



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA DE
CONSTRUCCIONES.**

**Estudios para el mejoramiento del sistema de riego en las
comunidades de Patadel, Trancapata, La Cruz, Membrillo
y Salacota pertenecientes al cantón Nabón, sustitución de
canal abierto por tuberías a presión.**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:
INGENIERO CIVIL CON ÉNFASIS EN GERENCIA DE
CONSTRUCCIONES.**

Autores:

BARRERA TORRES VICENTE MANUEL

PIÑA PORTOVIEJO ERIK MANUEL

Director:

JOSUÉ BERNARDO LARRIVA VÁSQUEZ.

CUENCA, ECUADOR

2020.

DEDICATORIA

En primera instancia quiero dedicar a Dios por permitirme culminar uno de mis propósitos más grandes; también quiero dedicar a mis padres, Vicente y Silvia, quienes han sido un pilar fundamental en mi vida, puesto que gracias a su gran esfuerzo me han ayudado a llegar a donde me encuentro ahora.

Quisiera también dedicar a mis hermanos, Johan, Maribel y María José, por su apoyo incondicional frente a las diferentes circunstancias que toca atravesar en este camino; ellos han contribuido de manera especial a mi vida y por eso les soy grato.

Finalmente, a mi mejor amiga, enamorada y compañera de vida: Monse que, con todo su cariño y amor, siempre está apoyándome en cada decisión de mi vida, que con su paciencia y ayuda ha sido fundamental para estar culminando un escalón más en mi vida.

Vicente Manuel Barrera Torres

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación se lo quiero dedicar con mucho cariño a toda mi familia y todas las personas que estuvieron apoyándome en cada uno de los obstáculos que se presentaban en esta muy importante etapa de mi vida.

En especial a mi hermosa madre María Teresa, por ser lo más importante en mi vida por todo el sacrificio, paciencia y amor que he recibido durante toda mi vida estudiantil, ya que todo lo que he logrado y lograre será siempre por ella.

A mis hermanos, hermanas, y a mi primo Sergio; ya que de alguna u otra forma siempre tuvieron tiempo, paciencia y amor para poder apoyarme durante todo el proceso de aprendizaje, y sobre todo por los consejos y palabras de aliento que recibía por parte de cada uno de ellos.

A Karla por su cariño, amor y apoyo, ya que siempre estuvo conmigo en los momentos más duros y difíciles de mi etapa como estudiante universitario; ella fue una de las principales personas en apoyarme durante cada lección, prueba o examen que brindaba.

A mis mejores amigos: Christian, David, Jonnathan, Josué y Vicente, ya que con ellos he convivido gran parte de la carrera, en donde hemos tenido buenos y malos momentos, pero siempre estábamos apoyándonos unos a otros.

Erik Manuel Piña Portoviejo

AGRADECIMIENTO

A toda nuestra familia, amigos y personas especiales en nuestra vida, por ser la mayor motivación de superación, gracias a su apoyo, esfuerzo y cariño constante que nos han llevado a cumplir esta meta.

De manera especial a nuestro director de tesis, Ing. Josué Larriva, quien se ha esforzado por ayudarnos a llegar al punto en el cual nos encontramos. Sencillo no ha sido, pero gracias a sus conocimientos y dedicación, hemos logrado culminar el desarrollo de nuestra tesis con éxito.

A los miembros del tribunal por brindarnos su tiempo al realizar cada una las correcciones necesarias a lo largo del proyecto.

Vicente Barrea, Erik Piña

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS	v
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE IMÁGENES	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT	xiii
GENERALIDADES.	1
Introducción.	1
Antecedentes.	2
Justificación.....	3
Objetivos.	3
Objetivo General.	3
Objetivos Específicos.....	4
1.CAPÍTULO I: RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN PARA EL PROYECTO..	5
1.1. Descripción de la zona.....	5
1.1.1. Ubicación geográfica.	6
1.1.2. Área del proyecto.	7
1.1.3. Uso del suelo	7
1.2. Criterios de calidad de aguas.....	8
1.3. Características físicas del suelo	10
1.3.1. Textura	10
1.3.2. Estructura	12
1.3.3. Porosidad.....	12
1.3.4. Contenido de agua en el suelo.....	12

