - Perú. (2018). *Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural*. Lima: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Retrieved from <https://civilgeeks.com/2018/07/23/norma-tecnica-de-diseno-opciones-tecnologicas-para-sistemas-de-saneamiento-en-el-ambito-rural/>
- Ministerio del Ambiente. (2015). *Sistema Único de Información Ambiental* . Quito: Gobierno de la República del Ecuador.
- Morales, F. A. (2015). *Abastecimiento de agua para comunidades rurales*. Universidad Técnica de Machala. Retrieved from <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/6873>
- MTOP. (2003). *Normas de Diseño Geométrico de Carreteras* . Quito : Ministerio de Transporte y Obras Públicas.
- Muñoz, C. (2015). *Metología de la investigación*. Oxford University Press México. Retrieved from <https://corladancash.com/wp-content/uploads/2019/08/56-Metodologia-de-la-investigacion-Carlos-I.-Munoz-Rocha.pdf>
- MVCS. (2018). *Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural*. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- OPS. (2005, Enero 30). *Guías para el Diseño de Reservorios Elevados de Agua Potable*. Retrieved from https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/OPS%202005c%20Revervorios%20elevados.pdf
- Sánchez, J. (2017). *Hidrología Superficial y Subterránea*. Salamanca: Kindle Direct Publishing.
- Secretaría del Agua "Demarcación Hidrográfica Jubones". (2018, Enero 03). *Trámite: No. 1195 - Renovación*.
- SENAGUA. (2014). *Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural*. Secretaría del Agua.

Sotelo, G. (1997). *Hidráulica General Volumen 1 - Fundamentos*. Limusa S.A.

UNC. (1998, Enero 30). *Métodos de Riego*. Retrieved from Hidráulica Aplicada - Obras Hidráulicas.

Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico. (2010). *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS): TÍTULO B. Sistemas de acueducto. – 2 ed.* Universidad de los Andes.

ANEXOS

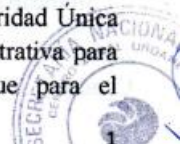
Anexo A: Permiso y uso de agua



TRÁMITE: No. 1195-RENOVACIÓN

SECRETARIA DEL AGUA. DEMARCACION HIDROGRAFICA DE JUBONES.- CENTRO DE ATENCION AL CIUDADANO URDANETA OÑA.

Urdaneta, 03 de Enero de 2018, las 08h58.-**VISTOS:** Continuando con el conocimiento del presente trámite Administrativo como Responsable Técnico del Centro de Atención al Ciudadano Urdaneta-Oña mediante acción de personal 0044-DHJ y en atención al Memorando N°. SENAGUA-SDHJ.16-2015-0128-M. Acuerdo Nro. 2011-334 de fecha 5 de septiembre de 2011, y a la Reforma y Nueva Codificación al Estatuto Orgánico de Gestión Organizacional por Proceso de la Secretaria del Agua, constante en el Acuerdo Nro. 2014-910 de 17 de abril de 2014. En lo principal: A fojas 560 de autos del expediente se agrega el escrito presentado por los señores Rafael Guamán Andrade y Ángel Berrú en calidades de Presidentes y Secretario Encargado de la Junta General de Usuarios del Sistema de Riego Chuchuchir, solicitando la renovación con modificación de la resolución de fecha 07 de Mayo de 1999.- Las 14H30. **REFERENCIA DEL EXPEDIENTE.-** a) Justifica su petición presentando copias simples de cédulas de identidad, certificados de votación, certificación de Cabildos, copias de escrituras, declaraciones juramentadas y el padrón de firma de los consumidores; b) a fojas 563 de autos, consta la providencia de fecha 23 de Junio de 2015, las 11H30, mediante el cual es aceptada y calificada a trámite la petición de Renovación con Modificación, y se dispone inspección técnica para lo cual se lo designa al Ing. Fabián Cabrera Aguilar; c) a fojas 564 y 565 de autos consta el informe presentado por el señor Ing. Fabián Cabrera Aguilar; d) a fojas 566 consta la providencia de 16 de marzo del 2016 en la que se corre traslado el informe pericial; e) a fojas 569 de autos se dictan autos para resolver mediante providencia del 23 de Febrero del 2017. Se cumple con todas las diligencias procesales pertinentes, declarando concluido el mismo y se resuelve de lo actuado, bajo las siguientes consideraciones. **PRIMERO: COMPETENCIA.-** En calidad de Responsable Técnico del Centro de Atención al Ciudadano de la Demarcación Hidrográfica de Jubones en atención al Memorando N°SENAGUA-SDHJ.16-2015-0128-M, al Acuerdo No. 2009-48 de 04 de diciembre de 2009, por el cual se expide "Estatuto Orgánico de Gestión Organizacional por Procesos de la SENAGUA"; al Acuerdo N° 2011-334 de fecha 05 de Septiembre de 2011; a la "Reforma y Nueva Codificación del Estatuto Orgánico de Gestión Organizacional por Procesos de la Secretaría del Agua", constante en el Acuerdo No. 2014-910 de 17 de abril de 2014; soy competente para conocer y resolver el presente trámite administrativo de conformidad con lo dispuesto en los artículos 76, 318, 411 y 412 de la Constitución de la República del Ecuador; La Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua, el art. 54 del Estatuto del Régimen Jurídico y Administrativo de la Función Ejecutiva. Así mismo, el Art. 123 de la LORH, inciso segundo "La Autoridad Única del Agua, en sus niveles desconcentrados ejercerá la competencia administrativa para conocer, tramitar y resolver, en primera instancia, las peticiones que para el





SECRETARÍA DEL AGUA
DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA JUBONES
CENTRO DE ATENCIÓN AL CIUDADANO URDANETA-OÑA



otorgamiento de autorizaciones de uso o aprovechamiento del agua se presenten así como para ordenar su registro, mediación resolución de conflictos, sin perjuicio de los derechos colectivos”. **SEGUNDO: VALIDEZ DEL PROCESO ADMINISTRATIVO.-** Se han cumplido los requisitos procesales establecidos en la Codificación de la Ley de Aguas, así como el art. 318 de la Constitución de la República del Ecuador, sin haber omitido solemnidades sustanciales que vicie su procedimiento, por lo que se declara válido el proceso en todas sus partes. De conformidad con los artículos 76 de la Constitución de la República, 68 del Estatuto del Régimen Jurídico Administrativo de la Función Ejecutiva, La Ley Orgánica de Recursos Hídricos Uso y Aprovechamiento de Agua art. 127 inciso dos del Reglamento de aplicación a la Ley Orgánica de Recursos Hídricos y al no existir omisión de formalidad o solemnidad sustancial alguna que sea causa de nulidad o anulabilidad de lo tramitado, siendo todo lo actuado legal y legítimo, se declara la validez del proceso;

TERCERO: INFORME TÉCNICO.- La Secretaría del Agua a través de las Unidades Desconcentradas deben ejercer su competencia basada en los principios, garantías y derechos establecidos en la Constitución de la República, pero además de cumplir con las disposiciones establecidas en la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, lo que refleja en el informe técnico, del Ing. Fabián Cabrera Aguilar, que motivan la toma de decisiones por parte de la autoridad administrativa, en la presente resolución:

“SITUACION ACTUAL.- 1. Los señores Rafael Guamán Andrade y Ángel Berrú en calidades de Presidentes y Secretario Encargado de la Junta General de Usuarios del Sistema de Riego Chuchuchir, demuestran que ellos y sus representados son propietarios de predios de terreno en diversos sectores de la parroquia y cantón Saraguro, provincia de Loja, que lo ha dedicado a la ganadería y agricultura. 2. Con el objeto de cubrir el requerimiento hídrico para riego de cultivos se ha venido aprovechando las aguas provenientes del río Sinincapa, al atravesar el sector de La Torre, parroquia y cantón Saraguro, provincia de Loja. 3. Datos técnicos Cuadros 1, 2 y 3.

RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA EXISTENTE.- En el proceso 1195 CNRH, mediante resolución del 07 de Mayo de 1999.- Las 14H30, se autoriza a favor de la Subcomisión Ecuatoriana de la Comisión Mixta Ecuatoriano – Peruana para el Aprovechamiento de las Cuencas Hidrográficas Binacionales Puyango Tumbes y Catamayo – Chira - PREDESUR aguas provenientes del río Sinincapa para riego de cultivos, en el sector de La Torre, parroquia y cantón Saraguro, provincia de Loja.

DATOS TÉCNICOS.- Los datos técnicos de la fuente solicitada se dan a continuación en Cuadro 1, 2 y 3. Cuadro 1. Ubicación de las fuentes solicitadas.

Fuente	Cota (msnm)	X (m) (WGS 84)	Y (m) (WGS 84)	Sector, Parroquia, Cantón, Provincia
Río Sinincapa	2614	695470	9596414	La Torre, Saraguro, Saraguro, Loja

Cuadro 2. Evaluación hidrométrica de las fuentes solicitadas.





SECRETARÍA DEL AGUA
DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA JUBONES
CENTRO DE ATENCIÓN AL CIUDADANO URDANETA-OÑA

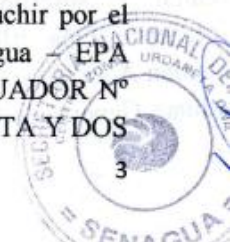


Fuente	Caudal Autorizado l/s	Caudal Aforado l/s	Caudal de persistencia al 70%	Caudal de l/s Ecológico %	Caudal disponible l/s
Rio Sinincapa	32,0000	393,822	275,6754	137,8377	137,8377

Cuadro 3. Características hidráulicas del canal Chuchuchir.

Acueducto	Radio Hidráulico m ²	Máxima Capacidad Hidráulica l/s	Caudal Circulante l/s
Canal Chuchuchir	0,136	158,4000	135,7500

DEMANDA HIDRICA.- En nuestro medio para riego tomando en consideración la precipitación, heliofania y tipo de suelo calculándose una dotación de 1,3000 l/s/has para riego por gravedad. Cálculos: Riego = 1,0000 l/s/ha. Área = 121,1995 has. Caudal requerido = 121,1995 l/s. Caudal existente = 275,6754 l/s. Caudal Total Requerido = 121,1995 l/s. Caudal a autorizar = 121,1995 l/s. El área susceptible de riego es de 121,1995 hectáreas, topografía regular, con una gradiente que varía del 2,0 al 10,0 %, para pastizales. **CONCLUSIONES.-** 1. Para cubrir con los requerimientos hídricos señalados, se vienen aprovechando las aguas del río Sinincapa de acuerdo a la resolución administrativa con fecha 07 de Mayo de 1999.- Las 14H30. 2. Del estudio técnico se concluye que por existencia de recurso y no haberse modificado las condiciones de la resolución administrativa con fecha 07 de Mayo de 1999.- Las 14H30, si se puede renovar con modificación de incremento de caudal la autorización del uso de las aguas Sinincapa a favor de los señores Rafael Guamán Andrade y Ángel Berrú en calidades de Presidentes y Secretario Encargado de la Junta General de Usuarios del Sistema de Riego Chuchuchir. **RECOMENDACIONES:** Por las consideraciones expuestas, me permito recomendar lo siguiente: 1. Que se renueve con modificación de incremento de caudal la autorización administrativa de uso de las aguas del río Sinincapa, a favor de los señores Rafael Guamán Andrade y Ángel Berrú en calidades de Presidentes y Secretario Encargado de la Junta General de Usuarios del Sistema de Riego Chuchuchir, en el caudal total de 121,1995 l/s, captadas en el sector de La Torre, parroquia y cantón Saraguro, provincia de Loja, de acuerdo a los datos técnicos constantes en los Cuadros 1, 2 del presente informe, caudal exclusivo para el riego de 121,1995. 2. La presente autorización debe ser para un plazo de 10 años renovables. 3. Por concepto de tarifas por los derechos de autorización del río Sinincapa para riego, los señores Rafael Guamán Andrade y Ángel Berrú en calidades de Presidentes y Secretario Encargado de la Junta General de Usuarios del Sistema de Riego Chuchuchir por el caudal 121,1995 l/s, abonaran anualmente a la Empresa Pública del Agua - EPA mediante deposito a su cuenta corriente de la entidad bancaria BANC ECUADOR N° 3001176020, sub línea 180799, la cantidad de \$152,89 (CIENTO CINCUENTA Y DOS





SECRETARÍA DEL AGUA
DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA JUBONES
CENTRO DE ATENCIÓN AL CIUDADANO URDANETA-OÑA



Secretaría
del Agua

DÓLARES CON OCHENTA Y NUEVE CENTAVOS), a partir de la ejecutoria de la correspondiente resolución. 4. Que esta demarcación se reserve el caudal de 137,8377 l/s del río Sinincapa como caudal ecológico. 5. Para garantizar que los usuarios capten únicamente el caudal autorizado se deberá construir la correspondiente obra de captación, en la cotas y coordenadas indicadas, previamente presentarán a este centro de Atención al Ciudadano los diseños y planos para su estudio, aprobación y orden de construcción 6. Se deberá mantener la vegetación natural existente en forma obligatoria en el 20 % del área de influencia de las fuentes, es decir 30,00 m a la redonda, evitar la contaminación y el desperdicio de las aguas concesionadas.”. **CUARTO: FUNDAMENTOS DEL ACTO ADMINISTRATIVO.- UNO.-** De conformidad a lo dispuesto en el Art. 318 de la Constitución de la República del Ecuador, el agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, dominio inalienable e imprescriptible del Estado, siendo éste a través de la Autoridad Única del Agua, el responsable directo de la planificación y gestión de los Recursos Hídricos que se destinarán a consumo humano, riego que garantice la soberanía alimentaria, caudal ecológico y actividades productivas, en este orden de prelación; por su parte la Ley Orgánica de los Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamientos del Agua, en su Art. 6 establece la prohibición de toda forma de privatización del agua, por su transcendencia para la vida, la economía y el ambiente; por lo que esta no puede ser objeto de ningún acuerdo comercial, con gobierno, entidad multilateral o empresa privada nacional o extranjera, siendo su gestión exclusivamente pública o comunitaria, razón por la que no se reconocerá ninguna forma de apropiación o de posesión individual o colectiva sobre el agua, cualquiera que sea su estado. En virtud de lo expuesto no se reconoce derechos de dominio adquiridos sobre ellas, sino más bien se otorgan **autorizaciones administrativas** de conformidad con lo dispuesto en el Art. 18, literal g) y 89 de la LORHUyA. **DOS.-** En atención a la renovación, el Reglamento a Ley de Aguas, establecía que en el caso de riego el plazo para el otorgamiento de una autorización es de diez años, renovables, por lo que tácitamente procede el otorgamiento de la renovación de la autorización, no obstante para el efecto se dispuso la inspección técnica, en lo principal se concluye que es pertinente que se autorice la renovación, y al existir caudal suficiente en la fuente hídrica no existe inconveniente alguno, para su renovación; **TRES.-** artículo 127, inciso segundo de la LORHUyA, que para el caso de la resolución de renovación del presente expediente administrativo nos ocupa “Renovación Y Modificación” . Las autorizaciones para aprovechamiento productivo del agua podrán renovarse a su vencimiento, siempre y cuando se hayan cumplido los requisitos en el Reglamento, las obligaciones que establece esta ley y las condiciones previstas en la respectiva autorización”. Con estos elementos, por lo expuesto en los considerandos, en mérito del informe técnico presentado, por el Ing. Fabián Cabrera Aguilar, el suscrito Técnico Responsable del Centro de Atención al Ciudadano Urdaneta Oña, **“RESUELVE”:** UNO.- Otorgar, a favor de los señores Rafael Guamán Andrade y Ángel Berrú en calidades de Presidentes y Secretario Encargado de la Junta General de Usuarios del Sistema de Riego Chuchuchir la **RENOVACIÓN,**

