ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

EVALUACIÓN HIDRÁULICA DEL SISTEMA DE RIEGO EN LA COMUNIDAD MOLINO ALTO

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE TECNÓLOGAS EN AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

CYNTHIA CAROLINA COYAGO ROMERO

cynthia.coyago@epn.edu.ec

EVELYN KARINA VALENCIA LOMAS

evelyn.valencia@epn.edu.ec

DIRECTOR: ING. EDUARDO MAURICIO VÁSQUEZ FALCONES

eduardo.vasquez@epn.edu.ec

Quito, 2021

CERTIFICACIÓN

Certifico/Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por las Srtas. CYNTHIA CAROLINA COYAGO ROMERO y EVELYN KARINA VALENCIA LOMAS como requerimiento parcial a la obtención del título de Tecnólogas en Agua y Saneamiento Ambiental, bajo mi/nuestra supervisión:

Ing. Vásquez Falcones Eduardo Mauricio

DIRECTOR DEL PROYECTO

Dra. Patricia Haro Ruiz

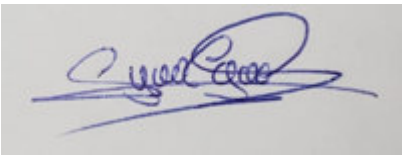
CODIRECTOR DEL PROYECTO

DECLARACIÓN

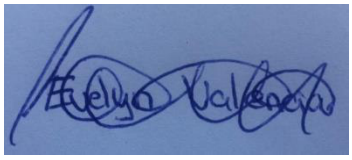
Nosotros Coyago Romero Cynthia Carolina con CI: 1724807944 y Valencia Lomas Evelyn Karina con CI: 1726713132, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Sin prejuicio de los derechos reconocidos en el primer párrafo del artículo 144 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación – COESC-, somos titulares de la obra en mención y otorgamos una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva de uso con fines académicos a la Escuela Politécnica Nacional.

Entregamos toda la información técnica pertinente, en caso de que hubiese una explotación comercial de la obra por parte de la EPN, se negociará los porcentajes de los beneficios conforme lo establece la normativa nacional vigente.



Cynthia Carolina Coyago Romero



Evelyn Karina Valencia Lomas

DEDICATORIA

En primer lugar, este trabajo le dedico a Dios quien es el ser Divino que siempre me ha acompañándome en todo momento y me ha guiado siempre por el camino del bien.

A mis padres y hermanos que siempre han estado ahí para mí en todo momento, gracias a todo su amor, su trabajo y sacrificio es que he logrado llegar a cumplir una meta más, estoy orgullosa de que formen parte de mi vida, sin duda alguna esto no lo hubiera logrado sin su apoyo incondicional papás.

Cynthia Coyago

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por ser mi guía y mi fortaleza en los momentos de tristeza y debilidad.

Agradezco infinitamente a mis padres Fabián Coyago y Carmen Romero por creer en mí, por inculcar en mi vida valores y principios que me sirvieron y me servirán de por vida.

Agradezco a mis hermanos Belén, Fernanda y Alexander porque siempre han estado conmigo en los buenos y malos momentos, sobre todo en los malos momentos brindándome su apoyo moral siempre.

A mi director de tesis por el apoyo, por compartir sus conocimientos con nosotros y el tiempo que siempre nos dedicó, para que este trabajo se realice con éxito.

A mi pareja que desde el momento que formo parte de mi vida creyó en mí, agradezco el apoyo moral que siempre me brinda y por estar conmigo en los buenos y malos momentos.

A mi mejor amiga Alexandra, una persona especial en mi vida que siempre ha estado para mí en los buenos y malos momentos.

Cynthia Coyago

DEDICATORIA

A Dios

Por darme la oportunidad de vivir, por ser mi guía, fortaleza y por regalarme una familia maravillosa.

Con mucho cariño a mis padres quienes me dieron la vida, educación, valores y por todo el esfuerzo que han hecho para que todos sus hijos puedan ser personas de bien, gracias por brindarme un hogar en el que pude sentirme segura y libre de poder cumplir mis sueños.

A mi pareja quien, con su amor, paciencia y apoyo incondicional durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias.

Evelyn Valencia

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por darme la fuerza y el valor necesario para seguir adelante, a pesar de las dificultades que se presentaron en el transcurso de estos años.

A mis padres, Carmen y Ricardo por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos valores y principios que me han inculcado, por su esfuerzo y dedicación me ayudaron a poder llegar a culminar esta gran etapa de mi vida con éxito.

Gracias a mi pareja por entenderme en todo, gracias a él porque fue mi apoyo incondicional en todo momento, que con sus consejos, amor y paciencia me ayudo alcanzar mis objetivos.

A mi director de tesis el Ingeniero Eduardo Vásquez quien, desde el primer momento con su experiencia, motivación y la gran paciencia que me ha tenido me oriento a terminar con éxito este trabajo de titulación.

Evelyn Valencia

ÍNDICE DE CONTENIDO

1 INTRODUCIÓN 16

1.1 ANTECEDENTES 17

1.2 JUSTIFICACIÓN 17

1.3 OBJETIVOS 18

1.3.1 Objetivo General 18

1.3.2 Objetivos Específicos 18

2 MARCO TEÓRICO 18

2.1 DEFINICIÓN DE RIEGO 18

2.1.1 Sistemas de captación 19

2.1.2 Sistemas de captación de manantiales de ladera 19

2.2 SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE RIEGO 19

2.2.1 Riego por superficie 20

2.2.2 Riego por canteros 20

2.2.3 Riego por surcos 21

2.2.4 Riego por fajas 21

2.2.5 Riego por aspersión 22

2.2.6 Riego móvil 22

2.2.7 Riego localizado 22

2.3 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICAS 22

2.3.1 Sistema geográfico de referencia. 23

2.3.2 Sistema de proyección cartográfica 23

2.3.3 Escala de representación 23

2.3.4 Simbología 23

2.4 CAUDALES DE RIEGO 23

3 METODOLOGÍA 26

3.1 UBICACIÓN 26

3.2 LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN 26

3.3 LEVANTAMIENTO DE PUNTOS GEORREFERENCIADOS 27

3.4 AFORO DE CAUDALES 31

3.5 ANÁLISIS DE LA NECESIDAD DE RIEGO 31

3.5.1 Determinación de datos meteorológicos 31

3.5.2 Cálculos de las necesidades hídricas de los cultivos 35

3.6 SIMULACIÓN HIDRÁULICA EN EL SOFTWARE HEC – RAS 38

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN 41

4.1 LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN 41
4.2 POBLACIÓN SERVIDA 41
4.3 RESULTADOS DEL LEVANTAMIENTO CON GPS 42
4.4 PLANOS DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE RIEGO 44
4.5 RESULTADOS DE LAS NECESIDADES HÍDRICAS DE LOS CULTIVOS 46
4.6 RESULTADOS DE CAUDALES, VELOCIDADES Y DIÁMETROS. 50
4.7 EVALUACIÓN HIDRÁULICA 52
4.8 PROPUESTA DE MEJORA AL SISTEMA DE RIEGO 53
4.9 MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO 56
4.10 SOCIALIZACIÓN DE RESULTADOS CON LA COMUNIDAD 56

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 58

5.1 CONCLUSIONES 58
5.2 RECOMENDACIONES 59

6 BIBLIOGRAFÍA 60

7 ANEXOS 62

ANEXO 1. ENCUESTA REALIZADA A LA COMUNIDAD. 62

ANEXO 2. CULTIVOS QUE LOS USUARIOS SIEMBRAN Y EN EL FUTURO DESEAN SEMBRAR 63

ANEXO 3. NECESIDADES DE RIEGO POR CULTIVO 64

ANEXO 4. COORDENADAS GPS DEL SISTEMA DE RIEGO 68

ANEXO 5. MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO 70

ANEXO 4. SOCIALIZACIÓN CON LA COMUNIDAD 75

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. INFORMACIÓN METEOROLÓGICA NAYÓN 32

TABLA 2. VALORES DE FACTORES CLIMÁTICOS 36

TABLA 3. VALORES DE PRECIPITACIÓN MENSUAL 36

TABLA 4. COEFICIENTE DE CULTIVO INICIAL, MEDIO Y FINAL 37

TABLA 5. INFORMACIÓN GENERAL DE LOS CULTIVOS 37

TABLA 6. PROFUNDIDAD RADICULAR DE CULTIVOS 38

TABLA 8. NECESIDAD DE CAUDAL 42

TABLA 9. RESULTADOS DE RADIACIÓN Y EVAPOTRANSPIRACIÓN 47

TABLA 10. RESULTADOS PRECIPITACIÓN EFECTIVA 48

TABLA 11. CAUDALES DE RIEGO POR CULTIVO 49

TABLA 12. CAUDALES TOTALES MENSUALES PARA TODOS LOS CULTIVOS 49

TABLA 13. DIÁMETROS 50

TABLA 14. VELOCIDADES 50

TABLA 15. PARÁMETROS IN SITU 56

TABLA 16. LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE SEGÚN EL TULSMA 56

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. FACTORES QUE AYUDAN A LA ELECCIÓN DEL MÉTODO DE RIEGO 20

FIGURA 2. RIEGO POR CANTEROS 20

FIGURA 3. RIEGO POR SURCOS 21

FIGURA 4. RIEGO POR FAJAS 21

FIGURA 5. RIEGO POR ASPERSIÓN MÓVIL 22

FIGURA 6. CANAL PARA EL CÁLCULO DE CAUDAL 24

FIGURA 7. CANAL DE SECCIÓN RECTANGULAR 24

FIGURA 8. CANAL DE SECCIÓN TRAPEZOIDAL 25

FIGURA 9. UBICACIÓN DEL PROYECTO 26

FIGURA 10. SOCIALIZACIÓN CON LA COMUNIDAD 27

FIGURA 11. APLICACIÓN DE ENCUESTAS A LA COMUNIDAD 27

FIGURA 12. TOMA DE PUNTOS GPS 28

FIGURA 13. PRINCIPALES PUNTOS DE INTERÉS PARA EL LEVANTAMIENTO DE PUNTOS 28

FIGURA 14. DATOS INGRESADOS EN EL SOFTWARE CIVIL 3D 29

FIGURA 15. PUNTOS GEORREFERENCIADOS INGRESADOS EN EL SOFTWARE CIVIL 3D 29

FIGURA 16. NUEVO TRAZADO DEL RECORRIDO 30

FIGURA 17. SUPERFICIE TRIDIMENSIONAL 30

FIGURA 18. AFORO DE CAUDALES 31

FIGURA 19. MEDICIÓN DE ESTRUCTURA 31

FIGURA 20. MODELADO DEL ALINEAMIENTO EN CIVIL 3D 39

FIGURA 21. TRAMOS TRANSVERSALES DEL CANAL DE RIEGO, DIGITALIZADO PARA SIMULACIÓN EN HEC-RAS. 39

FIGURA 22. CANTIDAD DE CAUDAL EN EL PUNTO 120 40

FIGURA 23. CANTIDAD DE CAUDAL EN EL PUNTO 180 40

FIGURA 24. RECORRIDOS REALIZADOS 43
FIGURA 25. PLANO TOPOGRÁFICO EN CIVIL 3D 44
FIGURA 26. NUEVO TRAZADO DEL RECORRIDO 44
FIGURA 27. CURVAS DE NIVEL 45
FIGURA 28. SUPERFICIE 45
FIGURA 29. VISTA CONCEPTUAL DE LA SUPERFICIE 46
FIGURA 30. PERFIL DEL RECORRIDO DEL SISTEMA DE RIEGO MOLINO ALTO . 46
FIGURA 31. MEDICIÓN DEL DIÁMETRO DE LA TUBERÍA 50
FIGURA 32. CAUDAL MEDIO DEL SISTEMA DE RIEGO 52
FIGURA 33. CAUDAL DE UN PUNTO TOMADO AL AZAR 53
FIGURA 34. LUGAR DONDE SE IMPLANTARÍA LA CÁMARA 53
FIGURA 35. ESTRUCTURA, DIVISIÓN DE CAUDALES 55
FIGURA 36. REJILLAS PARA SÓLIDOS GRUESOS 55

ÍNDICE DE GRÁFICAS

GRÁFICA 1. TEMPERATURA PROMEDIO (°C)..... 33

GRÁFICA 2. TEMPERATURA PROMEDIO (°C)..... 33

GRÁFICA 2. TEMPERATURA PROMEDIO (°C)..... 34

GRÁFICA 3. VELOCIDAD DEL VIENTO (M/S)..... 34

GRÁFICA 4. HUMEDAD RELATIVA (%) 35

GRÁFICA 5. PORCENTAJE DE USUARIOS Y TIPOS DE CULTIVOS EN LA COMUNIDAD MOLINO ALTO 41

RESUMEN

Esta evaluación hidráulica tiene como finalidad, realizar un levantamiento de información del sistema de riego para así conocer su estado y de esta manera brindar a la comunidad soluciones como son: las necesidades de riego de los distintos cultivos, un manual de operación y mantenimiento y una propuesta de mejora que permitirá a la comunidad el uso del caudal de riego justo y necesario.

La comunidad Molino Alto ubicada en la parroquia El Quinche, no cuenta con un caudal suficiente para su sistema de riego, de tal forma que los cultivos se han visto afectados, es decir, no pueden ser regados con la frecuencia que deberían.

Esta evaluación se compone de varios procesos como son: examinar el lugar de estudio, dialogar con las autoridades del sector, aplicación de encuestas, levantamiento de puntos GPS, cálculos para conocer la necesidad de riego, elaboración del perfil en el software civil 3D, aforo de caudales y elaboración de un manual técnico.

La necesidad de riego se realizó mediante el software CROPWAT 8.0, este programa para sistemas de riego requiere de cierta información meteorológica tomada del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) del sector de Nayón. Se tomó este sector debido a que no se encontró la Parroquia El Quinche específicamente, sin embargo, se tomó en cuenta características climatológicas similares. Por otra parte, las características de cada uno de los cultivos que se requiere ingresar en el programa CROPWAT 8.0 se tomó del manual facilitado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

La evaluación hidráulica del sistema de riego en la comunidad Molino Alto se realizó mediante la utilización del software HEC-RAS en el cual se observó que el caudal es suficiente para que los usuarios realicen un buen aprovechamiento y manejo del agua designada para riego.

Palabras clave: caudal, cultivos, aforo de caudales, necesidad de riego, INAMHI y evaluación hidráulica.

ABSTRACT

The purpose of this hydraulic evaluation is to carry out an information survey of the irrigation system in order to know its status and thus provide the community with solutions such as: the irrigation needs of the different crops, an operation and maintenance manual and an improvement proposal that will allow the community to use the fair and necessary irrigation flow.

The Molino Alto community does not have a sufficient flow for its irrigation system, in such a way that the crops have been affected, that is, they cannot be watered as often as they should.

This evaluation is made up of several processes such as: examining the place of study, dialogue with the authorities of the sector, application of surveys, survey of GPS points, calculations to know the need for irrigation, elaboration of the profile in the 3D civil software, capacity of flows and preparation of a technical manual.

The need for irrigation was carried out using the CROPWAT 8.0 software, this program for irrigation systems requires certain meteorological information taken from the National Institute of Meteorology and Hydrology (INAMHI) of the Nayón sector. This sector was taken because the Parroquia El Quinche was not found specifically, however, similar climatological characteristics were taken into account. On the other hand, the characteristics of each of the crops that are required to be entered in the CROPWAT 8.0 program were taken from the manual provided by the FAO.

The hydraulic evaluation of the irrigation system in the Molino Alto community was carried out using the HEC-RAS software, in which it was observed that the flow is sufficient for users to make good use and manage the water designated for irrigation.

Keywords: flow, crops, flow capacity, need for irrigation, INAMHI and hydraulic evaluation.