1.3.5. Infiltración.....	13
1.4. Clima	13
2.CAPÍTULO II: CRITERIOS DE DISEÑO.	18
2.1 Diseño agronómico	18
2.1.1. Precipitaciones	19
2.1.2. Evapotranspiración.....	21
2.1.3. Necesidades netas de riego.....	26
2.1.4. Parámetros de riego.....	26
2.1.5. Caudal necesario	29
2.1.6. Riego por aspersión.....	30
2.2. Diseño hidráulico	34
2.2.1. Definiciones generales	35
2.2.2. Hidrostática	35
2.2.3. Hidrodinámica.....	35
2.2.4. Parámetros de la línea de conducción	35
2.2.5. Estructuras complementarias, cámaras rompe-presión	39
2.2.6. Elementos especiales de instalación.....	39
3.CAPÍTULO III: DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO POR TUBERÍAS A PRESIÓN PARA LAS COMUNIDADES DE LA CRUZ, MEMBRILLO, PATADEL, TRANCA PATA Y SALACOTA.	43
3.1. Diseño agronómico	43
3.1.1. Estudios preliminares	43
3.1.2. Características climáticas	45
3.1.3. Evapotranspiración potencial	49
3.1.4. Características de cultivo	50
3.1.5. Evapotranspiración de cultivo.....	52
3.1.6. Necesidades netas de riego.....	52
3.1.7. Parámetros de riego.....	53

3.1.8. Caudal necesario	53
3.2. Diseño hidráulico	55
3.2.1. Topografía.....	55
3.2.2. Diseño hidráulico de la red de distribución.....	55
3.2.3. Propuesta de construcción.....	56
3.2.4. Diseño de la parcela demostrativa.....	56
4. CAPÍTULO IV: VALORACIÓN DEL PROYECTO.	59
4.1. Especificaciones técnicas	59
4.2. Cantidades de obra	59
4.3. Análisis de precios unitarios.....	59
4.4. Presupuesto.....	59
4.5. Cronograma valorado	59
4.6. Manual de operación	59
4.7. Propuesta de calendario para el uso ordenado del sistema de riego.....	59
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	61
Anexos.....	63
Anexo 1: Resultados de encuestas	63
Anexo 2: Determinación del caudal.....	63
Anexo 3: Análisis de muestra de suelo disponible para riego	63
Anexo 4: Modelo de red propuesta para EPANET	63
Anexo 5: Ficheros de EPANET para cada día	63
Anexo 6: Resultados hidráulicos de la red.....	63
Anexo 7: Planos del sistema	63
Anexo 8: Especificaciones técnicas	63
Anexo 9: Cantidades de obra	63
Anexo 10: Precios unitarios	63
Anexo 11: Presupuesto.....	63

Anexo 12: Cronograma valorado	63
Anexo 13: Manual de operación del sistema	63
Bibliografía	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Criterios de calidad de aguas para riego agrícola.	9
Tabla 1.2 Diámetro de las partículas del suelo según la clasificación USDA. Fuente: (Carrazón, 2007)	11
Tabla 1.3.: Tipo de topografía por áreas, del cantón Nabón.	16
Tabla 2.1.: Valor económico de cultivos con sus diferentes probabilidades de ocurrencia.....	19
Fuente: (Thornthwaite, 1948).....	25
Tabla 3.1.: Resumen de resultado de análisis de suelos.....	45
Tabla 3.2.: Datos de precipitación mensual en la estación Nabón M420.	46
Tabla 3.3.: Precipitación promedio mensual.....	46
Tabla 3.4.: Valores de índices de precipitación con su probabilidad de ocurrencia. .	46
Tabla 3.5.: Índice de precipitación en función al valor económico del cultivo.	47
Tabla 3.6.: Precipitación mensual promedio ala 60%	48
Tabla 3.7.: Precipitación efectiva mensual.	48
Tabla 3.8.: Datos de temperatura promedio mensual en la estación Nabón M420....	48
Tabla 3.9.: Temperaturas mensuales promedio para la estación Nabón M420.	48
Tabla 3.10.: Número de horas de sol al día en la estación meteorológica.	49
Tabla 3.11.: Cálculo de la Evapotranspiración Potencial.	49
Tabla 3.12.: Porcentajes de cada cultivo.....	50
Tabla 3.13.: Periodos vegetativos de los cultivos.	51
Tabla 3.14.: Profundidad radicular de los cultivos.	51
Tabla 3.15.: Coeficientes de cultivo.....	52
Tabla 3.16.: Parámetros de riego.....	53
Tabla 3.17.: Caudal requerido por zona.	53
Tabla 3.18. Calendarización propuesta.	54
Tabla 3.18.: Resultados del cálculo para el predio tipo.	56
Tabla 3.19.: Presión y área de acción de aspersor a usar.	57