Anexo B Tablas de diseño agronómico

PRECIPITACIÓN DE LA ESTACIÓN M0033: LA ARGELIA - LOJA													Precipitación anual (mm/año)
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
1994	213.8	77.6	285.5	123.3	54.1	53.8	81.5	69.3	37.0	29.6	42.8	104.6	1172.9
1995	59.8	88.0	93.4	52.8	64.7	10.1	33.6	19.9	22.3	36.8	129.0	121.3	731.7
1996	98.3	126.9	153.2	97.8	30.7	46.5	38.6	34.4	37.1	57.9	13.0	27.0	761.4
1997	68.1	109.2	101.2	69.9	46.2	20.7	50.2	35.2	42.0	59.9	73.6	123.9	800.1
1998	40.4	101.9	136.2	88.5	51.2	75.2	49.5	35.7	31.4	116.7	85.8	39.2	851.7
1999	124.3	299.1	132.2	83.7	120.2	58.9	59.8	50.2	81.7	27.8	48.1	116.7	1202.7
2000	152.1	178.5	192.1	105.0	81.8	86.8	37.1	50.3	67.7	31.6	25.4	57.6	1066.0
2001	82.8	116.6	68.3	69.8	63.7	86.9	81.2	52.1	42.0	33.5	128.0	98.3	923.2
2002	102.0	99.2	53.5	126.7	68.2	39.2	62.8	5.9	18.2	67.7	71.4	70.6	785.4
2003	80.3	113.3	188.0	68.8	92.4	53.9	34.1	6.9	25.0	73.3	56.5	106.8	899.3
2004	48.1	119.0	177.6	198.7	46.5	85.4	47.5	12.1	25.2	125.8	95.3	96.3	1077.5
2005	46.4	134.5	173.6	157.6	33.0	79.0	15.3	13.4	18.1	86.2	62.5	98.3	917.9
2006	138.1	88.8	188.3	82.7	33.6	78.5	33.7	13.2	22.5	37.2	93.1	90.6	900.3
2007	50.1	66.3	93.5	99.1	80.7	120.0	11.3	152.4	55.0	55.7	153.3	77.6	1015.0
2008	62.3	251.0	237.9	137.8	74.6	51.3	89.5	89.7	20.6	136.4	102.9	126.3	1380.3
2009	133.0	90.2	134.4	93.1	43.3	29.8	55.7	61.9	55.6	69.7	26.0	118.4	911.1
2010	59.4	109.6	46.3	75.8	70.7	77.5	31.1	46.2	60.6	34.4	60.0	81.1	752.7
2011	58.2	205.3	131.4	154.5	87.1	56.1	101.0	54.7	89.8	80.9	155.9	163.7	1338.6
2012	147.0	201.6	60.5	97.8	82.1	82.2	16.6	32.0	32.8	116.4	110.1	117.3	1096.4
2013	141.7	169.7	48.8	18.9	137.0	60.2	93.5	36.3	27.0	334.0	20.0	761.0	1848.1
Precipitación Mensual Multianual (mm/mes)	95.31	137.32	134.8	100.1	68.09	62.6	51.18	43.59	40.58	80.575	77.635	129.83	

PRECIPITACIÓN DE LA ESTACIÓN M0033: LA ARGELIA - LOJA													Temperatura anual (mm/año)
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
1994	73.7	66.2	85.4	83.8	82.2	67.5	84.2	72.9	92.0	127.3	109.6	99.8	1044.6
1995	97.3	97.1	91.1	87.6	86.3	107.7	90.7	110	97.7	134.6	97.1	96.8	1194.0
1996	92.4	71.7	99.1	87.5	95.4	85.9	93.3	75.5	97.9	114.7	147.9	110.5	1171.8
1997	111.2	64.2	96.8	84.8	75	120.2	96.2	94.6	126.6	131.6	101.6		1102.8
1998	78.7	100.6	101.4	100.2	102.6	80.2	77.7	96.3	151.8	110.3	125.5	144.1	1269.4
1999	97.0	57.7	106.9	72.1	79.5	68.8	75.0	113.7	100.6	118.1	140.2	53.4	1083.0
2000	85.3	72.9	62.7	63.8	79.8	58.4	82.6	73.3	83.2	101.1	138.7	94.2	996.0
2001	80.7	56.1	90.2	79.6	90.4	60.3	50.9	60.2	86.7	124.1	111.5	117.6	1008.3
2002	85.4	64.5	69.4	58.5	60.8	51.9	41.0	68.6	101.7	95.9	69.2	83.6	850.5
2003	71.3	64.6	80.1	87.0	60.0	70.8	61.4	90.4	124.3	126.0	141.7	80.9	1058.5
2004	131.9	74.0	45.6	75.9	61.5	37.8	60.5	90.1	102.8	124.5	130.4	139.7	1074.7
2005	121.8	66.2	94.9	84.5	114.9	81.7	120.9	126.2	117.3	122.2	129.3	101.7	1281.6
2006	91.7	85.5	86.8	91.5	94.1	90.3	101.2	109.7	114.5	138.0	121.2	118.9	1243.4
2007	88.9	102.0	100.5	101.2	102.1	58.4	124.3	98.2	79.9	93.4		104.5	1053.4
2008	67.8	45.9	144.4	84.5	83.6	105.9	60.2	95.4	90.5	95.9	99.8	105.3	1079.2
2009	62.7	70.3	100.2	98.4	116.9	96.7	90.8	88.9	99.8	122.5	134.8	131.3	1213.3
2010	87.3	77.2	99.1	111.6	102.8	67.9	123.9	112.1	110.8	131.6	117.6	94.3	1236.2
2011	92.3	82.7	103.0	89.1	88.6	90.0	72.2	112.2	94.6	134.4	116.4	83.2	1158.7
2012	80.3	69.7	86.3	103.5	72.4	87.7	100.4	123.9	124.7	106.4	127.2	112.1	1194.6
2013	70.9	53.5	92.4	106.3	96.1	67.3	79.0	92.7	108.8	107.4	152.4	99.1	1125.9
Prom_mens	88.43	72.13	91.82	87.57	87.25	77.77	84.32	95.25	105.31	118.00	121.69	103.74	1122.0