CAPÍTULO 1

1 INTRODUCIÓN

El agua es un recurso importante para la vida y el desarrollo de la economía, en la actualidad el agua es utilizada para varias actividades que van más allá del uso cotidiano, estas actividades son: uso industrial, hidroelectricidad, agricultura, agua potable y recreativo, es por esto que el agua es necesaria para realizar cualquier actividad y debe ser utilizada adecuadamente (Felipe Cisneros, Esteban Pacheco, 2010).

En el Ecuador existe un área de riego de aproximadamente 3´136.000 hectáreas, donde 93.3 % corresponde a cuencas de la vertiente del Pacífico y el 6.7 % a la vertiente Amazónica, es importante conocer que el consumo del agua en el Ecuador en su mayor parte está destinado al riego, siendo este un porcentaje del 80 % del consumo total. Además, existen pérdidas ya sean en la captación, conducciones y parcelas las cuales producen que las eficiencias varíen entre el 15 % y el 20 % (R. Galarraga , 2004).

El proceso de riego en el Ecuador es sencillo e improvisados en la mayor parte de juntas de riego, esto puede ser visible en casi todos los elementos del sistema, desde la captación, conducción, almacenamiento y distribución (Carlos Nieto, 2018).

La evaluación hidráulica en la comunidad Molino Alto, es un proyecto de titulación, cuyo fin es encontrar información sobre el sistema de riego, requerimientos hídricos para los cultivos y de esta manera realizar una evaluación con la que se conocerá si el caudal concedido para el sistema de riego en dicha comunidad es el adecuado.

Con la evaluación hidráulica del sistema de riego la comunidad conocerá si los caudales que se concedieron son los mismos que llegan a su reservorio, conocer las mejoras del sistema de riego para que el caudal sea dividido de manera equitativa, analizar el estado del equipamiento y estructuras existentes. Y obtener un manual que permitirá dar el mantenimiento adecuado a las instalaciones del sistema de riego para que preste un servicio de calidad y adecuado para los usuarios del sistema de riego.

1.1 Antecedentes

Molino Alto es una de las comunidades que pertenece a la Parroquia de El Quinche, para el sistema de riego tiene concedido un caudal de 8.5 l/s en tiempo de verano y máximo 16.90 l/s en invierno. Este sistema tiene como infraestructura existente la captación, canal de conducción, cajas de revisión, compuertas, desarenador y el reservorio (Secretaria del agua demarcacion hidrográfica de Esmeraldas "Zonal Quito", 2009).

El caudal concedido para la comuna Molino Alto está divido en dos conducciones una para un solo usuario que tiene concedido un caudal de 3 l/s para el riego, aproximadamente para una parcela de 13 hectáreas. Mientras que el resto de caudal se conduce por el canal de conducción y tubería de 200 mm hasta llegar al reservorio y posteriormente ser repartido a todos los miembros de la comunidad que poseen sistema de riego.

1.2 Justificación

Según el artículo 47 de la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del agua, el cual dice: Las juntas de riego son organizaciones comunitarias sin fines de lucro, que tienen por finalidad la prestación del servicio de riego y drenaje, bajo criterios de eficiencia económica, calidad en la prestación del servicio y equidad en la distribución del agua (Barrezueta, 2014).

El propósito de esta evaluación del sistema de riego en la comunidad Molino Alto es mejorar y brindar a los usuarios información de interés necesaria para que el manejo del sistema de riego sea organizado, útil y que se divida el recurso agua de forma equitativa para todos.

La evaluación del sistema de riego está basada en un levantamiento topográfico del terreno para conocer los puntos estratégicos desde la captación hasta el reservorio.

Con base a los resultados de la evaluación hidráulica y el catastro de las estructuras se propone soluciones de mejora del sistema de riego, además se facilita a los usuarios de la Comunidad Molino Alto un manual de operación y mantenimiento del sistema. “Este manual tiene como objetivo proporcionar las herramientas básicas para que técnicos de nivel medio puedan encarar con éxito el diseño de sistemas de minirriego” (Alocén, 2007, pág. 11).

La evaluación del sistema de riego tiene como fin perfeccionar las condiciones de vida y convivencia en la Comuna Molino Alto, de tal forma que hay un compromiso neto por

investigar la situación del sector para mejorar el servicio y calidad del sistema, esto se lo hace mediante una convivencia con los miembros de la comunidad para así conocer sus inconformidades y a su vez indicar los avances obtenidos con el paso del tiempo, hasta lograr los objetivos planteados.

Con la ejecución de este proyecto se espera que el caudal concedido se reparta de forma imparcial a todos los miembros de la comunidad que dispongan del sistema de riego y así, mejorar el trabajo de las personas que utilizan la agricultura ya sea para proveer alimentos para sus hogares u obtener ingresos económicos de la misma. Además, esto evita que el agua destinada para el consumo humano sea utilizada en dicha actividad.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

- Evaluar el sistema de riego en la comunidad Molino Alto.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Realizar el levantamiento de la información necesaria para la evaluación del sistema.
- Evaluar hidráulicamente el sistema de riego.
- Proponer mejoras al sistema con base en la evaluación hidráulica y crear un manual de operación y mantenimiento.
- Realizar una socialización del proyecto con la comunidad Molino Alto.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Definición de riego

Dentro del sistema agrícola es de suma importancia el riego, ya que es primordial en el desarrollo de los cultivos principalmente en las zonas áridas y semiáridas. A nivel mundial el uso excesivo de agua para distintos usos ha provocado que la demanda aumente dando como resultado el aumento en su costo y a su vez que en el área de la agricultura se vea limitada por este recurso, es por ello, que se debe implementar las nuevas tecnologías, de tal manera que se pueda aprovechar y optimizar este recurso por medio de diseños de los regadíos (Pereira L. S., 2010).

En todo el mundo los productos sembrados aprovechan el agua de las lluvias, por lo que las siembras con frecuencia se realizan en temporadas de invierno, sin embargo,

existen casos en que esta es escaza por tal razón se requiere conducir el agua artificialmente hacia las áreas de cultivo con ayuda del riego (Almazan, 2003).

2.1.1 Sistemas de captación

Cuando se tiene identificada la fuente de agua se procede a planificar el sistema de captación, esto se lo realiza dependiendo el tipo de fuente y las condiciones climáticas. Lo que se toma en cuenta para la elaboración de esta estructura son los lugares en donde el agua debe llegar para ser utilizada. Además, en la gran parte de los casos es fundamental diseñar la captación para que funcione a gravedad, si este no fuera el caso, se lo hace mediante un sistema de bombeo para poder elevar el agua hasta cierto nivel que se encuentre por encima del lugar de uso (AgriculturaFamiliar, 2011).

2.1.2 Sistemas de captación de manantiales de ladera

Estos sistemas hacen posible la recolección de agua que fluye de forma horizontal por la ladera, los encontramos de dos formas: manantiales concentrados y manantiales difusos. Para estos dos ejemplares, el sistema de captación está constituido por tres partes:

- **Captación de afloramiento:** es aquella de donde proviene el agua.
- **Cámara de agua:** es aquella que sirve para recolectar el agua, seguido que pase al sistema de conducción.
- **Cámara seca:** estas también conocidas como caja de válvulas sirven para proteger las válvulas de cierre y regulación y las llaves de paso.

2.2 Sistemas de abastecimiento de riego

El sistema de abastecimiento de riego es denominado como el grupo de elementos que caracterizan la manera de colocar el agua en las parcelas regadas, equipamiento y técnicas que proveen la aplicación siguiendo un método en específico (Figura 1) (Pereira L. , 2010).

Factores	Riego de superficie	Aspersión	Riego localizado
Precio del agua	Bajo	Medio	Alto
Suministro del agua	Irregular	Regular	Continuo
Disponibilidad del agua	Abundante	Media	Limitada
Pureza del agua	No limitante	Sin sólidos	Elevada
Capacidad de infiltración del suelo	Baja a media	Media a alta	Cualquiera
Capacidad de almacenamiento del suelo	Alta	Media a baja	No limitante
Topografía	Plana y uniforme	Relieve suave	Irregular
Sensibilidad al déficit hídrico	Baja	Moderada	Alta
Valor de la producción	Bajo	Medio	Alto
Coste de la mano de obra	Bajo	Medio	Alto
Coste de la energía	Alto	Bajo	Moderado
Disponibilidad de capital	Baja	Media a alta	Alta
Exigencia en tecnología	Limitada	Media a alta	Elevada

Figura 1. Factores que ayudan a la elección del método de riego

2.2.1 Riego por superficie

Este tipo de riego es el de mayor aportación al momento de realizar un regadío y constituye el 80 % de las áreas regadas en el mundo, ya que es el método técnicamente más apropiado y económico para los cultivos y los sistemas de producción (Pereira L. , 2010).

2.2.2 Riego por canteros

A nivel mundial el riego por canteros es el método más utilizado, en el cual se debe aplicar agua a las parcelas que por lo general son rectangulares, pendiente nula, tiene a su alrededor lomos que impiden que el agua se disperse (Figura 2).

Figura 2. Riego por canteros

Para que este método de riego por canteros sea eficiente el caudal de riego debe ser lo suficientemente grande para que avance de manera rápida, por lo general este es realizado mediante la utilización de la azada permitiendo así abrir y tapar bocas de los canales de tierra por donde circula el caudal que va a ser regado en los diferentes cultivos (Pereira L. S., 2010).

2.2.3 Riego por surcos

En el denominado riego por surcos el agua circula lentamente mientras va infiltrándose a través de los surcos o también conocidos como pequeños canales abiertos y equidistantes (Figura 3).

Un surco debe tener una pendiente suave, uniforme y el caudal que lo alimente debe ser pequeño para que el agua puede irse infiltrando en la tierra mientras recorre el canal que está construido a lo largo de la parcela (Pereira L. , 2010).

Figura 3. Riego por surcos

2.2.4 Riego por fajas

El riego por fajas está basado en dividir el campo en estrechas parcelas rectangulares, con una ligera pendiente en donde el agua es aplicada para irse escurriendo a lo largo de su recorrido y a su vez infiltrarse (Figura 4).

Figura 4. Riego por fajas

Para lograr que el sistema de riego por fajas tenga un excelente funcionamiento es necesario que el agua que circula por las fajas avance rápidamente, para lo cual algunas veces es necesario regar con caudales diferentes (Pereira L. , 2010).

2.2.5 Riego por aspersión

Este sistema de riego era utilizado para regar césped ornamental, con esta técnica la agricultura se desarrolló llegando a ser utilizado este tipo de riego en hortícolas en cultivo intensivo, viveros y frutales.

El riego por aspersión está dividido en sistemas estacionarios y móviles o auto propulsionados (Pereira L. S., 2010).

2.2.6 Riego móvil

En las instalaciones que utilizan este tipo de riego móvil, los aspersores funcionan mientras se encuentra en movimiento ya sea esto de manera independiente o junto con las tuberías donde se encuentran ubicados (Figura 5) (Pereira L. S., 2010).

Figura 5. Riego por aspersión móvil

2.2.7 Riego localizado

Se conoce como riego localizado al riego que se realiza a presión, en donde el agua es colocada en la parte inferior de la planta por donde se desarrollan las raíces de la planta, este sistema cuenta con tuberías principales, secundarias y terciarias por donde se aplica el agua al suelo (Pereira L. S., 2010).

2.3 Sistemas de información geográficas

Las cartas topográficas presentan información a escala de los elementos naturales y trabajos producto del hombre sobre la superficie terrestre a nivel nacional, son ubicados de forma precisa en cuanto a la posición y altitud (INEGI, 2005).

En las cartas topográficas actúan cuatro factores indispensables que son:

- Sistema geográfico de referencia
- Sistema de proyección cartográfica
- Escala de representación
- Simbología

2.3.1 Sistema geográfico de referencia.

El sistema geográfico considera las coordenadas de latitud, longitud y altitud, ya que la tierra es un cuerpo tridimensional, este factor es de vital importancia para ubicar de manera correcta los elementos que se muestran sobre el mapa (INEGI, 2005).

2.3.2 Sistema de proyección cartográfica

Al ser la forma de la tierra similar a la de un elipsoide, la superficie no se desplaza directamente a un plano, por tanto, tiene que sujetarse a deformaciones de tipo angular, lineal y de área. El cono y el cilindro son dos de las figuras geométricas que ayudan a desplazar la superficie de la tierra a una superficie plana mediante una proyección de elementos existentes sobre la tierra con el fin de disminuir dichas deformaciones (INEGI, 2005).

2.3.3 Escala de representación

La escala de representación es la superficie plana y sirve para la representación de una parte ya sea grande o pequeña de la tierra. En consecuencia se realiza una relación de proporcionalidad entre las longitudes de los elementos existentes sobre la tierra figurados en el plano y las magnitudes lineales veraces en el terreno y a esta relación se la conoce como escala y se la simboliza como una fracción o razón. Además es importante mencionar que mientras más grande sea el denominador más pequeña es la escala (INEGI, 2005).

2.3.4 Simbología

Se la realiza debido a que cada carta topográfica responde a los objetivos que se han planteado, es decir, estas cartas topográficas no contienen una información completa y fidedigna. También depende de la escala, ya que mientras menor sea la escala, los datos que contienen estas tendrán mucha más abstracción, es por esta razón que muy a menudo se acude a la simbología (INEGI, 2005).

2.4 Caudales de riego

Al conocer los sistemas de riego que se tiene, es importante conocer los caudales que se necesita o se desea utilizar. Al caudal se lo define como la proporción de agua que

se conduce por una compuerta, acequia o que sale por una compuerta a un tiempo definido (Demin P. , 2014).

Canal en donde la cantidad de agua depende del área de la sección transversal de la corriente de agua y también de la velocidad del agua (Figura 6) (Demin P. , 2014).

La ecuación que se utiliza para el cálculo del caudal se expresa en la Ecuación 1.

$$\boldsymbol{Q = S * V}$$

Ecuación 1. Ecuación de continuidad

Donde:

Q= caudal (m^3/s)

S= sección de la corriente de agua (m^2)

V= velocidad del agua (m/s)

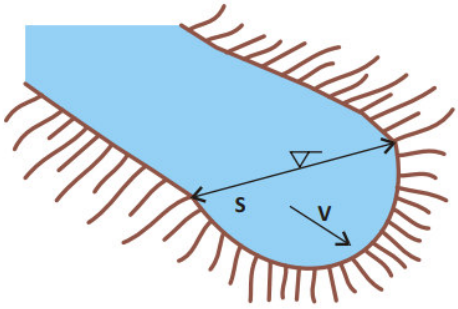


Figura 6. Canal para el cálculo de caudal

Mientras mayor sea la sección del canal y mayor sea la velocidad del agua, la cantidad de agua que pasa por dicho canal será mayor esto a un tiempo específico. Además, el conocer el caudal que se transporta por el canal permitirá saber cuánto es el volumen de agua total que entrará al terreno (Figura 6). Por otra parte, es importante conocer el área de la sección del canal a una altura del espejo de agua, conocido también como tirante de agua (h) (Demin P. , 2014).

Tenemos dos formas para calcular la superficie de la sección transversal del canal:

- Canal de sección rectangular (Figura 7).

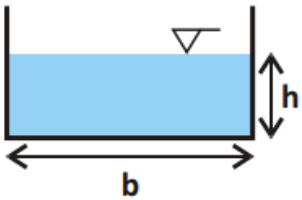


Figura 7. Canal de sección rectangular

- Canal de sección trapezoidal (Figura 8).

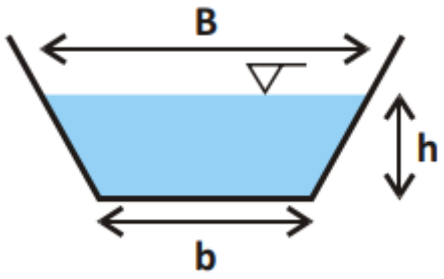


Figura 8. Canal de sección trapezoidal

En cuanto a la velocidad del agua, lo que se emplea es el método del flotador que básicamente consiste en arrojar un elemento liviano en el agua a una distancia determinada, midiendo así el tiempo que tarda en recorrer el elemento la distancia establecida (Demin P. , 2014).