TEMPERATURA DE LA ESTACIÓN M0033: LA ARGELIA - LOJA													Temperatura anual (mm/año)
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
1994	15.8	15.8	16.3	16.1	16.3	15.3	14.9	14.9	16.1	16.1	16.4	16.8	15.9
1995	15.8	16.7	16.3	16.7	16.2	16.3	15.5	16.3	16.2	16.6	16.8	16.2	16.3
1996	15.8	15.7	16.4	16.4	16.1	15.6	14.5	15	16.1	16.3	16.5	16.4	15.9
1997	15.9	15.6	16.3	16.1	15.9	16.2	15	15.5	16.7	17.2	16.7		16.1
1998	16.8	17.6	17.3	17.6	17.1	15.7	15.4	16.2	16.8	16.6	16.5	15.9	16.6
1999	16.1	15.6	16.0	15.8	15.7	15.6	14.9	14.8	15.8	16.0	17.0	15.7	15.8
2000	15.9	15.8	16.0	16.2	16.1	15.6	15.2	14.9	15.6	16.6	15.8	15.3	15.8
2001	16.3	15.8	16.5	16.5	16.7	15.5	15.3	15.1	15.8	17.6	16.8	17.2	16.3
2002	16.0	15.9	16.4	16.0	16.4	15.6	15.5	15.1	16.3	16.2	15.8	16.4	16.0
2003	15.4	15.8	15.8	16.0	15.7	15.8	15.0	16.1	16.7	17.2	16.9	16.3	16.1
2004	16.8	16.5	16.1	16.6	16.5	14.6	14.8	15.6	16.1	16.5	16.9	16.7	16.1
2005	16.7	16.8	16.9	16.8	16.6	16.0	15.7	16.1	16.8	16.9	16.1	16.4	16.5
2006	16.5	16.6	16.6	16.8	16.3	16.1	16.1	16.5	17.1	17.1	17.3	17.3	16.7
2007	17.2	16.7	16.6	17.4	16.4	14.7	15.8	15.5	16.0	16.3	16.3	16.2	16.3
2008	15.9	15.5	16.0	16.1	15.9	15.5	14.8	15.2	15.9	16.4	16.7	16.6	15.9
2009	16.1	16.1	16.5	16.6	16.4	15.9	15.5	15.8	16.3	17.0	16.8	17.2	16.4
2010	16.3	17.1	17.5	17.7	17.2	16.0	16.3	15.7	16.4	17.0	16.0	16.0	16.6
2011	16.1	16.3	16.4	16.6	15.9	16.1	15.2	16.2	16.1	16.4	16.5	16.4	16.2
2012	16.4	16.1	16.4	16.7	16.2	15.8	15.6	16.0	16.4	16.8	17.2	16.6	16.4
2013	16.5	16.4	17.1	16.6	16.9	15.9	15.0	15.3	16.1	16.7	17.0	17.0	16.4
Prom_mens	16.22	16.22	16.47	16.57	16.33	15.69	15.30	15.59	16.27	16.68	16.60	16.45	16.2

HELIFONÍA DE LA ESTACIÓN M0033: LA ARGELIA - LOJA													Temperatura anual (mm/año)
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
1994	96.7	94.3	110.7	119.6	134.1	112.3	133.7	115.9	135.0	170.4	121.6	153.0	1497.3
1995	149.4	130.6	130.2	109	110.2	156.7	155.9	182.2	147.6	173.6	136.5	155.6	1737.5
1996	116.9	81.5	119.5	128.2	122.9	120.8	166.8	127.1	129.6	151.2	218.5	139.7	1622.7
1997	129	75	149.3	132.3	135.9	188.1	146.9	154.7	177.4	157.6	121.4	120.5	1688.1
1998	112.7	112.9	101.9	121.2	155.9	116.6	124.3	160.1	186.3	138.8	164.4	214.0	1709.1
1999	125.6	69.7	106.2	97.9	136.1	115.9	124.7	172.8	115.9	165.9	181.7	94.2	1506.6
2000	138.5	95.7	105.2	100.2	127.3	109.2	146.7	98.8	129.2	182.2	205.7	137.0	1575.7
2001	122.1	76.6	115.3	126.7	119.0	148.6	126.5	150.8	136.3	178.0	157.2	139.4	1596.5
2002	137.2	85.3	94.7	104.3	136.7	126.1	130.5	153.4	154.5	110.5	92.7	112.3	1438.2
2003	87.4	80.2	71.7	118.0	124.3	111.6	135.4	154.0	174.0	138.4	132.3	99.4	1426.7
2004	183.1	101.9	62.1	111.2	127.4	102.3	121.8	195.6	144.5	124.4	153.3	170.6	1598.2
2005	167.5	97.9	91.8	120.6	160.6	123.6	166.6	167.4	156.6	121.3	179.9	119.0	1672.8
2006	115.9	77	103.3	130.7	163.4	150.4	158.8	158.2	159.6	164.7	168.1	138.6	1688.7
2007	116	105.9	81.3	113.2	112.7	98.4	167.9	149.1	117.6	101.1	113.2	153.9	1430.3
2008	94.1	64.4	121.9	133.1	140.3	151.6	101.7	151.8	126.2	125.9	158.8	157.2	1527.0
2009	77.5	66.3	133.4	129.8	166.9	126.5	141.6	151.2	143.0	173.2	166.8	169.1	1645.3
2010	99.2	81.8	105.4	120.2	135.4	105.3	171.7	174.2	137.7	166.6	149.9	114.5	1561.9
2011	133.6	103.8	141.2	118.9	126.8	135.3	101.0	178.6	123.6	170.3	135.9	106.0	1575.0
2012	104.8	81.9	90.2	132.6	121.8	159.5	138.8	168.7	158.0	108.3	142.4	142.8	1549.8
2013	81.4	64.7	91.4	147.2	139.6	116.8	122.2	144.8	156.9	144.8	193	137	1539.8
Prom_mens	119.4	87.4	106.3	120.7	134.9	128.8	139.2	155.5	145.5	148.4	154.7	138.7	1579.4

VELOCIDAD MEDIA DE VIENTO DE LA ESTACIÓN M0033: LA ARGELIA - LOJA													Temperatura anual (mm/año)
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
1994	1.5	2.1	1.9	3.3	2.5	4.4	6.8	5.2	4.6	2.7	1.9	2.3	3.3
1995	2.8	1.6	2.1	1.6	2.4	3.3	3.1	3.1	4.3	2.6	1.4	1.7	2.5
1996	1.2	1.3	1.4	1.9	2.7	2.9	4.8	4.1	4.0	2.0	2.8	2.1	2.6
1997	0.4	0.9	0.7	0.6	1.5	0.7	3.3	3.4	1.3	0.9	0.6		1.3
1998	0.9	0.7	0.5	0.4	1.4	1.5	1.0	0.9	0.9	0.8	0.4	0.4	0.8
1999	0.4	0.3	0.5	0.7	0.6	0.3	1.5	1.1	0.2	0.5	0.3	0.2	0.6
2000													
2001	0.5	1.3	0.3	0.5	0.4	1.9	0.9	2.8	0.4	0.7	0.4	0.3	0.9
2002	0.4	0.8	0.3	0.3	1.2	2.5	2.0	2.8	1.0	0.7	0.3	0.6	1.1
2003	0.5	0.5	0.4	0.5	0.6	0.7	1.8	1.8	1.1	0.3	0.2	0.4	0.7
2004	0.4	0.2	0.4	0.2	0.3	1.6	0.5	2.0	0.7	0.2	0.2	0.2	0.6
2005	0.2	0.3	0.1	0.3	0.5	0.4	1.2	1.3	1.2	0.4	0.4	0.5	0.6
2006	2.4	1.5	1.4	1.9	2.8	4.0	6.0	4.8	3.2	2.5	1.6	1.8	2.8
2007	1.9	1.9	1.4	1.4	1.2	2.3	3.2	2.5	3.1	1.8	1.4	1.1	1.9
2008	1.1	0.9	0.9	1.1	1.6	1.9	1.8	1.7	2.9	1.7	1.2	1.4	1.5
2009	1.3	1.4	1.5	2.3	2.2	0.9	3.9	3.4	4.1	2.3	2.2	2.0	2.3
2010	2.3	2.4	1.7	1.7	1.7	2.6	2.2	2.9	2.7	2.7	1.7	1.6	2.2
2011	1.4	1.3	1.8	1.1	2.6	2.9	2.9	4.4	3.2	1.2	0.9	1.4	2.1
2012	1.4	1.4	2.8	1.6	2.7	3.7	5.5	4.8	5.2	1.9	1.5	2.4	2.9
2013	2.4	1.5	2.1	2.4	1.7	3.6	4.5	3.4	3.8	2.0	2.0	2.0	2.6
Prom_mens (km/H)	1.2	1.2	1.2	1.3	1.6	2.2	3.0	3.0	2.5	1.5	1.1	1.2	