CAPÍTULO 2

3 METODOLOGÍA

La evaluación hidráulica del sistema de riego en la comunidad Molino Alto constó del desarrollo de algunas actividades como son: socialización con la comunidad, aplicación de encuestas, levantamiento de puntos GPS, aforo de caudales, análisis de la necesidad de riego, procesamiento de datos de la red, presentación y entrega de los resultados a los directivos de la comunidad.

3.1 Ubicación

El proyecto de vinculación se efectuó en la comunidad Molino Alto, situado en la parroquia nororiental de El Quinche, la cual se encuentra ubicada dentro del Distrito Metropolitano de Quito, valle de Tumbaco en la Provincia de Pichincha, tiene una extensión aproximada de 30.06 km^2 y una población de 10 056 habitantes, siendo su población urbana de 7 006 y su población rural de 9 050 (Hurtado, Quito , pág. 1).

Las coordenadas geográficas de la comunidad Molino Alto son las siguientes:

- Altitud:2 650 msnm
- Latitud: -0.11
- Longitud: -78.2962

Figura 9. Ubicación del proyecto

3.2 Levantamiento de información

Se tuvo una asamblea con el líder de la junta de riego para conocer el lugar donde se realizó el proyecto. Adicionalmente se programó una reunión con todos los miembros

de la comunidad que poseen sistema de riego para que conozcan brevemente el proyecto y a su vez se realizó una encuesta que permitió conocer la calidad del sistema de riego que poseen actualmente, los problemas que presenta el mismo, y las necesidades que tienen los usuarios debido a la falta de agua para riego (Anexo1) (Figura 10).

Figura 10. Socialización con la comunidad

La encuesta realizada a los usuarios del sistema de riego tuvo como objetivo obtener información del área del terreno ocupada para la siembra, los cultivos que siembran y que desean sembrar, constatar si el caudal entregado para el riego de los cultivos es suficiente (Figura 11).

Figura 11. Aplicación de encuestas a la comunidad

3.3 Levantamiento de puntos georreferenciados

La toma de los puntos con el GPS en la zona de estudio del proyecto se realizó mediante un recorrido a pie desde la captación hasta el reservorio, además, se identificaron los

puntos de interés como son: válvulas, cámaras de mantenimiento y la estructura hidráulica que conduce el caudal al reservorio (Figura 12).

Figura 12. Toma de puntos GPS

Para el levantamiento de los puntos se realizó un recorrido por la zona de estudio, empezó por la captación, mediante una caminata realizada por un sendero que se encontraba aproximadamente una distancia promedio de 10 metros de altura del canal de conducción del agua de riego. Ya que el trayecto por donde se conduce el caudal es una quebrada de difícil acceso, hasta llegar al punto C, el denominado punto C es el lugar donde termina el canal abierto e inicia el tramo de la tubería (Figura 13). A partir del punto C se efectuó un segundo recorrido en el cual se observó que el caudal ya se conduce por una tubería de diámetro 200 mm, durante el recorrido se identificó la existencia de 12 cajas de mantenimiento en las que al alzar la tapa se podía observar válvulas de regulación, que se encontraban a una distancia de 100 m la una de la otra hasta llegar al reservorio.

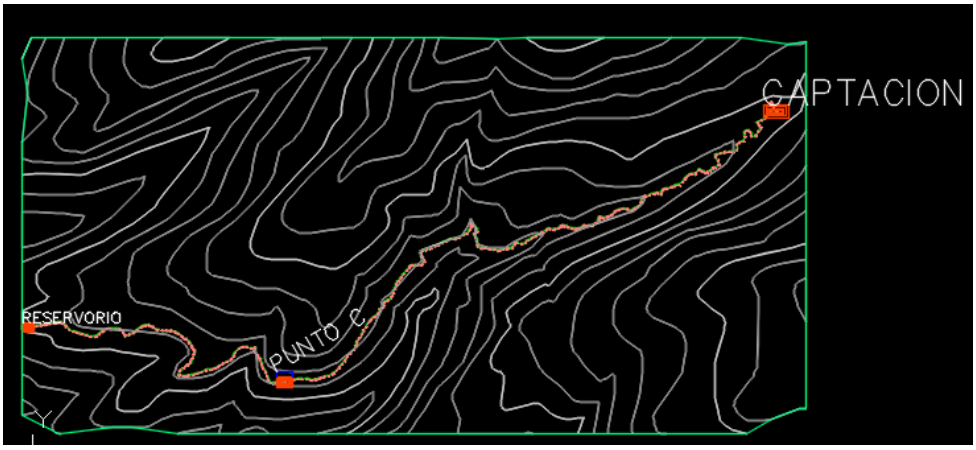


Figura 13. Principales puntos de interés para el levantamiento de puntos

Los puntos obtenidos en el recorrido fueron ingresados en el programa MapSource para realizar la exportación de los datos en formato (P, N, E, Z, D) en un documento Excel

para posteriormente importar los datos al software Civil 3D, una vez ingresados los datos se observó que existían puntos que estaban fuera del recorrido (Figura 14).

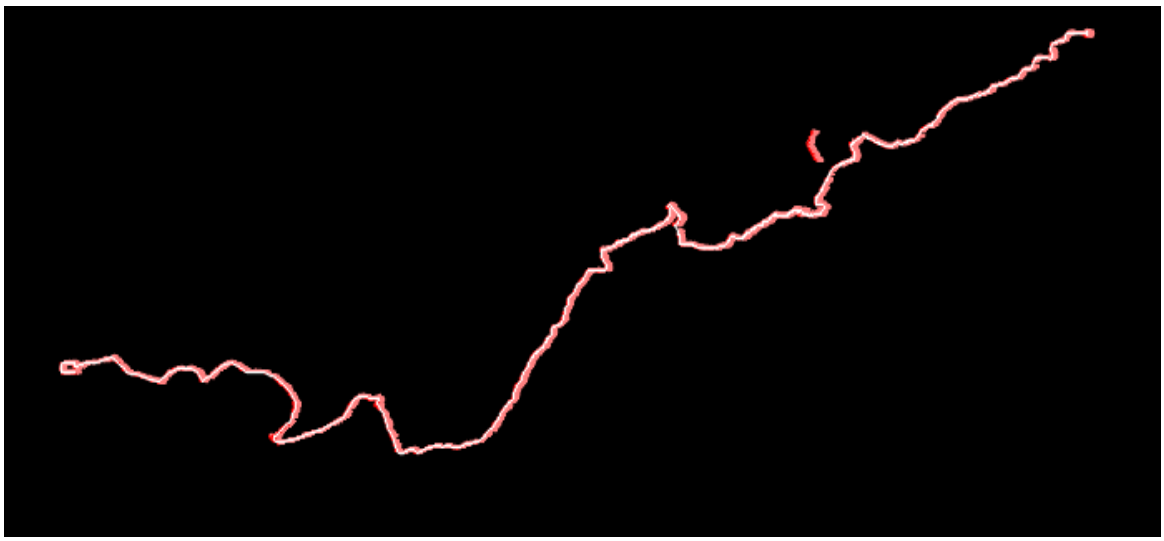


Figura 14. Datos ingresados en el software civil 3D

Una vez realizada la inspección visual del recorrido, se procedió a eliminar los puntos que se encontraban fuera, para poder constatar si los puntos estaban correctamente georreferenciados se había mencionado realizar un levantamiento Aero fotogramétrico, pero al ubicarse el sistema de riego cerca del aeropuerto no se lo pudo realizar. Por este motivo se utilizó la herramienta geo ubicación que está incluida en el software 3D, con el programa Google Earth se conoció en que zona se encuentra la comunidad (Figura 15).

Figura 15. Puntos georreferenciados ingresados en el software Civil 3D

Como se mencionó anteriormente el recorrido fue realizado a 10 metros de altura del canal que conduce el caudal designado para riego, por lo que se realizó un nuevo trazado siguiendo el canal observado en el mapa aéreo activado con la geo ubicación (Figura 16).

Figura 16. Nuevo trazado del recorrido

Una vez realizado el nuevo trazado del recorrido se procedió a copiarlo en un nuevo dibujo de Civil 3D, para proceder a ingresar sus respectivas curvas de nivel las cuales fueron descargadas del portal de libre acceso Geo portal Ecuador. Hay que mencionar que al encontrarse ubicado el proyecto en el Quinche se utilizó las cartas topográficas del Quinche, pero al momento de ingresarlas en el software Civil 3D se observó que el recorrido realizado quedaba fuera de las curvas de nivel por lo que se procedió a buscar una nueva carta topográfica que se encuentres en la ubicación del recorrido realizado para esto se tomaron las curvas de nivel de la carta topográfica de Cangahua y se procedió a realizar la superficie tridimensional (Figura 17).

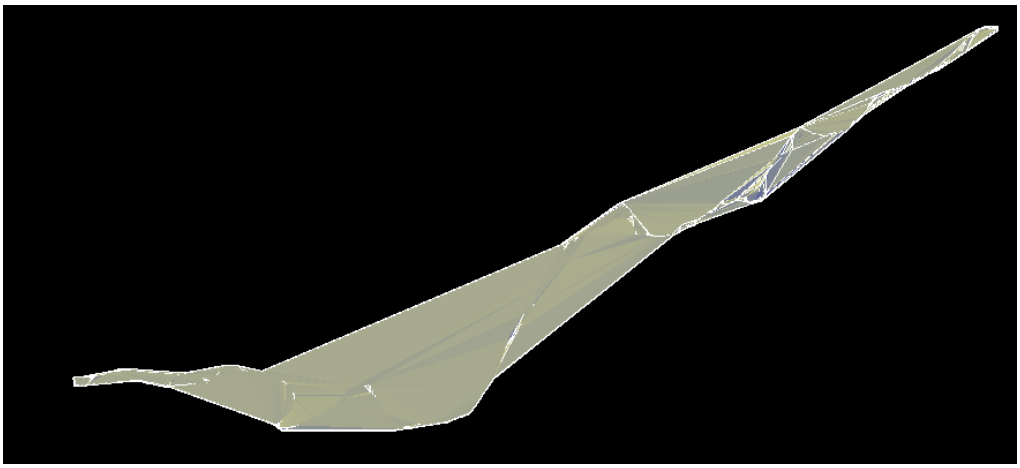


Figura 17. Superficie Tridimensional

3.4 Aforo de caudales

Para el aforo de caudales se utilizó el método de sección – velocidad, este es uno de los métodos que más utilizan para aforo de caudales, consiste en medir la velocidad en varios puntos en donde el flujo del agua sea laminar, estas velocidades se obtuvieron por medio del instrumento llamado medidor de caudal. Este proceso se lo hizo en tres puntos específicos como son: la captación, final de la tubería en donde el caudal ya pasa al canal abierto que está conectado con la estructura que funciona como sedimentador, y por último en el canal abierto ya mencionado. Además, en el canal se tomaron las medidas de ancho, altura del espejo de agua y la altura total del canal para obtener el área de este; en las tuberías se midió el diámetro interno, esto para obtener las secciones y posteriormente se realizaron los cálculos para obtener los caudales mediante la ecuación de continuidad (Figura 18 y Figura 19).

Figura 18. Aforo de caudales

Figura 19. Medición de estructura

3.5 Análisis de la necesidad de riego

3.5.1 Determinación de datos meteorológicos

Para analizar el agua necesaria para los diferentes tipos de cultivos, obtenidos de los resultados de las encuestas realizadas a la comunidad, se tomó datos hidrometeorológicos de una estación meteorológica ubicada a una distancia de 43.3 Km del sector del proyecto.

Los datos de la estación Nayón fueron obtenidos por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI, esto permitió obtener los valores de la precipitación, temperatura, insolación, humedad relativa y velocidad del viento, para así calcular el caudal necesario para los diferentes cultivos.

A continuación, se muestra la información de la estación meteorológica cercana al lugar de estudio en la Tabla 1.

Tabla 1. Información meteorológica Nayón

Estación meteorológica Nayón	
Código	M1156
Latitud	-0.17694
Longitud	-78.4275
Altitud	2 284msnm

Para determinar el caudal de riego que se necesita en la comunidad Molino Alto se identificó las características climatológicas, de esta manera se pudo obtener resultados reales.

El software Cropwat 8.0 consta de cuatro procesos para obtener los resultados de evapotranspiración, precipitación efectiva y requerimiento de riego. En la primera etapa el software requiere información de humedad relativa, temperatura, insolación y viento, de tal manera que calcula automáticamente los resultados de insolación y la evapotranspiración. En la etapa dos únicamente requiere de valores de precipitación mensual durante todo un año, calculando automáticamente la precipitación efectiva mensual. En el proceso tres, requiere información de cada cultivo, como son la altura del cultivo, la etapa inicial, la etapa de desarrollo, la etapa media y la etapa al final de temporada del cultivo, además se requiere las fechas de siembra y cosecha de los cultivos, la profundidad radicular, agotamiento crítico y el coeficiente del cultivo (Kc). En el cuarto proceso requiere información del tipo de suelo; completo todas las etapas se obtuvo los valores del requerimiento de riego que requiere cada uno de los cultivos, además se calculó mensualmente la cantidad de caudal de riego necesaria.

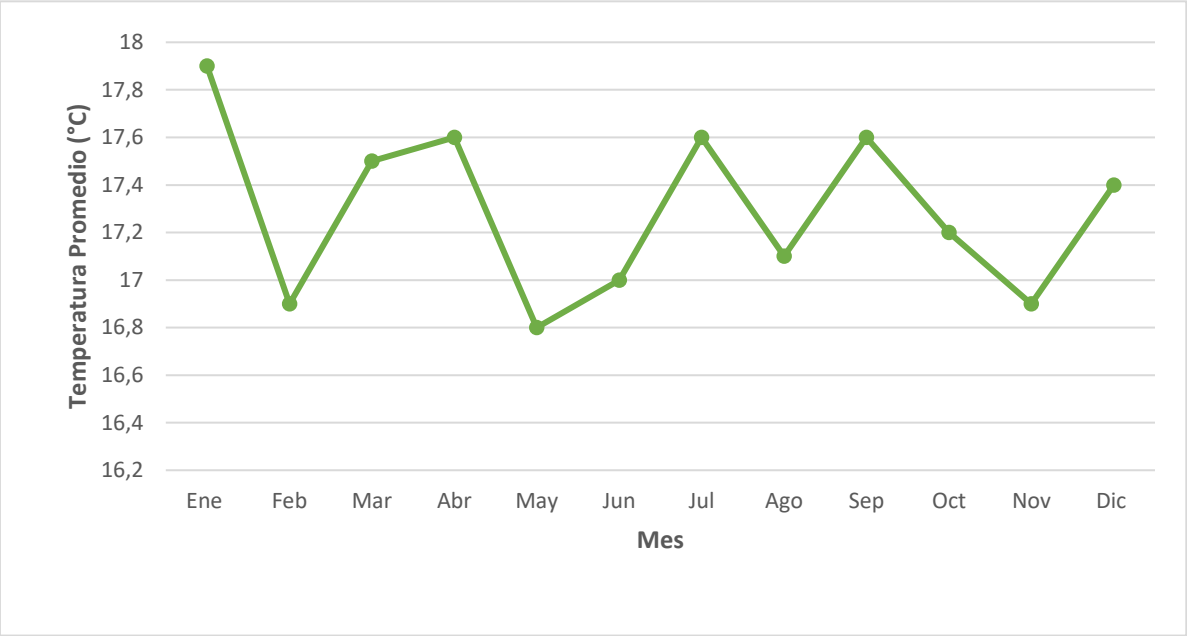
En la etapa 1 y 2, los valores se obtuvieron del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), mientras que en la etapa 3 y los valores se obtuvieron de la Guía de Evapotranspiración del cultivo, proporcionado por la misma FAO.