HUMEDAD DE LA ESTACIÓN M0033: LA ARGELIA - LOJA													Temperatura anual (mm/año)
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
1994	78	77	76	76	76	76	74	72	74	72	77	77	75
1995	78	75	77	78	77	73	73	67	69	73	79	77	75
1996	78	79	79	76	75	74	72	74	71	73	70	74	75
1997	77	78	75	76	74	71	71	71	71	70	74		73
1998	76	74	76	77	73	72	73	70	69	75	76	71	74
1999	76	80	76	76	76	76	73	70	75	72	73	81	75
2000	78	79	78	78	78	78	74	72	75	71	69	74	75
2001	74	79	75	76	75	75	77	72	73	71	75	74	75
2002	79	79	75	78	75	73	77	69	69	73	76	74	75
2003	77	79	79	77	78	77	73	69	70	72	73	77	75
2004	73	74	79	76	76	77	76	69	71	74	75	75	75
2005	73	77	77	76	73	75	67	67	67	72	69	76	72
2006	75	77	76	74	72	71	69	67	69	70	74	74	72
2007	74	75	76	75	78	81	74	75	74	74	77	74	76
2008	77	79	75	77	75	71	75	72	71	73	74	74	74
2009	76	76	74	74	72	72	75	75	75	74	74	75	74
2010	78	78	76	77	78	78	73	69	71	72	76	78	75
2011	77	80	78	79	76	77	77	69	74	73	76	79	76
2012	79	80	79	78	77	76	73	66	67	75	76	77	75
2013	80	83	80	77	80	78	77	78	74	78	74	77	78
Prom_mens	76.65	77.90	76.80	76.55	75.70	75.05	73.65	70.65	71.45	72.85	74.35	75.68	74.8

Sector 1 - Las Lagunas					
Producto	Lt ajustada (l/m ²)	Area/prod (m ²)	Volumen litro	Tiempo op Horas	Q l/s
Pasto	0.65	91177.45	59154.779	12	1.36932359
Maíz, papas, alverja	1.19	51287.32	61123.577	8	2.12234643
Huerta	0.83	47488.26	39405.155	8	1.36823457
Total					4.860

Sector 2 - Gunudel					
Producto	Lt ajustada (l/m2)	Area/prod (ha)	Volumen litro	Tiempo op Horas	Q l/s
Pasto	0.65	64765.92	42019.310	12	0.972669208
Maíz, papas, alverja	1.19	36430.83	43417.802	8	1.507562585
Huerta	0.83	33732.25	27990.594	8	0.97189564
				Total	3.452

Sector 3 - Centro					
Producto	Lt ajustada (l/m2)	Area/prod (ha)	Volumen litro	Tiempo op Horas	Q l/s
Pasto	0.65	46769.36	30343.370	12	0.70239283
Maíz, papas, alverja	1.19	26307.77	31353.263	8	1.08865495
Huerta	0.83	24359.04	20212.825	8	0.70183422
				Total	2.493

Sector 4 - La Matara					
Producto	Lt ajustada (l/m2)	Area/prod (ha)	Volumen litro	Tiempo op Horas	Q l/s
Pasto	0.65	169060.80	109684.509	12	2.538993261
Maíz, papas, alverja	1.19	95096.70	113335.044	8	3.935244596
Huerta	0.83	88052.50	73064.851	8	2.536973989
				Total	9.011

Sector 6 - Tualata					
Producto	Lt ajustada (l/m2)	Area/prod (ha)	Volumen litro	Tiempo op Horas	Q l/s
Pasto	0.65	259750.45	168522.808	12	3.900990936
Maíz, papas, alverja	1.19	146109.63	174131.609	8	6.046236409
Huerta	0.83	135286.69	112259.188	8	3.897888461
				Total	13.845

Sector 5 - Quisquinchir					
Producto	Lt ajustada (l/m2)	Area/prod (ha)	Volumen litro	Tiempo op Horas	Q l/s
Pasto	0.65	168574.94	109369.287	12	2.53169647
Maíz, papas, alverja	1.19	94823.40	113009.332	8	3.92393512
Huerta	0.83	87799.45	72854.870	8	2.529683
				Total	8.985

Sector 7 - Puente Chico					
Producto	Lt ajustada (l/m2)	Area/prod (ha)	Volumen litro	Tiempo op Horas	Q l/s
Pasto	0.65	42397.21	27506.774	10	0.76407706
Maíz, papas, alverja	1.19	23848.43	28422.259	6	1.31584531
Huerta	0.83	22081.88	18323.265	6	0.84829932
				Total	2.928

Anexo C Tablas de diseño hidráulico

Anotación	Nº de tub.	Ubicación	Cota del Terreno		Cota del Proyecto		Carga Hidráulica disponible	Longitud Horizontal	Pérdida de Carga Unitaria (m/m)	Pendiente (%)	Caudal (m3/s)	Longitud de la Tubería (m)	Longitud acumulada de la tubería (m)	Diámetro Calculado (mm)	Diámetro Comercial (mm)	Velocidad Calculada (m/s)	Velocidad Real (m/s)	Verificación de velocidad		Pérdida de Carga Unitaria (m)	Pérdida de Carga en el tramo "hf"	Cota piezométrica (m.s.n.m.)	Presión Acumulada (m)	
			Inicial (m.s.n.m.)	Final (m.s.n.m.)	Inicial (m.s.n.m.)	Final (m.s.n.m.)												máx.: 4.5 (m/s)	mín: 0.45 (m/s)					
T R A M O 2												0.00												
	1	0+0	0+200	2602.90	2586.56	2601.70	2585.36	16.34	200.000	0.082	8.17	0.026	200.67	200.67	103.33	225.00	3.072	0.648	cumple	cumple	0.370	0.370	2601.33	0.000
	3	0+200	0+400	2586.56	2574.66	2585.36	2573.46	11.90	200.000	0.060	5.95	0.026	200.35	401.02	110.28	225.00	2.697	0.648	cumple	cumple	0.370	0.740	2600.59	15.229
	5	0+400	0+600	2574.66	2564.77	2573.46	2563.57	9.89	200.000	0.049	4.94	0.026	200.24	601.26	114.55	225.00	2.500	0.648	cumple	cumple	0.370	1.110	2599.48	26.020
	6	0+600	0+800	2564.77	2546.12	2563.57	2544.92	18.65	200.000	0.093	9.33	0.026	200.87	802.13	100.56	225.00	3.243	0.648	cumple	cumple	0.371	1.48	2598.00	34.429
	7	0+800	1+000	2546.12	2527.56	2544.92	2526.36	18.56	200.000	0.093	9.28	0.026	200.86	1002.99	100.66	225.00	3.237	0.648	cumple	cumple	0.371	1.85	2596.15	51.228
	8	1+000	1+200	2527.56	2553.57	2526.36	2552.37	-26.01	200.000	0.130	-13.01	0.026	201.68	1204.68	93.92	225.00	3.718	0.648	cumple	cumple	0.372	2.22	2593.92	67.564
	9	1+200	1+400	2553.57	2559.86	2552.37	2558.66	-6.29	200.000	0.031	-3.14	0.026	200.10	1404.77	125.70	225.00	2.076	0.648	cumple	cumple	0.369	2.59	2591.33	38.962
	10	1+400	1+600	2559.86	2562.22	2558.66	2561.02	-2.36	200.000	0.012	-1.18	0.026	200.01	1604.79	153.73	225.00	1.388	0.648	cumple	cumple	0.369	2.96	2588.37	29.710
	11	1+600	1+800	2562.22	2549.42	2561.02	2548.22	12.8	200.000	0.064	6.40	0.026	200.41	1805.20	108.64	225.00	2.779	0.648	cumple	cumple	0.370	3.33	2585.04	24.018
	12	1+800	2+000	2549.42	2526.87	2548.22	2525.67	22.55	200.000	0.113	11.28	0.026	201.27	2006.46	96.71	225.00	3.506	0.648	cumple	cumple	0.371	3.70	2581.33	33.114
	14	2+000	2+200	2526.87	2500.20	2525.67	2499.00	26.67	200.000	0.133	13.34	0.026	201.77	2208.24	93.44	225.00	3.757	0.648	cumple	cumple	0.372	4.08	2577.26	51.589
	15	2+200	2+400	2500.20	2521.11	2499.00	2519.91	-20.91	200.000	0.105	-10.46	0.026	201.09	2409.33	98.22	225.00	3.399	0.648	cumple	cumple	0.371	4.45	2572.81	73.812
	16	2+400	2+600	2521.11	2505.22	2519.91	2504.02	15.89	200.000	0.079	7.95	0.026	200.63	2609.96	103.92	225.00	3.037	0.648	cumple	cumple	0.370	4.82	2567.99	48.084
	17	2+600	2+800	2505.22	2516.36	2504.02	2515.16	-11.14	200.000	0.056	-5.57	0.026	200.31	2810.27	111.78	225.00	2.625	0.648	cumple	cumple	0.370	5.19	2562.81	58.787
	18	2+800	3+000	2516.36	2542.00	2515.16	2540.80	-25.64	200.000	0.128	-12.82	0.026	201.64	3011.90	94.20	225.00	3.696	0.648	cumple	cumple	0.372	5.56	2557.25	42.088
	19	3+000	3+153	2542.00	2561.10	2540.80	2559.90	-19.1	150.000	0.127	-12.73	0.026	151.21	3163.11	94.33	225.00	3.686	0.648	cumple	cumple	0.279	5.84	2551.41	10.610
	T R A M O 3	1	0+0	0+200	2602.90	2586.08	2601.70	2584.88	16.82	200.000	0.084	8.41	0.012	200.71	200.71	75.60	110.00	2.563	1.211	cumple	cumple	2.717	2.717	2598.98
2		0+200	0+400	2586.08	2573.68	2584.88	2572.48	12.40	200.000	0.062	6.20	0.012	200.38	401.09	80.48	110.00	2.261	1.211	cumple	cumple	2.713	5.430	2593.55	8.673
3		0+400	0+600	2573.68	2553.97	2572.48	2552.77	19.71	200.000	0.099	9.86	0.012	200.97	602.06	73.18	110.00	2.735	1.211	cumple	cumple	2.721	8.151	2585.40	12.922
4		0+600	0+800	2553.97	2525.75	2552.77	2524.55	28.22	200.000	0.141	14.11	0.012	201.98	804.04	67.98	110.00	3.170	1.211	cumple	cumple	2.734	10.885	2574.52	21.747
5		0+800	1+000	2525.75	2506.61	2524.55	2505.41	19.14	200.000	0.096	9.57	0.012	200.91	1004.95	73.62	110.00	2.702	1.211	cumple	cumple	2.720	13.605	2560.91	36.363
6		1+000	1+200	2506.61	2500.00	2505.41	2498.80	6.61	200.000	0.033	3.31	0.012	200.11	1205.06	91.58	110.00	1.746	1.211	cumple	cumple	2.709	16.314	2544.60	39.189
7		1+200	1+400	2500.00	2490.15	2498.80	2488.95	9.85	200.000	0.049	4.92	0.012	200.24	1405.31	84.38	110.00	2.057	1.211	cumple	cumple	2.711	19.025	2525.57	26.774
8		1+400	1+600	2490.15	2476.58	2488.95	2475.38	13.57	200.000	0.068	6.79	0.012	200.46	1605.77	79.01	110.00	2.347	1.211	cumple	cumple	2.714	2.714	2486.24	0.000
9		1+600	1+800	2476.58	2452.19	2475.38	2450.99	24.39	200.000	0.122	12.19	0.012	201.48	1807.25	70.05	110.00	2.985	1.211	cumple	cumple	2.728	5.441	2480.79	5.415
10		1+800	1+923	2452.19	2435.10	2450.99	2433.90	17.09	200.000	0.085	8.55	0.012	200.73	2007.98	75.35	110.00	2.580	1.211	cumple	cumple	2.717	8.159	2472.64	21.646