- **Temperatura del aire**

La temperatura del aire es fundamental en los sistemas de riego, ya que influye directamente con el desarrollo de los cultivos, a una baja o alta temperatura esta puede afectar al crecimiento de los cultivos.

En la Gráfica 1 se puede observar los valores de la temperatura promedio mensual multianual.

Según los datos observados en la Grafica 1, la temperatura promedio es mayor en el mes de enero con 17.9 °C, mientras que en el mes de mayo se presenta la temperatura más baja de 16.8 °C.

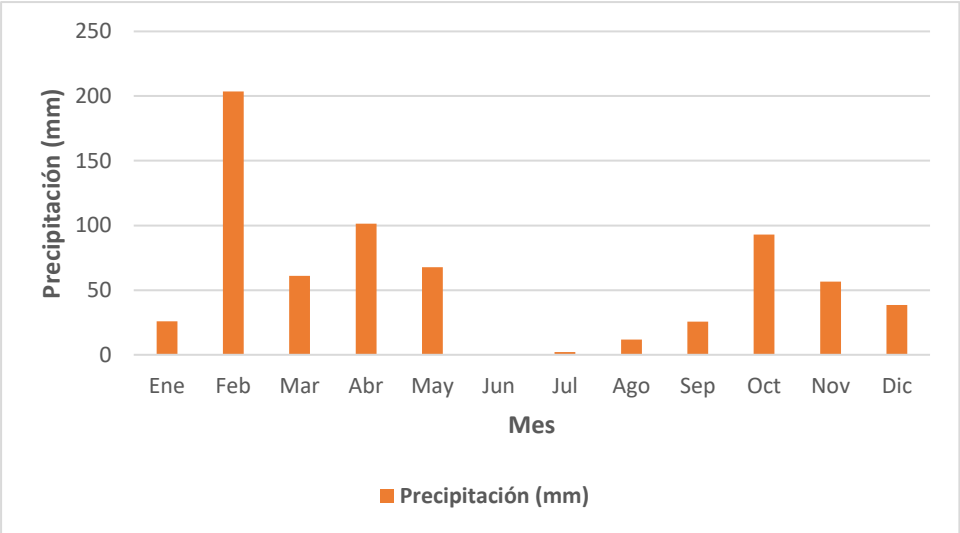


Gráfica 1. Temperatura promedio (°C)

- **Precipitación**

Las lluvias son imprescindibles durante el periodo de siembra de los agricultores, puesto que, sin la presencia de precipitaciones los cultivos no crecen, motivo por el cual la precipitación es considerada un factor de vital importancia para el crecimiento, esta razón hace que los propios usuarios inicien su periodo de siembra en la temporada de invierno. En la Gráfica 2 se puede observar los valores de la precipitación mensual.

Según la información obtenida del INAMHI a cerca de la precipitación en el año 2013, se observó que en el mes de febrero es cuando los días son más lluviosos, por otro lado, en el mes de junio la lluvia es escaza (Gráfica 2).



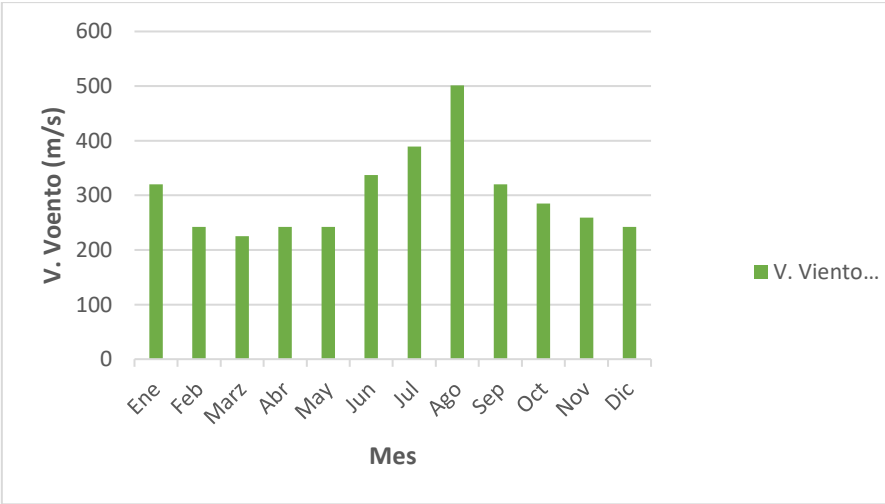
Gráfica 2. Temperatura promedio (°C)

- **Velocidad del viento**

La velocidad del viento también interviene en el desarrollo y crecimiento del cultivo, pero depende de la duración y velocidad en la que se presente, puesto que demasiado viento podría causar daños en las plantas.

La velocidad del viento en los meses del año se muestra en la Gráfica 3.

Los datos meteorológicos obtenidos de la estación cercana al sitio de estudió muestra que la velocidad del viento en el mes de agosto es muy alta, por el contrario, en el mes de marzo es cuando el viento está en calma; estas altas velocidades de viento pueden causar deterioros físicos en los cultivos o a su vez la perdida de toda la planta como se puede observar en la Grafica 3.

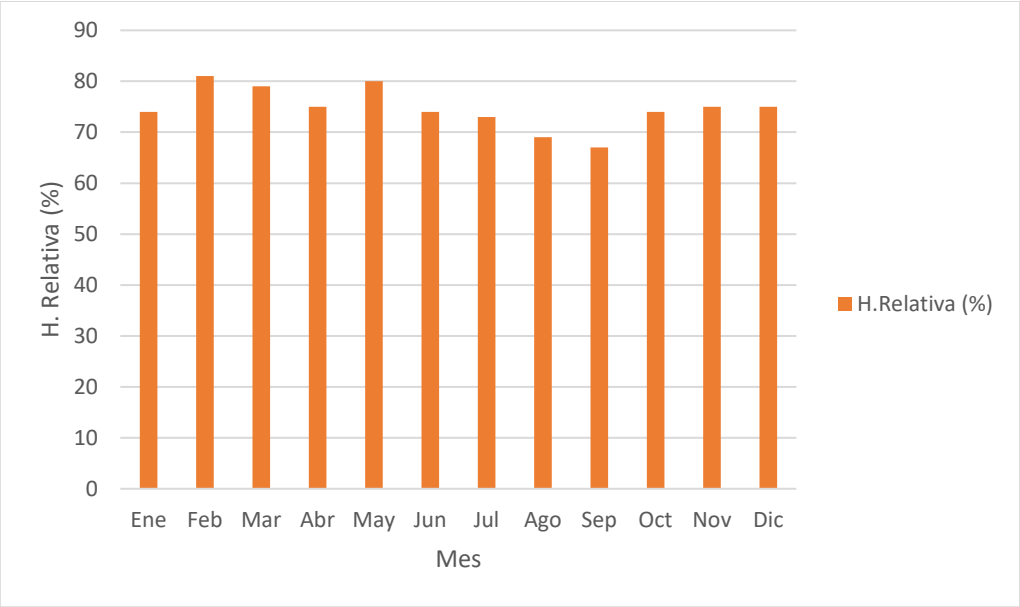


Gráfica 3. Velocidad del viento (m/s)

- **Humedad relativa**

Este factor de la humedad relativa está relacionado directamente con la temperatura, está expresado en porcentaje y es un factor que predomina en el desarrollo del cultivo, ya que valores muy bajos de humedad causan que el cultivo tarde más tiempo en crecer.

La humedad relativa a lo largo de año se la observa en la Gráfica 4.



Gráfica 4. Humedad Relativa (%)

Según los datos obtenidos se observa que la humedad relativa en el mes de septiembre es la más baja, mientras que en el mes de febrero es cuando más humedad existe como se muestra en la Grafica 4.

3.5.2 Cálculos de las necesidades hídricas de los cultivos

El software Cropwat 8.0 fue creado por Food and Agriculture Organization (FAO), el cual permitió calcular la falta de caudal de los diferentes tipos de cultivos, en primer lugar, se investigó una fuente para importar los datos al software, en este caso los datos se obtuvieron del INAMHI y se tomó valores de temperatura promedio, humedad relativa, velocidad del viento, insolación y precipitación de la estación meteorológica Nayón.

Con los valores ingresados, el software automáticamente calculó los resultados, como son el caudal de riego necesario, la evapotranspiración de referencia, entre otros valores que ayudaron a estimar las necesidades de riego que los usuarios de la comunidad presentan.

En la Tabla 2 se muestran los valores climáticos que se ingresaron en el software Cropwat 8.0.

Tabla 2. Valores de factores climáticos

Mes	Prom. Temp.	Humedad	Viento	Insolación
	°C	%	Km/día	Horas
Enero	17.9	74	320	3.9
Febrero	16.9	81	242	3.7
Marzo	17.5	79	225	5.3
Abril	17.6	75	242	3.4
Mayo	16.8	80	242	5.5
Junio	17.0	74	337	7.4
Julio	17.6	73	389	7.3
Agosto	17.1	69	501	8.0
Septiembre	17.6	67	320	8.5
Octubre	17.2	74	285	5.6
Noviembre	16.9	75	259	5.3
Diciembre	17.4	75	242	5.1
Promedio	**17.3**	**75**	**300**	**5.8**

Fuente: CROPWAT 8.0

Automáticamente ingresado los datos al software se calculó la evotranspiración de referencia (ETo), que es muy importante para así conocer la cantidad de evaporación y transpiración máxima que el suelo y el cultivo tienen durante un tiempo determinado.

Por otra parte, en el software Cropwat 8.0 se ingresó datos de la precipitación media mensual durante todo un año, como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Valores de precipitación mensual

Mes	Precipitación (mm)
Enero	25.8
Febrero	203.6
Marzo	61.1
Abril	101.4
Mayo	67.6
Junio	0.0
Julio	2.1
Agosto	11.7

Septiembre	25.6
Octubre	93.0
Noviembre	56.5
Diciembre	38.6

Fuente: CROPWAT 8.0

La información sobre los cultivos también fue importante conocer como son los valores de coeficiente del cultivo (Kc), fecha de siembra, profundidad radicular, la altura del cultivo, agotamiento crítico y la fecha de cosecha que es automáticamente calculada por el software. Toda esta información se obtuvo de la guía de evapotranspiración del cultivo de la FAO y de las encuestas que se fueron realizadas a la comunidad (Anexo 2).

En la tabla 4 se muestran los valores de Kc del cultivo durante la etapa inicial, media y final, estos coeficientes si bien varían unos de otros es debido a las condiciones climáticas que se presentan en el lugar de estudio.

Tabla 4. Coeficiente de cultivo inicial, medio y final

CULTIVOS	Kc inicial	Kc medio	Kc final
Papas	0.50	1.15	0.75
Maíz	0.70	1.20	0.60
Habas	0.15	1.10	1.10
Frejol	0.50	1.05	0.90

Fuente: (Guía de evapotranspiración de la FAO)

A continuación, se detalla en la tabla 5 la información general de los cultivos que requirió el software CROPWAT 8.0 para el respectivo cálculo del requerimiento de riego necesario para conocer el caudal.

Tabla 5. Información general de los cultivos

Cultivos	Inicial	Desarrollo	Medio	Final	Total	Siembra	Altura (m)
Papas	25	30	30	30	115		0.60
Maíz	25	40	45	30	140		2.00
Habas	90	45	40	60	235		0.80
Frejol	20	30	30	10	90		0.40

Fuente: (Guía de evapotranspiración de la FAO)

Tabla 6. Profundidad radicular de cultivos

Cultivos	Profundidad radicular (m)
Papas	0.40
Maíz	1
Habas	0.50
Frejol	0.50

Fuente: (Guía de evapotranspiración de la FAO)

Con todos los datos que fueron extraídos de la Guía de Evapotranspiración de la FAO al software CROPWAT 8.0 calculó automáticamente el requerimiento de agua de riego para cada uno de los cultivos (RAC), el resultado de riego fue producto de una diferencia entre la evapotranspiración del cultivo (ETc) y la precipitación efectiva, los cuales son de igual manera valores calculados por el software.

Los datos que se obtuvo del software acerca de la precipitación efectiva, evapotranspiración del cultivo y el RAC de todos los productos, se muestran en tablas en el Anexo 3.

En las unidades que el programa nos arrojó los resultados se encuentran expresado en milímetros por cada diez días (mm/dec), de tal manera que se utilizó una conversión para obtener los resultados en unidades de volumen sobre el área, el factor de conversión equivale a $1\mathrm{mm} = \frac{1\ \mathrm{L}}{\mathrm{m}^2}$.

3.6 Simulación hidráulica en el software HEC – RAS

Para realizar la simulación hidráulica en el software HEC-RAS se elaboró un alineamiento en el software Civil 3D, para realizar el alineamiento antes mencionado se utilizaron los puntos tomados con el GPS, puesto que estos nos permiten conocer donde está ubicado el canal que conduce el agua de riego. Además, se lo dividió en secciones transversales que permitió conocer de mejor manera como se conduce el agua a través de este canal (Figura 20).

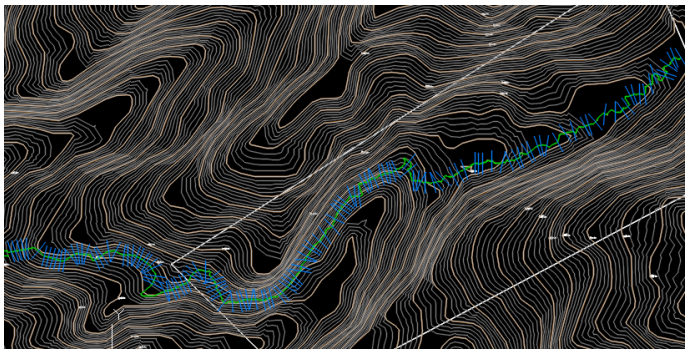


Figura 20. Modelado del alineamiento en Civil 3D

Posteriormente se realizó la importación de los datos a un formato compatible con el software HEC-RAS, una vez ingresada la información al software se procedió a realizar la simulación de este. En donde se tomó en cuenta el coeficiente de Manning, para este estudio se utilizó un coeficiente de Manning de 0.07 como mínimo y máximo; 0.050 como coeficiente medio ya que el área de estudio es de curso montañoso, con árboles y arbustos (Figura 21).

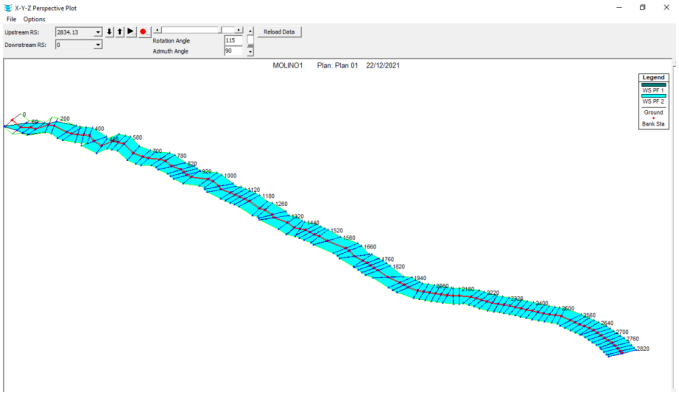


Figura 21. Tramos transversales del canal de riego, digitalizado para simulación en HEC-RAS.

Una vez ingresados los datos necesarios se procedió a realizar la simulación en el software, en el cual se observó tramo por tramo como se encuentra el caudal en el canal abierto y de qué manera llega este al reservorio.

En la Figura 22. y en la Figura 23. se puede observar cómo se encuentra el caudal del sistema de riego en dos puntos especifico tomados al azar.