T R A M O	1	0+0	0+200	2561.43	2550.75	2560.23	2549.55	10.68	200.000	0.053	5.34	0.003	200.28	200.28	49.33	75.00	1.532	0.663	cumple	cumple	1.389	1.389	2558.84	0.000
	2	0+200	0+400	2559.42	2539.42	2549.55	2538.22	11.33	200.000	0.057	5.66	0.003	200.32	400.61	48.73	75.00	1.570	0.663	cumple	cumple	1.390	2.779	2556.06	6.511
	3	0+400	0+600	2539.42	2517.39	2538.22	2516.19	22.03	200.000	0.110	11.02	0.003	201.21	601.82	42.51	75.00	2.063	0.663	cumple	cumple	1.396	4.175	2551.89	13.667
	4	0+600	0+800	2517.39	2491.73	2516.19	2490.53	25.66	200.000	0.128	12.83	0.003	201.64	803.45	41.20	75.00	2.196	0.663	cumple	cumple	1.399	5.574	2546.31	30.123
	5	0+800	1+000	2491.73	2466.49	2490.53	2465.29	25.24	200.000	0.126	12.62	0.003	201.59	1008.04	41.34	75.00	2.181	0.663	cumple	cumple	1.398	6.972	2539.34	48.811
	6	1+000	1+200	2466.49	2450.57	2465.29	2449.37	15.92	200.000	0.080	7.96	0.003	200.63	1205.67	45.44	90.00	1.805	0.460	cumple	cumple	0.573	7.545	2457.75	0.000
	7	1+200	1+300	2450.57	2440.02	2449.37	2438.82	10.55	200.000	0.053	5.28	0.003	200.28	1405.95	49.45	90.00	1.525	0.460	cumple	cumple	0.572	8.117	2449.63	0.258
T R A M O	1	0+0	0+200	2562.14	2549.50	2561.34	2548.7	12.64	200.000	0.063	6.32	0.014	200.40	200.40	86.02	180.00	2.383	0.544	cumple	cumple	0.347	0.347	2560.99	0.000
	2	0+200	0+400	2549.50	2548.44	2548.70	2547.64	1.06	200.000	0.005	0.53	0.014	200.00	400.40	143.09	180.00	0.861	0.544	cumple	cumple	0.347	0.694	2560.30	11.599
	55	0+400	0+600	2548.44	2542.11	2547.64	2541.31	6.33	200.000	0.032	3.16	0.014	200.10	600.50	99.14	180.00	1.794	0.544	cumple	cumple	0.347	1.041	2559.26	11.618
	56	0+600	0+800	2542.11	2540.03	2541.31	2539.23	2.08	200.000	0.010	1.04	0.014	200.01	800.51	124.59	180.00	1.136	0.544	cumple	cumple	0.347	1.387	2557.87	16.560
	57	0+800	1+000	2540.03	2528.05	2539.23	2527.25	11.98	200.000	0.060	5.99	0.014	200.36	1000.87	86.97	180.00	2.331	0.544	cumple	cumple	0.347	1.735	2556.14	16.906
	58	1+000	1+200	2528.05	2523.77	2527.25	2522.97	4.28	200.000	0.021	2.14	0.014	200.05	1200.92	107.44	180.00	1.527	0.544	cumple	cumple	0.347	2.081	2554.05	26.804
	59	1+200	1+400	2523.77	2502.88	2522.97	2502.08	20.89	200.000	0.104	10.44	0.014	201.09	1402.01	77.59	180.00	2.928	0.544	cumple	cumple	0.349	2.430	2551.62	28.654
	60	1+400	1+600	2502.88	2484.67	2502.08	2483.87	18.21	200.000	0.091	9.11	0.014	200.83	1602.83	79.80	180.00	2.768	0.544	cumple	cumple	0.348	2.778	2548.85	46.766
	61	1+600	1+800	2484.67	2487.16	2483.87	2486.36	-2.49	200.000	0.012	-1.24	0.014	200.02	1802.85	120.07	180.00	1.223	0.544	cumple	cumple	0.347	3.125	2545.72	61.852
	62	1+800	2+000	2487.16	2491.72	2486.36	2490.92	-4.56	200.000	0.023	-2.28	0.014	200.05	2002.90	106.05	180.00	1.568	0.544	cumple	cumple	0.347	3.471	2542.25	55.890
	63	2+000	2+200	2491.72	2527.49	2490.92	2526.69	-35.77	200.000	0.179	-17.89	0.014	203.17	2206.07	69.47	180.00	3.652	0.544	cumple	cumple	0.352	3.824	2538.43	47.507
	64	2+200	2+400	2527.49	2527.15	2526.69	2526.35	0.34	200.000	0.002	0.17	0.014	200.00	2406.07	180.72	180.00	0.540	0.544	cumple	cumple	0.347	4.170	2534.26	7.567
	65	2+400	2+600	2527.15	2496.01	2526.35	2495.21	31.14	200.000	0.156	15.57	0.014	202.41	2608.48	71.48	180.00	3.450	0.544	cumple	cumple	0.351	4.521	2529.74	3.386
66	2+600	2+800	2496.01	2465.74	2495.21	2464.94	30.27	200.000	0.151	15.14	0.014	202.28	2810.76	71.90	180.00	3.410	0.544	cumple	cumple	0.351	4.872	2524.86	29.654	
67	2+800	2+900	2465.74	2467.50	2464.94	2466.7	-1.76	200.000	0.009	-0.88	0.014	200.01	3010.77	128.94	180.00	1.060	0.544	cumple	cumple	0.347	5.218	2519.65	54.706	
T R A M O	1	0+0	0+200	2602.39	2595.70	2601.59	2594.9	6.69	200.000	0.033	3.35	0.008	200.11	200.11	80.74	110.00	1.624	0.875	cumple	cumple	1.484	1.484	2600.11	0.000
	2	0+200	0+400	2595.70	2580.91	2594.90	2580.11	14.79	200.000	0.074	7.39	0.008	200.55	400.66	68.60	110.00	2.249	0.875	cumple	cumple	1.487	2.971	2597.13	2.235
	55	0+400	0+600	2580.91	2566.47	2580.11	2565.67	14.44	200.000	0.072	7.22	0.008	200.52	601.18	68.94	110.00	2.227	0.875	cumple	cumple	1.487	4.458	2592.68	12.566
	56	0+600	0+800	2566.47	2550.44	2565.67	2549.64	16.03	200.000	0.080	8.01	0.008	200.64	801.82	67.48	110.00	2.325	0.875	cumple	cumple	1.488	5.946	2586.73	21.060
	57	0+800	1+000	2550.44	2547.00	2549.64	2546.2	3.44	200.000	0.017	1.72	0.008	200.03	1001.85	92.55	110.00	1.236	0.875	cumple	cumple	1.483	7.430	2579.30	29.660
	58	1+000	1+200	2547.00	2536.69	2546.20	2535.89	10.31	200.000	0.052	5.15	0.008	200.27	1202.12	73.88	110.00	1.939	0.875	cumple	cumple	1.485	8.915	2570.39	24.186
59	1+200	1+320	2536.69	2528.92	2535.89	2528.12	7.77	200.000	0.039	3.88	0.008	200.15	1402.27	78.29	110.00	1.727	0.875	cumple	cumple	1.484	10.399	2559.99	24.096	

Anexo D Tablas de diseño del tanque reservorio

Cálculo del volumen de regulación		
Qreg	8.985	l/s
Vreg	388.166	m ³ /día
Vreg(a)	194.08	m ³ /día

Cálculo de los niveles del tanque de regulación		
Parámetros	Valor	Unidad
Base	8	m
Longitud	7	m
Profundidad adoptada	3	m
Profundidad de regulación	3.47	m
Borde Libre	0.5	m
Profundidad mínima de servicio	1.5	m
Cota del nivel máximo	2601.890	m.s.n.m.
Cota del nivel mínimo	2600.390	m.s.n.m.
Cota del fondo del tanque	2597.924	m.s.n.m.

Cálculo de la longitud equivalente			
Accesorio	Cantidad	LE (m)	total
Tubería de desagüe	1	11	11
Entrada	1	3.5	3.5
Válvula de compuerta	1	0.30	0.3
Codo de 90°	2	1.5	3
Tee	1	5.20	5.2
Salida	1	6	6
		LE TOTAL	29

Cálculo del caudal de la tubería de salida		
Parámetro	Valor	Unidad
Pérdida de Carga Unitaria	0.194	m/m
Coefficiente Chow	140	u
Caudal de salida	0.0484	m ³ /s
Velocidad de salida	5.092	m/s
Carga estática	1.321	m

Calculo del tiempo de vaciado del tanque		
Parámetro	Valor	Unidad
Coefficiente de descarga	0.664	-
Tiempo de vaciado	9499	s
Tiempo de vaciado	158.32	min

Anexo E: Diseño estructural del tanque reservorio

Datos para el diseño				
Parámetro	Valor	Unidad	Símbolo	
Base	8	m	B	
Largo	7	m	L	
Altura de la lámina de agua	3.5	m	Hcu1	
Volumen de la cámara	196.0	m ³	Hc1	
Espesor del muro	0.2	m	em	
Espesor de la losa de fondo	0.3	m	elf	
Altura total	4	m	H	
Peso específico del suelo	1662.00	kg/m ³	γ_s	
Capacidad portante del suelo	2.85	kg/cm ²	qadm	
Resistencia del hormigón	240	kg/cm ²	f'c	
Resistencia del acero	4200	kg/cm ²	fy	
Angulo de fricción del suelo	17.5	°	Ø	
Peso específico del hormigón armado	2400	kg/m ³	γ_s	
Peso específico del agua	1000	kg/m ³	γ_w	
CARGAS ACTUANTES				
Parámetro	Valor	unidad	Símbolo	
Peso propio del muro	480.000	kg/m	Ppm	
Peso propio de la losa de fondo	720.000	kg/m	Pplf	
Coefficiente de empuje del suelo (ka)	0.54	u	k	
Presión del suelo	3574.142	kg/m ²	Pa	
Presión hidrostática	3500.000	kg/m ²	Pw	
Parámetro	Valor	unidad	Símbolo	
Peso de los muros	2880	kg	Pm	
Peso de la losa de fondo	40320	kg	Plf	
Peso del agua	196000	kg	Pw	
Verificación	Sin reacción del suelo			
Reacción en la base por carga muerta	120	kg/m	Prs	