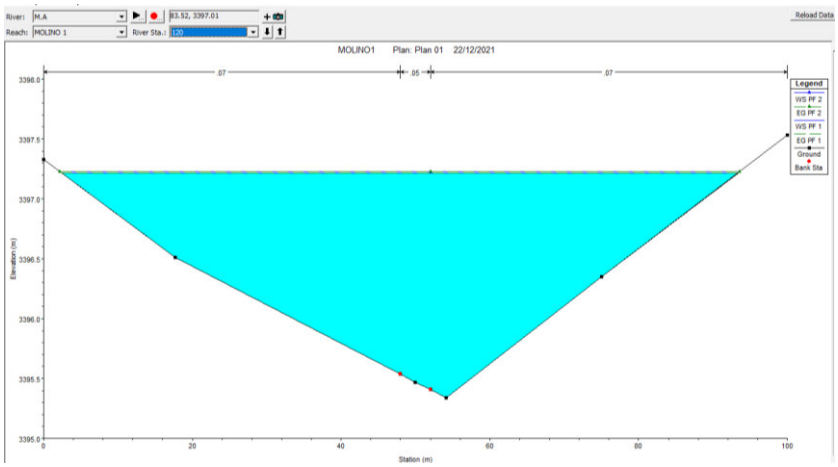


Figura 22. Cantidad de caudal en el punto 120

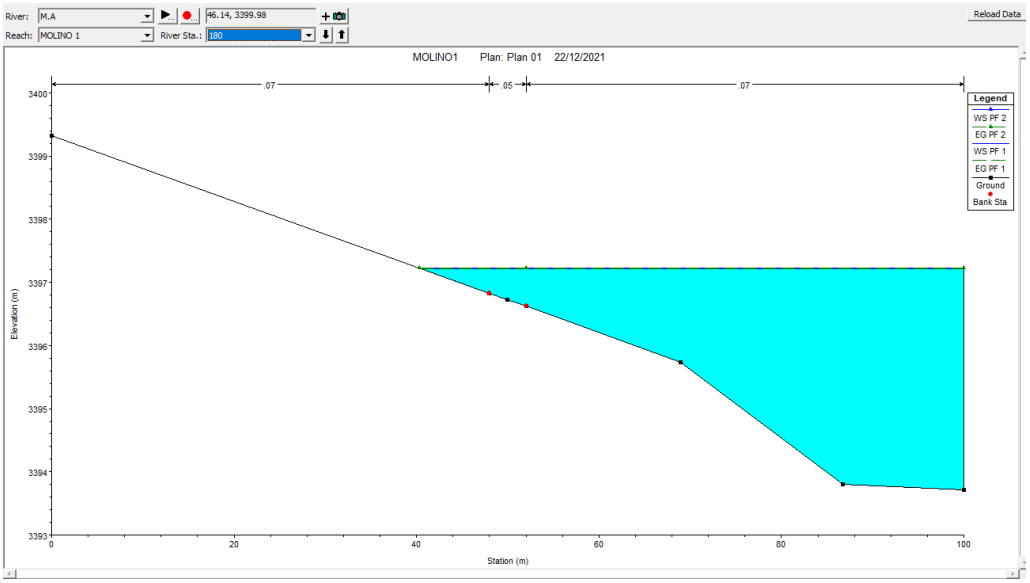


Figura 23. Cantidad de caudal en el punto 180

CAPÍTULO 3

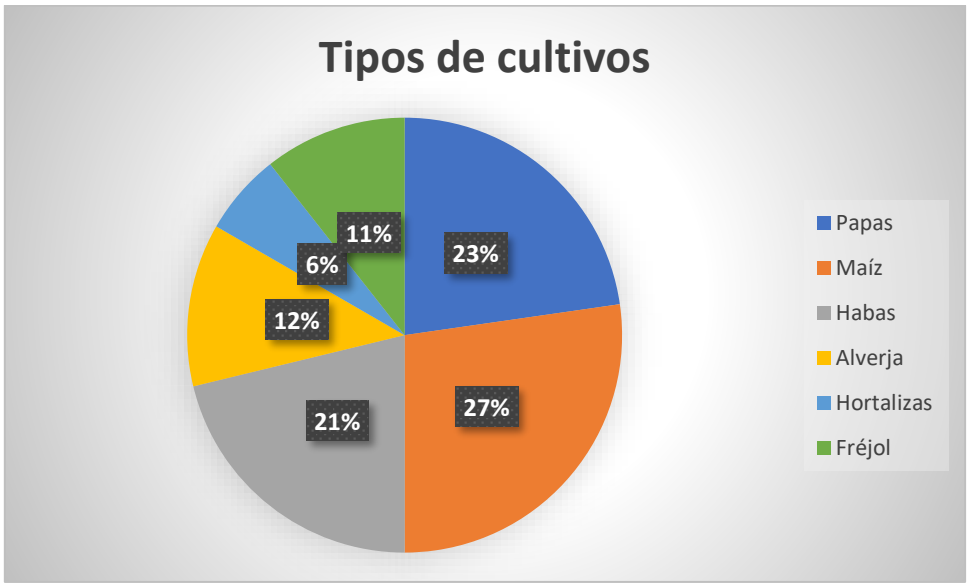
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Levantamiento de información

En el trabajo en campo se realizó un recorrido desde la captación hasta el reservorio, durante el transcurso se identificó que en la captación el caudal está dividido en dos partes; 5 l/s son concedidos a un usuario de la comunidad que no trabaja en conjunto, mientras que el caudal restante es el que llega al reservorio para abastecer al resto de usuarios.

4.2 Población servida

Las encuestas realizadas a la comunidad dieron como resultado las áreas de terreno destinadas para la agricultura, la conformidad o inconformidad con el caudal concedido para riego, tipos de cultivo que siembran, frecuencia con la que realizan la siembra y los cultivo que desearían sembrar si el caudal fuese suficiente (Gráfica 5).



Gráfica 5. Porcentaje de usuarios y tipos de cultivos en la comunidad Molino Alto

Según los resultados de la Gráfica 5, la mayoría de los usuarios pertenecientes al sistema de riego optan por sembrar papas, maíz y habas, debido a que estos productos son aquellos que tienen una mayor demanda de consumo tanto en el mercado como en cada uno de sus hogares.

Se puede observar también que los usuarios siembran los mismos tipos de cultivos ya sea en mayor o menor cantidad, eso ya depende mucho del área que tiene cada uno de ellos.

Tabla 7. Necesidad de caudal

¿Considera usted que el caudal concedido es suficiente para sus cultivos?		
N.º de personas	**Si**	**No**
1		x
2		x
3		x
4		x
5		x
6		x
7		x
8		x
9		x
10		x
11		x
12		x
13		x
14		x
15		x
16		x
17		x
18		x
19		x

Además, como se puede observar en la Tabla 8 todos los usuarios que forman parte del sistema de riego consideraron que el caudal otorgado para el riego de sus cultivos es escaso, lo que significa que todos los usuarios en sus distintas parcelas necesitan de agua de riego para la siembra de los cultivos, así que, se determinó el requerimiento de riego de los distintos cultivos con el fin de obtener el caudal que se necesita para cada uno de ellos.

4.3 Resultados del levantamiento con GPS

Se realizó el recorrido por todo el sistema de abastecimiento de riego con el equipo GPS de donde se tomó e ingresó la información del punto cada 3 metros, con el fin de trazar

la línea de conducción por donde pasa el caudal hasta llegar al reservorio; también se ingresó los puntos de interés como son cajas de revisión y válvulas. Al finalizar el recorrido se tomaron un total de 1 361 puntos geo-referenciados cubriendo así con todo el sistema de abastecimiento de riego de la comunidad (Anexo 4).

La toma de puntos GPS constó en dos partes, la primera parte se realizó el recorrido desde la captación hasta llegar al punto C, en cuanto a la segunda parte se tomaron los puntos GPS desde el punto C hasta el reservorio (Figura 24).

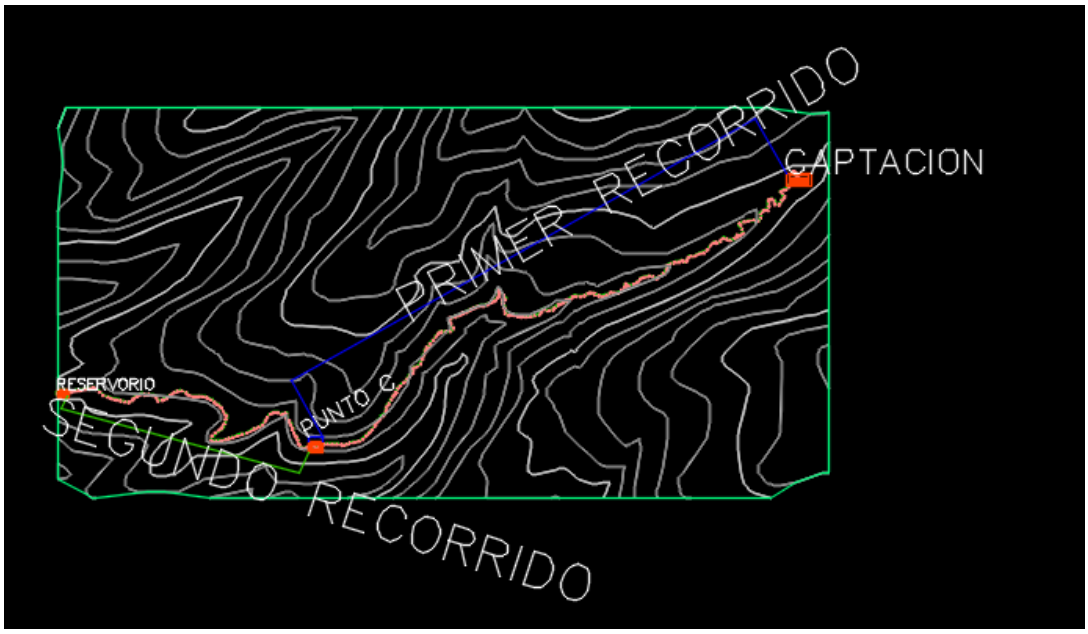


Figura 24. Recorridos realizados

La información del recorrido que se ingresó en el GPS fue extraída mediante el software MapSource para poder copiar los puntos junto con sus coordenadas y colocarlos en una hoja de Excel que posteriormente fue ingresada en el software CIVIL 3D para realizar el trazado del recorrido, las correcciones necesarias, superficies y el perfil del sistema de riego.

Además, se obtuvo la carta topográfica de Cangahua con el propósito de conocer si existen quebradas o ríos por el lugar donde se conduce el caudal de riego (Figura 25).

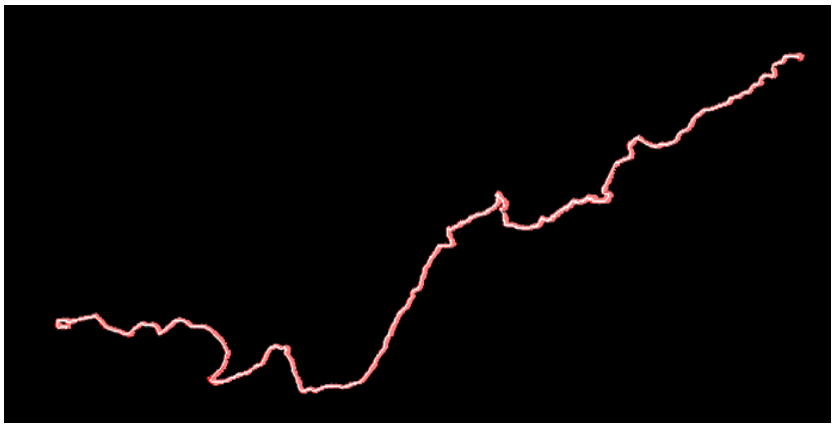


Figura 25. Plano Topográfico en CIVIL 3D

4.4 Planos del sistema de abastecimiento de riego

En el software Civil 3D se ingresaron los puntos tomados con el GPS cuando se realizaron los recorridos al sistema de riego de la comunidad, al realizar el recorrido se observó que el sistema de riego consta de una captación en la cual el caudal está dividido en dos partes llevándose la mayor parte un usuario privado y el caudal restante es dirigido mediante un canal abierto para los usuarios de sistema de riego de la comunidad, por tal motivo se ha propuesto una mejora en la captación del sistema de riego para que el caudal sea divido de acuerdo con las especificaciones mencionadas anteriormente en los antecedentes.

Como se puede observar en la Figura 26 el recorrido GPS no cruza por el canal que pertenece a la quebrada Chumillos, debido a que al ser una quebrada al momento de caminar por la misma es peligroso y de difícil acceso, por lo tanto, los puntos se tomaron a una distancia de 100 m de altura, posteriormente se procedió a realizar un nuevo trazado del recorrido.

Figura 26. Nuevo trazado del recorrido

Una vez realizado el trazado se descargaron las cartas topográficas de la zona donde se encuentra ubicado el proyecto, la carta topográfica utilizada es la de Cangahua, el uso de estas cartas es para constatar que por el lugar del recorrido cruzan ríos o quebradas (Figura 27).

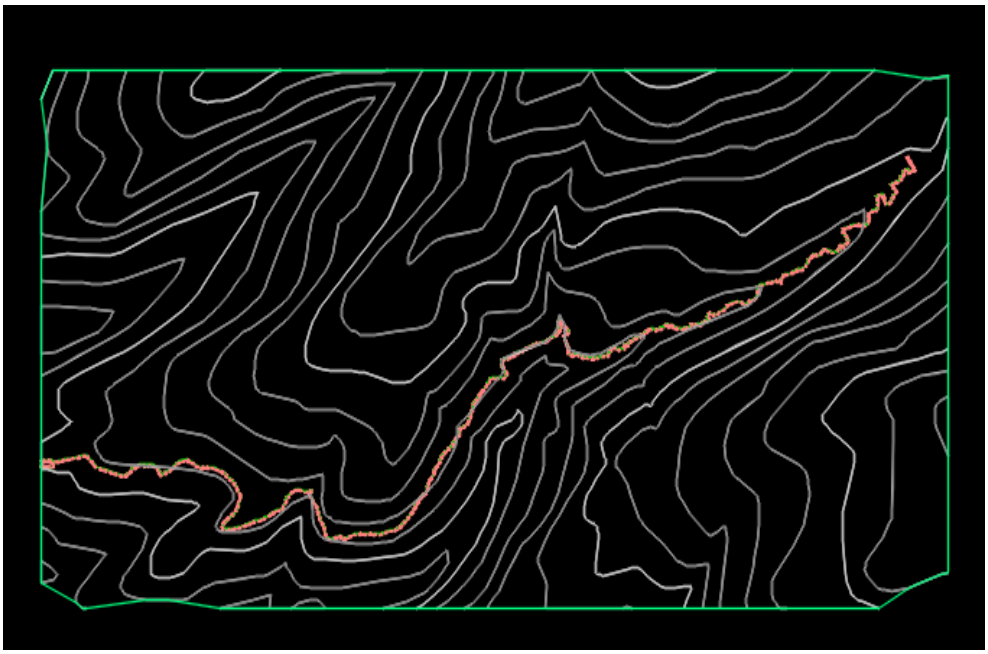


Figura 27. Curvas de nivel

Una vez ingresadas las curvas de nivel de las cartas topográficas al recorrido realizado con el GPS se creó una superficie, la cual nos permitió observar que si existen pendientes (Figura 28 y Figura 29).

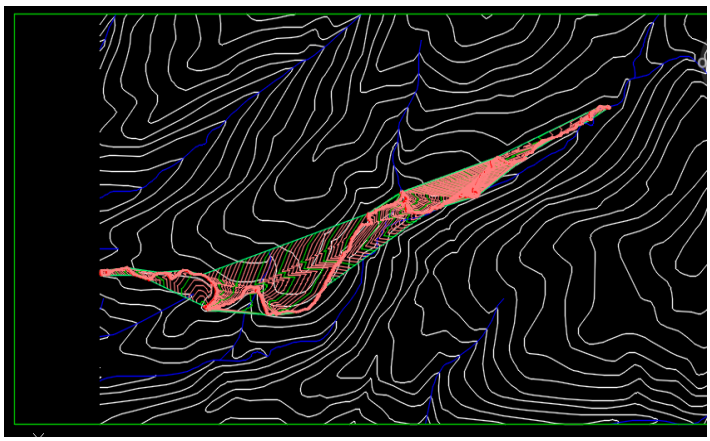


Figura 28. Superficie

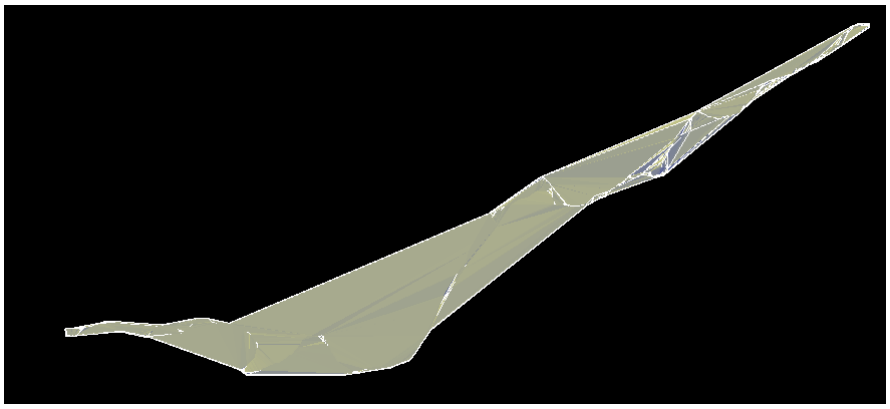


Figura 29. Vista conceptual de la superficie

Una vez realizada la superficie se procedió a crear el perfil del recorrido en el cual se puede observar las inclinaciones que tiene el sistema de riego y la pendiente (Figura 30).

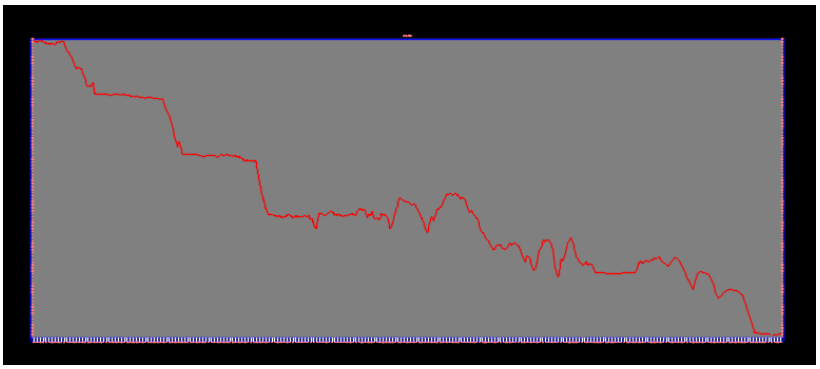


Figura 3017. Perfil del recorrido del sistema de riego Molino Alto

4.5 Resultados de las Necesidades Hídricas de los Cultivos

Para obtener los resultados del requerimiento de riego se obtuvo en primera instancia el cálculo de la radiación y evapotranspiración, en la etapa 1 referente a datos climatológicos (Tabla 9).

Tabla 8. Resultados de Radiación y Evapotranspiración

Mes	Prom. Temp.	Humedad		Viento	Insolación	Rad	ET_0
	°C	%		Km/día	horas	$MJ/m^2/día$	Mm/día
Enero	17.9	74		320	3.9	14.9	3.31
Febrero	16.9	81		242	3.7	15.1	2.92
Marzo	17.5	79		225	5.3	17.8	3.34
Abril	17.6	75		242	3.4	14.4	3.10
Mayo	16.8	80		242	5.5	16.7	3.05
Junio	17.0	74		337	7.4	18.7	3.53
Julio	17.6	73		389	7.3	18.8	3.73
Agosto	17.1	69		501	8.0	20.8	4.23
Septiembre	17.6	67		320	8.5	22.5	4.40
Octubre	17.2	74		285	5.6	18.0	3.56
Noviembre	16.9	75		259	5.3	17.1	3.33
Diciembre	17.4	75		242	5.1	16.5	3.26
Promedio	**17.3**	**75**		**300**	**5.8**	**17.6**	**3.48**

Como se observa en la Tabla 9 se ingresaron los valores mensuales durante todo un año, de tal manera que la ETo calculada presenta datos mensuales, esto se calculó por medio del método de Penman-Monteith.

Además, se puede observar que en el mes de febrero se tiene la ETo más baja de 2.92 mm/día, lo que significa que las necesidades de agua son muy bajas durante dicho mes, mientras que en el mes de septiembre se tiene la ETo más alta de 4.40 mm/día indicando una necesidad de agua mayor durante ese mes.

Seguido, ingresados ya los valores de la precipitación mensual durante todo el año se calculó automáticamente la precipitación efectiva mensual durante todo un año.

Tabla 9. Resultados precipitación efectiva

Mes	Precipitación (mm)	Precipitación efectiva (mm)
Enero	25,8	5,5
Febrero	203,6	138,9
Marzo	61,1	26,7
Abril	101,4	57,1
Mayo	67,6	30,6
Junio	0,0	0,0
Julio	2,1	0,0
Agosto	11,7	0,0
Septiembre	25,6	5,4
Octubre	93,0	50,4
Noviembre	56,5	23,9
Diciembre	38,6	13,2
TOTAL	**687,0**	**351,5**

Se puede ver como los valores de la precipitación efectiva determinada por el software varían de entre 0 y 138. 9 mm en los distintos meses durante todo el año, obteniendo una precipitación efectiva anual de 351.5 mm, lo que significa que esta cantidad de agua es la que realmente es aprovechada por los cultivos. Durante los meses de junio, julio y agosto las precipitaciones son escazas, se presenta una temporada seca durante tres meses por tal razón la necesidad de agua durante esos meses es muy alta (Tabla 10).

Por último las especificaciones de los distintos cultivos y el tipo de suelo ingresados al software, los cuales son importantes, ya que completadas estas cuatro fases dentro del programa se obtuvo los resultados con éxito.

Con los valores obtenidos en base al requerimiento de agua para los distintos cultivos (RAC) en el software CROPWAT 8.0, se procedió a convertir ese valor en unidades de caudal (L/s*ha) con el factor mencionado en la metodología.

En la tabla 11 se observa los resultados obtenidos después de la conversión requerida.

$$RAC = \frac{338mm}{10\ días} * \frac{1L}{mm * m^2} \frac{30\ días}{1\ mes} = \frac{1014L}{mes * m^2}$$

$$\frac{1014\ L}{mes * m^2} = \left(\frac{10000m^2}{1\ ha} * \frac{1\ mes}{30\ día} * \frac{1día}{86400\ seg}\right) / 0.8 = \frac{4.9L}{seg * ha}$$

Tabla 10. Caudales de riego por cultivo

Tipo de cultivo	ETc (mm/dec)	Precipitación efectiva (mm/dec)	Req. Riego (mm/dec)	Efic. de precipitación (%)	Req. Riego (l/mes*m2)	Caudal específico (l/s*ha)
Maíz	431,6	93,6	338	95	1014	4,9
Papas	328,9	90,8	237,6	73,6	712,8	3,4
Habas	445,7	308,8	231,6	54,8	694,8	3,4
Fréjol	255,2	79,2	175,4	42,5	526,2	2,5

Aplicada la ecuación se obtuvo los resultados de caudal que se muestran en la tabla 11 y son aquellos que los usuarios de la comunidad requieren para cada cultivo, además, es importante mencionar que se calculó el caudal de riego total por mes en conjunto de todos los cultivos, con el fin de que los cultivos tengan un desarrollo satisfactorio desde la etapa inicial hasta la etapa final.

A continuación, se presentan los resultados de los caudales totales mensuales para todos los cultivos (Tabla 12).

Tabla 11. Caudales totales mensuales para todos los cultivos

MES	Requerimiento de agua para el cultico (mm/dec)				Total (mm/dec)	Total (L/mes*m2)	Qt mensual (L/seg*ha)
	Maíz	Papa	Frejol	Habas			
Mayo							
Junio							
Julio							
Agosto							
Septiembre	86,8	61,1	63,5	14,2	225,6	676,8	2,61
Octubre	48,1	46,5	46,1	0	140,7	422,1	1,63
Noviembre	80	79,4	65,8	0	225,2	675,6	2,61
Diciembre	87	50,5		34	171,5	514,5	1,98
Enero	36,2			89,1	125,3	375,9	1,45
Febrero				0	0	0	0,00
Marzo				72,5	72,5	217,5	0,84
Abril				22	22	66	0,25

Como se observa en la tabla 12 existen espacios vacíos desde el mes de enero hasta el mes de agosto, lo que significa que durante estos meses el agua de precipitación es suficiente para que los cultivos tengan un crecimiento adecuado.

4.6 Resultados de caudales, velocidades y diámetros.

Se realizó las mediciones de diámetros en el lugar donde se dividen los caudales de la comunidad denominado anteriormente punto C y al finalizar el tramo de la tubería que llega al reservorio (Figura 31).

Figura 31. Medición del diámetro de la tubería

En la tabla 13 se muestran los diámetros medidos en la tubería en el punto C y al final de la misma.

Tabla 12. Diámetros

Punto	Diámetro (m)
Punto C	0.2
Fin tubería	0.18

A continuación, se muestra en la tabla 14 los resultados de las velocidades obtenidas mediante la utilización del medidor de flujo.

Tabla 13. Velocidades

Punto	Velocidad (m/s)
Punto C	0.5
Salida de la tubería	1.28

Llegada al reservorio (estructura)	0.091

Mediante la ecuación de continuidad se procedió a calcular los caudales existentes:

Caudal en el punto C

$$\boldsymbol{A = \pi * r^2}$$

Ecuación 2. Área

$$A = \pi * (0.1m)^2$$

$$A = 0.031\ m^2$$

$$\boldsymbol{Q = V * A}$$

$$Q = 0.5\frac{m}{s} * 0.0314\ m^2$$

$$Q = 0.015\frac{m^3}{s} = 15\ \frac{l}{s}$$

Caudal fin de la tubería

$$\boldsymbol{A = \pi * r^2}$$

$$A = \pi * (0.09m)^2$$

$$A = 0.025\ m^2$$

Utilizando la Ecuación 1, se procedió a calcular el caudal al final de la tubería.

$$\boldsymbol{Q = V * A}$$

$$Q = 1.28\frac{m}{s} * 0.025m^2$$

$$Q = 0.032\frac{m^3}{s} = 32\ \frac{l}{s}$$

Caudal llegada al reservorio (estructura)

Con la ecuación 3 para secciones rectangulares se obtuvo el área en la estructura que funciona como sedimentador, previo para obtener el caudal.

$$\boldsymbol{A = b * h}$$

Ecuación 3. Área en secciones rectangulares

$$A = 1.60\ m * 0.168\ m$$

$$A = 0.27\ m^2$$

$$\boldsymbol{Q = V * A}$$

$$Q = 0.091 \frac{m}{s} * 0.27 m^2$$

$$Q = 0.0245 \frac{m^3}{s} = 24.5\ \frac{l}{s}$$

4.7 Evaluación hidráulica

Al realizar la evaluación Hidráulica en el Software computacional HEC RAS se conoció que el caudal que circula por el canal que conduce el agua de riego hasta el reservorio es suficiente para abastecer a los usuarios del sistema de riego (Figura 32).

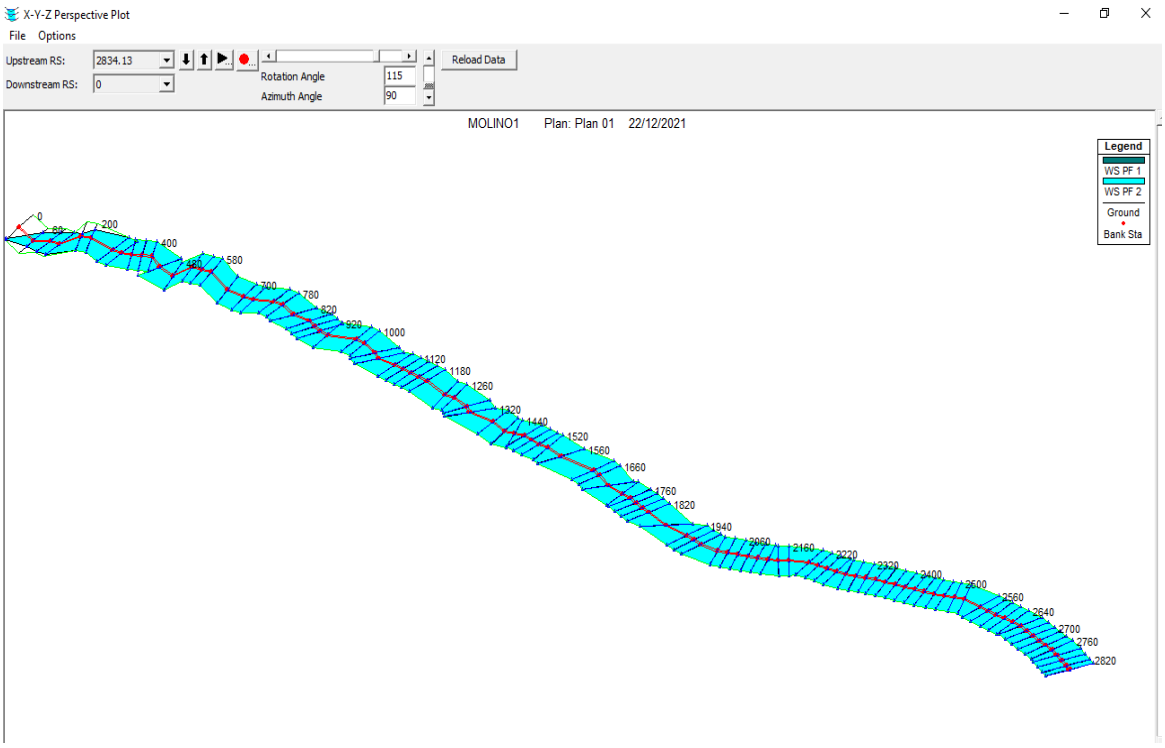


Figura 32. Caudal medio del sistema de riego

El caudal que circula por el canal abierto hasta llegar al inicio del tramo de tubería es un caudal de 15 l/s de acuerdo con los datos obtenidos de las mediciones de flujos y caudales en el trabajo en campo realizado.

A continuación, se presenta el caudal en un punto que se tomó al azar (Figura 33).

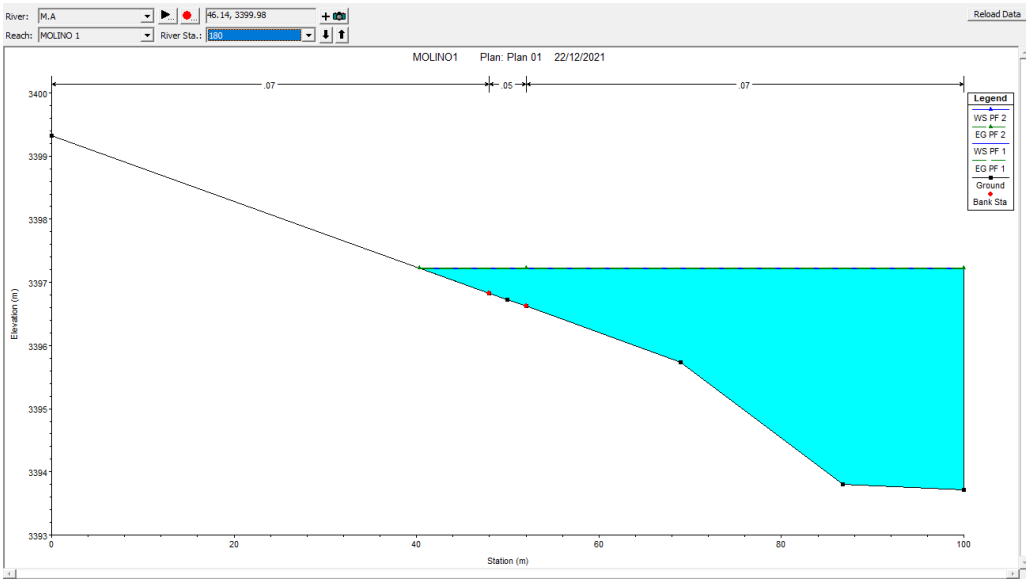


Figura 3318. Caudal de un punto tomado al azar

4.8 Propuesta de mejora al sistema de riego

Para tener un sistema más eficiente y una mejor distribución del caudal de riego se planteó la implementación de una cámara dividida en dos partes y cada una de ellas tiene un orificio por el cual pasaría el caudal. El sistema propuesto está dividido de la siguiente manera: un caudal máximo de 3 l/s que está concesionado para un usuario en específico, mientras que el caudal restante es el que llega a los usuarios de la comunidad Molino Alto. El objetivo de esta propuesta es lograr que la división del caudal sea lo más equitativamente posible y puedan tener un mejor aprovechamiento del caudal de riego (Figura 34).