COMBINACIONES DE DE CARGAS				
1.4 (D) + 1.4 (F)				
Parámetro	Valor	unidad	Valor	unidad
Peso propio del muro	672	kg/m	6720	N/m
Presión hidrostática	4900	kg/m	49000	N/m
Momento positivo en muros	3840	kg.m	38400	N.m
Momento negativo en muros	0	kg.m	0	N.m
Cortante en el muro	1920	kg	19200	N
Momento positivo en losa inferior	9840	kg.m	98400	N.m
Momento negativo en losa inferior	4920	kg.m	49200	N.m
Cortante en losa inferior	3940	kg	39400	N

MOMENTOS Y CORTANTES DE DISEÑO			
Parámetro	Valor	unidad	Símbolo
Momento positivo en muros	3840	kg.m	Mpm
Momento negativo en muros	0	kg.m	Mnm
Cortante en el muro	1920	kg	Vm
Momento positivo en losa inferior	6560	kg.m	Mplf
Momento negativo en losa inferior	3280	kg.m	Mnlf
Cortante en losa inferior	2630	kg	Vlf

Diseño a flexión de los muros				Diseño a flexión de la losa de fondo			
Parámetro	Valor	unida d	Símbol o	Parámetro	Valor	unida d	Símbol o
Recubrimiento	0.05	m	r	Recubrimiento	0.05	m	r
Altura útil	0.15	m	d	Altura útil	0.25	m	d
Resistencia última	189629.6 2	kg/m ²	Ru	Resistencia última	116622.2 2	kg/m ²	Ru
Resistencia última	18.96	kg/cm ²	Ru	Resistencia última	11.66	kg/cm ²	Ru
Cuantía de acero	0.005		ρ	Cuantía de acero	0.003		ρ
Acero calculado	7.14	cm ²	As	Acero calculado	7.17	cm ²	As
Acero mínimo	5	cm ²	Asmin	Acero mínimo	8.33	cm ²	Asmin
Armado de los muros				Armado de la losa de fondo			
Parámetro	Valor	unida d	Símbol o	Parámetro	Valor	unida d	Símbol o
Número de varillas	5	u	#	Número de varillas	6	u	#
Diámetro de la varilla	14	mm	∅	Diámetro de la varilla	14	mm	∅
Área de la varilla	1.54	cm ²	Av	Área de la varilla	1.54	cm ²	Av
Acero colocado	7.70	cm ²	Asc	Acero colocado	9.24	cm ²	Asc
Separación	25.0	cm	S	Separación	19.0	cm	S
Se toma	5 φ 14 @ 25 cm			Se toma	6 φ 14 @ 19 cm		
Acero por temperatura	3.6	cm ²	Ast	Acero por temperatura	5.4	cm ²	Ast
Número de varillas	5	u	#	Número de varillas	6	u	#
Diámetro de la varilla	14	mm	∅	Diámetro de la varilla	14	mm	∅
Área de la varilla	1.54	cm ²	Av	Área de la varilla	1.54	cm ²	Av
Acero colocado	7.70	cm ²	Asc	Acero colocado	9.24	cm ²	Asc
Separación	25.0	cm	S	Separación	21.0	cm	S
Se toma	5 φ 14 @ 25 cm			Se toma	6 φ 14 @ 21 cm		
Verificación a cortante de los muros				Verificación a cortante de la losa de fondo			
Parámetro	Valor	unida d	Símbol o	Parámetro	Valor	unida d	Símbol o
Fuerza de corte	1920	kg	Vu	Fuerza de corte	2630	kg	Vu
Altura útil mínima	2.75	cm	dmin	Altura útil mínima	0.90	cm	dmin
Altura útil	15	cm	d	Altura útil	25	cm	d
longitud de desarrollo				longitud de desarrollo			
Parámetro	Valor	Unida d	Símbol o	Parámetro	Valor	Unida d	Símbol o
Factor de modificación	1		ψe	Factor de modificación	1		ψe
Factor de modificación	1		ψt	Factor de modificación	1		ψt
Factor de modificación	0.8		ψs	Factor de modificación	0.8		ψs
Diámetro de la varilla	1.4	cm	db	Diámetro de la varilla	1.4	cm	db
(Cb+Ktr)/db	2.5			(Cb+Ktr)/db	2.5		
Longitud de desarrollo calculada	28	cm	Ldc	Longitud de desarrollo calculada	28	cm	Ldc
28db	39	cm		28db	39	cm	
Longitud de desarrollo asumida	39	cm	Ld	Longitud de desarrollo asumida	39	cm	Ld

Anexo F: Cámara rompe presión

Datos: CRP 1			
Parámetro	Valor	Unidad	Simbología
Caudal Máximo Diario	25.759	l/s	Qmaxd
	0.0258	m ³ /s	
Diámetro de la tubería de la línea de aducción	225	mm	D1
Diámetro de la tubería de la línea de aducción	0.225	m	D1
Altura Mínima	0.2	m	Hm
Borde Libre	0.4	m	BL
Diámetro de salida hacia la línea de aducción	225	mm	D2
Calculo de la velocidad de paso (V2)			
Parámetro	Valor	Unidad	Simbología
Velocidad de paso	0.6	m/s	V2
Calculo de la Altura de la Cámara rompe presión (HT)			
Parámetro	Valor	Unidad	Simbología
Carga calculada para que el caudal de salida pueda fluir	0.033	m	Hc
Carga requerida para que el caudal de salida pueda fluir	0.20	m	H
Altura de la cámara rompe presión	0.80	m	HT
Dimensionamiento interno de la CRP			
Parámetro	Valor	Unidad	Simbología
Altura Total de la Cámara rompe presión	0.80	m	HT
Ancho de la CRP	0,80	m	b
Largo de la CRP	0,80	m	L
Dimensionamiento de la Canastilla			
Parámetro	Valor	Unidad	Simbología
Diámetro de la Tubería de salida	0.225		Ds
Diámetro de la Canastilla	0.450	m	Dc
	0.675	m	3Ds
	1.350	m	6Ds
Longitud de la canastilla calculada	1.01	m	Lc
Longitud de la canastilla asumida	1.02	m	Lca
Área de la ranura	3.5E-05	m ²	Ar
Área transversal de la tubería de Salida	0.040	m ²	As
Área total de ranuras	0.080	m ²	At
Área tateral de la canastilla	0.456	m ²	Alc
Verificación	Cumple		At< 0.5 Alc
Numero de ranuras calculada	2273.045		Nrc
Numero de ranuras asumido	2274.0		Nr
Calculo de la Tubería de Rebose y Limpieza			
Parámetro	Valor	Unidad	Simbología
Pendiente Recomendada	1	%	ra
Perdida de Carga Unitaria recomendada	0.002	m/m	hf
Ecuación de Hazen Williams	140		C
Diámetro de Tubería de Rebose calculado	61.8	mm	Drc
Diámetro de Tubería de Rebose recomendado	75	mm	Dr

Anexo G: Planos