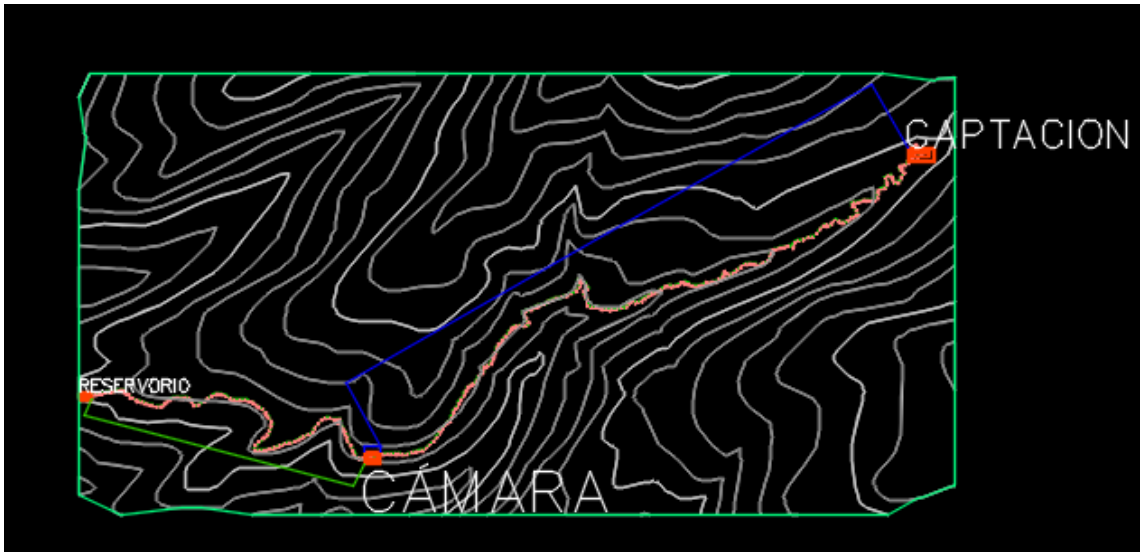


Figura 34. Lugar donde se implantaría la cámara

Para esta propuesta de mejora el diámetro de la tubería impuesto fue de 50 mm, de tal manera que utilizando la ecuación para pared delgada con orificio, la cual se compone de un coeficiente de descarga que se obtuvo mediante un modelo físico.

$$Q = \frac{3l}{s} * \frac{1m^3}{1000l} = \frac{0{,}003m^3}{s}$$

$$Cd = 0.56$$

$$\phi = 50mm * \frac{1m}{100cm} * \frac{1cm}{10mm} = 0{,}05m : r = 0.025m$$

$$A = \pi r^2$$

$$A = \pi(0.025m)^2 = 0{,}0020\ m^2$$

$$\boldsymbol{Q = Cd * A * \sqrt{2gh}}$$

Ecuación 4. Ecuación de pared delgada con orificio

$$\frac{0{,}003\ m^3}{s} = 0{,}56(0{,}0020\ m^2) * \sqrt{2\left(\frac{9{,}81\ m}{s^2}\right) * h}$$

$$\frac{0{,}003\ m^3}{s} = 0{,}0011m^2 * \sqrt{\frac{19{,}62\ m}{s^2} * h}$$

$$(2{,}73)^2 = (\sqrt{\frac{19{,}62\ m}{s^2}})^2$$

$$\frac{7{,}45\ m^2}{s^2} = \frac{19{,}62\ m}{s^2} * h$$

$$h = 0{,}38\ m$$

$$Q = Cd * A * \sqrt{2gh}$$

$$Q = 0{,}56 * 0{,}0020\ m^2 * \sqrt{2\left(\frac{9{,}81\ m}{s^2}\right) * 0{,}38\ m}$$

$$Q = \frac{0{,}003m^3}{s} : \frac{3l}{s}$$

Como se puede observar en el procedimiento anterior, con un diámetro de 50 mm y su respectivo coeficiente de descarga se procedió a despejar “h”, variable importante para

conocer la altura de la pared intermedia que va a separar las dos cámaras, las cuales serán diseñadas de dimensiones 80 cm X 80 cm. Esto es debido a que es importante que existan un espacio suficiente para que una persona pueda tener acceso a estas cámaras y realizar el respectivo mantenimiento. Además, la altura de esta pared intermedia se obtuvo con el objetivo de que el caudal restante pase a la cámara dos, caudal que pertenecerá a la comunidad Molino Alto (Figura 35).

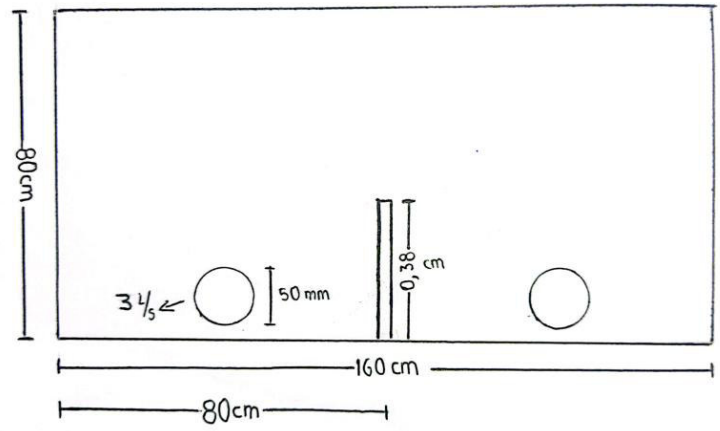


Figura 35. Estructura, división de caudales

Otra propuesta es implementar rejillas en la llegada del caudal al almacenamiento, esto disminuiría la acumulación de sólidos gruesos, estas rejillas se componen de barras en forma vertical y por lo general tienen medidas entre 60 y 100 milímetros. Es importante conocer que las rejillas requieren un mantenimiento frecuente, debido a que suelen acumularse de sólidos muy rápidamente, esto se lo puede hacer manualmente o con ayuda de algún rastrillo (Figura 36).

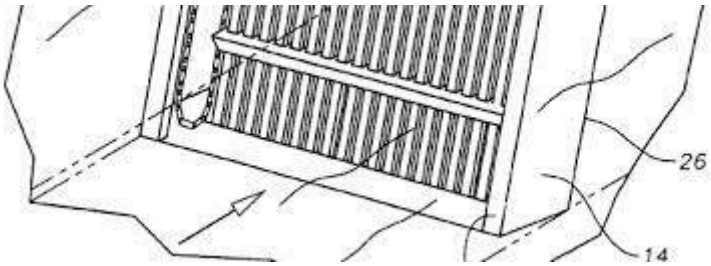


Figura 36. Rejillas para sólidos gruesos

Otra forma de mejorar la calidad del agua en la quebrada por donde se conduce el caudal de riego es realizar una limpieza frecuente de la vegetación y los escombros que se encuentra en la misma, de esta manera evitaríamos interrupciones para la llegada del caudal y también el agua estaría menos compuesta se sólidos.

Según parámetros In Situ que se evaluaron en la captación por parte de un grupo de tesistas que realizó un proyecto de evaluación en la misma comunidad (Aguilar & Torres). De esta manera se comparó los siguientes parámetros: sólidos totales disueltos y potencial hidrogeno con la normativa vigente del Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA) del Libro VI Anexo 1, los resultados de estos parámetros se muestran en la tabla 15.

Tabla 14. Parámetros In Situ

Parámetro	Resultado
Sólidos disueltos totales	86 mg/l
Potencial hidrógeno (pH)	7.15

Tabla 15. Límite máximo permisible según el TULSMA

Parámetro	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Sólidos disueltos totales	SDT	mg/l	3000
Potencial hidrógeno	pH	-	6.5 – 8.4

Según el TULSMA y como se muestra en la tabla 16, el pH para aguas de uso agrícola tiene un límite máximo permisible de entre 6.5 y 8.4, lo que quiere decir que se encuentra dentro del rango. En cuanto a los sólidos disueltos totales, establece un límite máximo permisible de 3 000 miligramos por litro, y comparado con el resultado obtenido la cantidad de solidos disueltos es muy baja, casi escasa, cumpliendo así con la normativa vigente.

4.9 Manual de operación y mantenimiento

Como se muestra en el Anexo 5, se adjuntó el manual de operación y mantenimiento para los usuarios de la comunidad Molino Alto, documento que les será de gran utilidad para el buen manejo de las diferentes estructuras y para un funcionamiento al cien por ciento, de esta manera la vida útil de las mismas cumpla su rol de la mejor manera.

4.10 Socialización de resultados con la comunidad

La socialización con la comunidad se realizó de manera virtual, en donde se reunieron el presidente y vicepresidente representantes del sistema de riego, para conocer los resultados de la evaluación hidráulica, se expuso el requerimiento de agua para riego necesario para cada tipo de cultivo, puntos GPS en el software Civil 3D, propuesta de

mejora y la simulación en el software HEC RAS. Además, se presentó el Manual de operación y mantenimiento del sistema de riego y la propuesta de mejora al sistema.

En la reunión se aclararon las dudas que los directivos de la comunidad tuvieron al conocer los resultados de la evaluación realizada (Anexo 5).

CAPÍTULO 4

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- El realizar el levantamiento de los puntos georreferenciados del recorrido del sistema de riego permitió conocer cuál era el punto en donde el caudal llegaba a dividirse y desarrollar una propuesta de mejora para que este caudal sea dividido de manera equitativa.

- La implementación de la propuesta representa una gran ventaja y mejora de la calidad de vida de los usuarios que dedican su vida a las actividades agrícolas, ya que permitirá que el caudal se divida de manera equitativa.

- Al realizar el ingreso de los datos obtenidos en el software Civil 3D se observó que el recorrido del sistema de riego en su gran parte consta de un canal abierto que posteriormente se une a un tramo de tubería el cual conduce el agua hasta llegar al reservorio del sistema de riego para ser distribuido a la comunidad.

- En el modelado en el software HEC RAS se pudo observar de una manera más clara como circula el caudal por el canal abierto y corroborar que este es el adecuado para los usuarios del sistema de riego.

- Con los resultados de la encuesta, se consideró importante calcular las necesidades hídricas de cada uno de los cultivos, para así dar a conocer el caudal necesario de todos los productos, teniendo en cuenta que gran parte de los usuarios del sistema de riego siembran los mismos cultivos.

  Se concluyó que en el mes de septiembre se presenta la máxima necesidad de riego con un caudal de 2.61 l/seg*hec. Además, el cultivo que exige la máxima demanda de riego es el maíz con un caudal de 86.8 mm/dec.

- El caudal proveniente de la captación es apta para el uso agrícola, ya que según los parámetros evaluados y obteniendo como resultados valores muy por debajo del límite máximo permisible, esta agua está en buen estado.

5.2 RECOMENDACIONES

- Es recomendable que el agua de riego que se encuentra en el reservorio en las épocas de precipitación no se utilice, ya que el exceso de agua en los cultivos podría provocar daños en la siembra.

- Es recomendable que los usuarios realicen un mantenimiento de las cajas donde se dividirán los dos caudales, esto evitará de alguna forma que la estructura se desgaste, evitar obstrucciones y roturas en la misma.

- Se recomienda que se realice una limpieza frecuente de la vegetación existente durante todo el canal abierto por donde se conduce el caudal de riego para evitar que llegue solidos hacia la tubería, esto evitará el desgaste de la misma y además, permitirá que el caudal se encuentre en un mejor estado.

- Es importante considerar el número de usuarios del sistema de riego para realizar un horario de riego en el cual puedan hacer uso del recurso, realizar un reglamento interno el cual contenga sanciones para los usuarios que no respeten el horario de riego establecido.

6 Bibliografía

AgriculturaFamiliar, C. (08 de 08 de 2011). Obtenido de https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_cipaf_ipafnoa_manual__de_agua.pdf

Almazan, R. C. (2003). Obtenido de http://www.ingenieria.uaslp.mx/Documents/Apuntes/Riego%20y%20Drenaje.pdf

Alocén, J. C. (2007). Obtenido de http://www.fao.org/3/a-at787s.pdf

Barrezueta, H. D. (06 de Agosto de 2014). *REPÚBLICA DEL ECUADOR-ASAMBLEA NACIONAL* . Obtenido de https://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/LEYD-E-RECURSOS-HIDRICOS-II-SUPLEMENTO-RO-305-6-08-204.pdf?fbclid=IwAR0Vk_2MSrIKFjUkHvwVBOUjBVOkaPn_vZqt4Kg-D5wzhQJL6b48XBtojVQ

Carlos Nieto. (15 de Octubre de 2018). *Estudio del aprovechamiento de agua de riego disponible por unidad de producción agropecuaria, con base en el requerimiento hídrico de cultivos y el área regada, en dos localidades de la Sierra ecuatoriana.* Obtenido de Estudio del aprovechamiento de agua de riego disponible por unidad de producción agropecuaria, con base en el requerimiento hídrico de cultivos y el área regada, en dos localidades de la Sierra ecuatoriana: https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/SIEMBRA/article/view/1427/1386http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/11365/AN%C3%81LISIS%20DE%20LA%20EFICIENCIA%20DE%20USO%20DE%20USO%20DEL%20AGUA%20DE%20RIEGO%20POR%20UPA%2C%20CON%20BASE%20EN%20L

Demin, P. (2014). Obtenido de https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_aportes_para_el_mejoramiento_del_manejo_de_los_sistemas_de_riego.pdf

Demin, P. E. (2014). Obtenido de https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_aportes_para_el_mejoramiento_del_manejo_de_los_sistemas_de_riego.pdf

Felipe Cisneros, Esteban Pacheco. (17-19 de Noviembre de 2010). *Investigacion en agua y suelo como recursos estrategicos.* Obtenido de Investigacion en agua y suelo como recursos estrategicos.: http://www.secsuelo.org/wp-

content/uploads/2015/06/7.-Felipe-Cisneros.-Investigacion-en-agua-y-suelo.-PROMAS-Ecuador.pdf

Hurtado, X. (2015 de Agosto de Quito). Obtenido de https://n9.cl/jmn1s

INEGI. (2005). Obtenido de https://www.inegi.org.mx/contenido/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/1329/702825231743/702825231743_1.pdf

Pereira, L. (2010). *El riego y sus tecnologias.* Obtenido de http://crea.uclm.es/crea/descargas/_files/El_Riego_y_sus_Tecnologias.pdf

Pereira, L. S. (Marzo de 2010). Obtenido de http://crea.uclm.es/crea/descargas/_files/El_Riego_y_sus_Tecnologias.pdf

R. Galarraga . (26 de Marzo de 2004). *ESTADO Y GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN EL ECUADOR*. Obtenido de ESTADO Y GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN EL ECUADOR: http://tierra.rediris.es/hidrored/basededatos/docu1.html

Secretaria del agua demarcacion hidrográfica de Esmeraldas "Zonal Quito". (2009). *Demarcación hidrográfica Esmeraldas Proceso N° 3877-10Cs(GMM).* Quito: SENAGUA.

7 ANEXOS

Anexo 1. Encuesta realizada a la comunidad.

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TÉCNOLOGOS

TECNOLOGÍA EN AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

NOMBRE Y APELLIDO: .....

EDAD: .....

1. El terreno que utiliza es (MARQUE CON UNA X):

PROPIO	
ARRENDADO	

2. ¿Cuál es el área del terreno que usted tiene destinada para sus cultivos?

.....

.....

3. ¿Qué tipos de cultivos siembra?

.....

.....

4. ¿Con que frecuencia realiza la siembra?

.....

.....

.....

.....

5. ¿Qué destino tiene los alimentos que usted cosecha?

.....

.....

6. ¿Considera usted que el caudal concedido es suficiente para sus cultivos?

.....

.....

.....

.....

7. ¿Qué tipos de cultivos desearía sembrar en su terreno?

.....

.....

.....

.....

Anexo 2. Cultivos que los usuarios siembran y en el futuro desean sembrar

N.º de personas encuestadas	Tipos de Cultivos						
	Papas	**Maíz**	**Habas**	**Alverja**	**Hortalizas**	**Frejol**	**Ninguna**
1	x	x					
2	x	x	x				
3	x	x	x	x	x		
4	x	x	x	x		x	
5	x	x	x				
6	x	x	x	x		x	
7	x	x					
8	x	x	x			x	
9	x	x	x				
10		x	x				
11		x	x	x		x	
12		x	x	x	x	x	
13	x	x	x	x			
14	x	x		x			
15	x	x	x				
16	x	x	x			x	
17	x	x		x			
18					x		
19	x	x	x		x	x	

Anexo 3. Necesidades de riego por cultivo

Maíz

MES	DECADA	ETAPA	KC	ETC (mm/día)	ETC (mm/dec)	PREC. EFEC. (mm/dec)	REQ. RIEGO (mm/dec)
Sep	1	Inic	0.70	3.09	30.9	0.0	30.9
Sep	2	Inic	0.70	3.15	31.5	0.0	31.5
Sep	3	Des	0.71	2.99	29.9	5.5	24.4
Oct	1	Des	0.79	3.03	30.3	14.0	16.3
Oct	2	Des	0.87	3.11	31.1	20.2	11.0
Oct	3	Des	0.96	3.35	36.9	16.1	20.8
Nov	1	Med	1.03	3.52	35.2	10.4	24.7
Nov	2	Med	1.04	3.45	34.5	7.3	27.3
Nov	3	Med	1.04	3.43	34.3	6.3	28.0
Dic	1	Med	1.04	3.40	34.0	5.5	28.5
Dic	2	Fin	1.04	3.37	33.7	4.3	29.5
Dic	3	Fin	0.90	2.95	32.5	3.5	29.0
Ene	1	Fin	0.70	2.29	22.9	0.5	22.4
Ene	2	Fin	0.52	1.73	13.8	0.0	13.8
TOTAL							

Papas

MES	DECADA	ETAPA	KC	ETC (mm/día)	ETC (mm/dec)	PREC. EFEC. (mm/dec)	REQ. RIEGO (mm/dec)
Sep	1	Inic	0.50	2.21	22.1	0.0	22.0
Sep	2	Inic	0.50	2.25	22.5	0.0	22.5
Sep	3	Des	0.53	2.21	22.1	5.5	16.6
Oct	1	Des	0.69	2.65	26.5	14.0	12.5
Oct	2	Des	0.87	3.10	31.0	20.2	10.8
Oct	3	Med	1.02	3.57	39.3	16.1	23.2
Nov	1	Med	1.04	3.54	35.4	10.4	25.0
Nov	2	Med	1.04	3.46	34.6	7.3	27.3
Nov	3	Fin	1.01	3.34	33.4	6.3	27.1
Dic	1	Fin	0.88	2.90	29.0	5.5	23.5
Dic	2	Fin	0.75	2.44	24.4	4.3	20.1
Dic	3	Fin	0.66	2.15	806	1.3	6.9
TOTAL					**328.9**	**90.8**	**237.6**

Habas

MES	DECADA	ETAPA	KC	ETc (mm/día)	ETc (mm/dec)	PREC. EFEC. (mm/dec)	REQ. RIEGO (mm/dec)
Oct	1	Inic	0.15	0.58	5.8	14.0	0
Oct	2	Inic	0.15	0.53	5.3	20.2	0
Oct	3	Inic	0.15	0.52	5.8	16.1	0
Nov	1	Inic	0.15	0.51	5.1	10.4	0
Nov	2	Inic	0.15	0.50	5.0	7.3	0
Nov	3	Des	0.15	0.50	5.0	6.3	0
Dic	1	Des	0.27	0.89	8.9	5.5	3.4
Dic	2	Des	0.46	1.49	14.9	4.3	10.6
Dic	3	Des	0.65	2.13	23.5	3.5	20.0
Ene	1	Des	0.85	2.79	27.9	0.5	27.4
Ene	2	Med	0.98	3.24	32.4	0	32.4
Ene	3	Med	0.98	3.13	34.4	5.1	29.3
Feb	1	Med	0.98	3.00	30.0	39.2	0
Feb	2	Med	0.98	2.87	28.7	57.9	0
Feb	3	Fin	0.98	3.01	24.1	41.6	0
Mar	1	Fin	0.98	33.14	31.4	16.9	14.6
Mar	2	Fin	0.98	3.27	32.7	2.1	30.6
Mar	3	Fin	0.98	3.19	35.1	7.8	27.3
Abr	1	Fin	0.97	3.10	31.0	17.5	13.6
Abr	2	Fin	0.97	3.02	30.2	21.7	8.4
Abr	3	Fin	0.97	3.00	9.0	5.4	0
TOTAL					**445.7**	**308.8**	**231.6**

Fréjol

MES	DECADA	ETAPA	KC	ETc (mm/día)	ETc (mm/dec)	PREC. EFEC. (mm/dec)	REQ. RIEGO (mm/dec)
Oct	2	Inic	0.50	1.78	3.6	4.0	3.6
Oct	3	Inic	0.50	1.74	19.2	16.1	3.1
Nov	1	Des	0.51	1.73	17.3	10.4	6.9
Nov	2	Des	0.63	2.09	20.9	7.3	13.6
Nov	3	Des	0.78	2.57	25.7	6.3	19.4
Dic	1	Med	0.92	3.02	30.2	5.5	24.7
Dic	2	Med	0.95	3.10	31.0	4.3	26.7
Dic	3	Med	0.95	3.12	34.3	3.5	30.8
Ene	1	Fin	0.94	3.09	30.9	0.5	30.4
Ene	2	Fin	0.85	2.82	16.9	0.0	16.9
TOTAL					**229.9**	**57.9**	**176.1**

Anexo 4. Coordenadas GPS del sistema de riego

Coordenadas GPS			
Punto	**Norte (m)**	**Este (m)**	**Elevación (m)**
1	9988596	809446	3357
2	9988596	809446	3357
3	9988596	809446	3383
4	9988596	809446	3383
5	9988595	809446	3383
6	9988596	809446	3383
20	9988602	809446	3381
21	9988603	809447	3383
22	9988602	809446	3382
23	9988603	809446	3381
24	9988604	809448	3378
25	9988604	809447	3381
26	9988604	809447	3382
500	9988093	808497	3296
501	9988092	808497	3297
502	9988094	808498	3298
503	9988094	808495	3299
504	9988094	808494	3299
505	9988092	808493	3300
506	9988089	808492	3299
1000	9987402	807274	3256
1001	9987403	807272	3256
1002	9987404	807271	3256
1003	9987409	807265	3256
1004	9987410	807258	3256
1005	9987409	807250	3256
1006	9987408	807243	3256
1007	9987406	807237	3256
1008	9987402	807230	3256
1009	9987401	807223	3256
1010	9987402	807218	3256
1355	9987643	806169	3213

1356	9987634	806169	3213
1357	9987632	806158	3213
1358	9987631	806149	3213
1359	9987631	806143	3213
1360	9987630	806135	3213
1361	9987630	806130	3213

Anexo 5. Manual de operación y mantenimiento

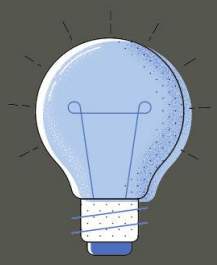
INTRODUCCIÓN

El empleo de un manual de operación y mantenimiento de un sistema de riego esta enfocado en proteger y conservar las obras hidráulicas, permitiendo que de esta manera las estructuras sean eficientes y aumente su vida útil.

Lo vuelve mas eficiente y asegura que la cosecha de los agricultores sean abundantes y puedan tener bienestar económico.

Hay que tener en cuenta que un manual de operación y mantenimiento no tendría un gran aporte sin el uso frecuente y comprometido de los usuarios que son beneficiados del sistema de riego.

El objetivo del presente manual es garantizar un sistema de riego eficiente y ayuda a conservar en mejores condiciones las obras que conforman el sistema de riego.

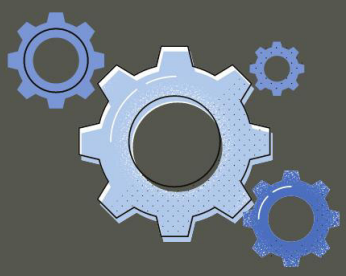


OBJETIVO GENERAL

- Orientar a usuarios del sistema de riego a conocer como realizar el mantenimiento y operación de un sistema de riego con técnicas y actividades rutinarias fáciles de realizar y sin la necesidad de personas altamente capacitadas.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Conocer como operar y dar manteamiento a un sistema de riego.
- Explicar de manera clara y concisa las técnicas para evitar problemas con el sistema de riego.



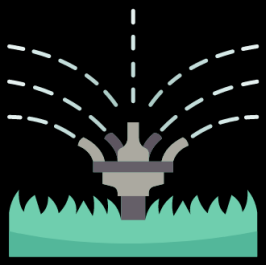
DESARROLLO DEL MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

SISTEMA DE RIEGO

Se denomina sistema de riego al conjunto de estructuras que permite que un área determinada sea cultivada con la cantidad de agua necesaria.

VENTAJAS DE UN SISTEMA DE RIEGO

- Utilizar la cantidad de agua necesaria para los cultivos.
- Brindan seguridad para que no se pierda la inversión en los cultivos y de la estructura de riego.
- Calidad en el riego y mejor gestión del agua.



MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO

CAPTACIÓN Y CANAL ABIERTO

- **Realizar limpieza y extracción de sedimentos, cada 15 dias, realizarlo con mas frecuencia en temporadas de lluvia.**

CONTROL DE VALVULAS

- **Es conveniente que se realice un mantenimiento cada 6 meses cuando empieza la temporada de riego.**

TUBERIAS

- **Las tuberías requieren mantenimiento en caso de que se presenten averias.**

RESERVORIO

- **En el reservorio se recomienda realizar un mantenimiento de este, cada seis meses cuando inicia la temporada de riego.**

Anexo 6. Socialización con la comunidad

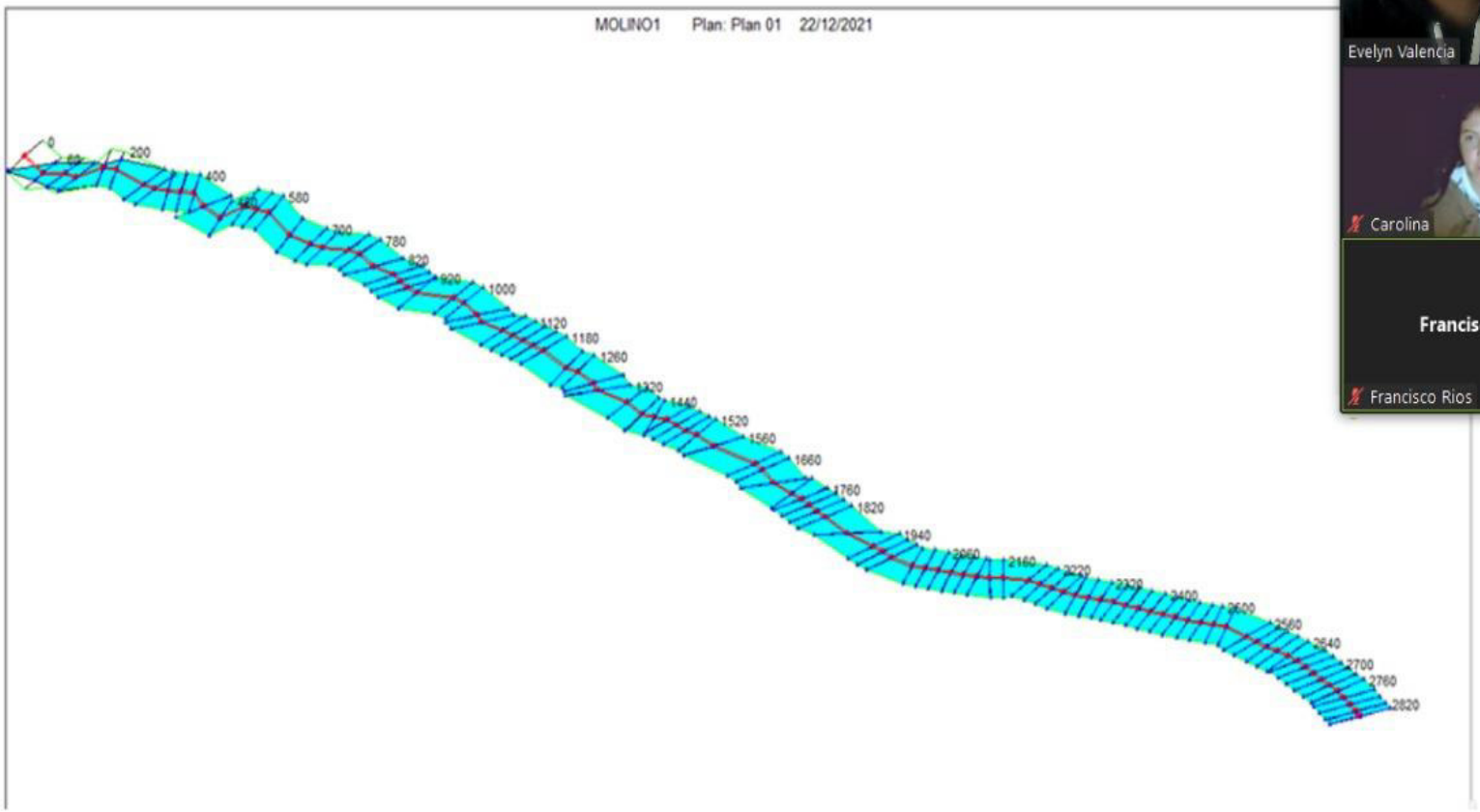
ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
ESUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS
EVALUACIÓN HIDRÁULICA DEL SISTEMA DE RIEGO EN LA COMUNIDAD MOLINO ALTO
COYAGO CYNTHIA
VALENCIA EVELYN
Evelyn Valencia
Carolina
Francisco Rios
Francisco Rios
Vicente Pinango
Vicente Pinango
Está compartiendo la pantalla
Deja de

Requerimiento de caudales por cultivo

Tipo de cultivo	ETc (mm/dec)	Precipitación efectiva (mm/dec)	Req. Riego (mm/dec)	Efic. de precipitación (%)	Req. Riego (l/mes*m2)	Caudal específico (l/s*ha)
z	431,6	93,6	338	95	1014	4,9
s	328,9	90,8	237,6	73,6	712,8	3,4
s	445,7	308,8	231,6	54,8	694,8	3,4
l	255,2	79,2	175,4	42,5	526,2	2,5

Está compartiendo la pantalla Deja de

Simulación en el Software HEC RAS



Está compartiendo la pantalla Deja de

Puntos GPS en Civil 3D