Tabla 4.1.: Propuesta de calendarización para las comunidades de La Cruz, Patadel, Salacota, Membrillo, La Cruz y Patadel.	60
Tabla A13.1.: Propuesta de calendarización para las comunidades de La Cruz, Patadel, Salacota, Membrillo, La Cruz y Patadel.	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Ubicación geográfica del cantón Nabón Fuente: (Sistema Nacional de Información, 2012).....	6
Figura 1.2.: Ubicación geográfica de las comunidades. Fuente: Google 2019.....	7
Figura 1.3.: Uso y cobertura del suelo. Fuente: GAD del cantón Nabón.	8
Figura 1.4 Triangulo de texturas para determinar la clasificación de los suelos.	12
Figura 1.5.: Zonas de temperatura. Fuente: GAD de Nabón.	14
Figura 1.6.: Zonas de precipitación. Fuente: GAD de Nabón.....	15
Figura 1.7.: Pendientes del cantón Nabón. Fuente: GAD de Nabón.....	17
Figura 3.2.: Valor económico de los cultivos.	47
Figura 3.3.: Porcentaje de cada cultivo.	50
Figura A13.1.: Válvulas a activar el día lunes.	64
Figura A13.2.: Válvulas a activar el día martes.	64
Figura A13.3.: Válvulas a activar el día miércoles.	65
Figura A13.4.: Válvulas a activar el día jueves.	65
Figura A13.5.: Válvulas a activar el día viernes.	66
Figura A13.6.: Válvulas a activar el día sábado.....	66

Estudios para el mejoramiento del sistema de riego en las comunidades de Patadel, Trancapata, La Cruz, Membrillo y Salacota pertenecientes al cantón Nabón, sustitución de canal abierto por tuberías a presión.

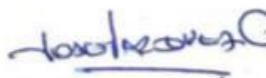
RESUMEN

En el presente trabajo se desarrolló los estudios para el mejoramiento del sistema de riego en las comunidades "La Cruz, Membrillo, Patadel, Trancapata y Salacota" del cantón Nabón, mediante una propuesta de sustitución del canal existente por tuberías a presión. Con las encuestas se determinó el tipo y porcentaje de cultivos de los sectores y con estos resultados se determinó el requerimiento hídrico, a partir del cual se realizó el diseño hidráulico de la red de tuberías y obras civiles. Se diseñó un modelo de riego por aspersión para una parcela tipo, se elaboró el presupuesto, cronograma valorado, manual de operaciones y mantenimiento, y una propuesta de calendarización del sistema.

Palabras claves: riego, canal, presión, requerimiento hídrico, presupuesto, operaciones, calendarización.



Ing. Josué Bernardo Larriva Vásquez
Director del Trabajo de Titulación



Ing. José Fernando Vázquez Calero
Director de Escuela



Erik Manuel Piña Portoviejo
Autor



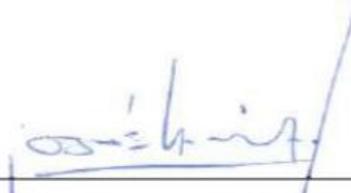
Vicente Manuel Barrera Torres
Autor

Studies for the improvement of the irrigation system in the communities of Patadel, Trancapata, La Cruz, Membrillo and Salacota of the Nabón canton, replacement of open channel with pressure pipes.

ABSTRACT

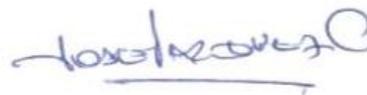
This work developed the studies for the improvement of the irrigation system in the La Cruz, Membrillo, Patadel, Trancapata and Salacota communities of the Nabón canton, through a proposal to replace the existing channel with pressure pipes. With the surveys, the type and percentage of crops in the sectors were determined. The water requirement was determined with these results and based on the hydraulic design of the pipeline and civil works network. A sprinkler irrigation model was designed for a type plot. The budget, assessed schedule, operations and maintenance manual, and a system scheduling proposal were developed.

Keywords: irrigation, canal, pressure, water requirement, budget, operations, scheduling.



Ing. Josué Bernardo Larriva Vásquez

Thesis Director



Ing. José Fernando Vázquez Calero

Faculty Director



Erik Manuel Piña Portoviejo

Author



Vicente Manuel Barrera Torres

Author



Translated by
Ing. Paúl Arpi

Vicente Manuel Barrera Torres

Erik Manuel Piña Portoviejo

Trabajo de Titulación

Ing. Josué Bernardo Larriva Vásquez, M. Sc.

Febrero, 2020.

“ESTUDIOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO EN LAS COMUNIDADES DE LA CRUZ, MEMBRILLO, PATADEL, TRANCAPATA Y SALACOTA PERTENECIENTES AL CANTÓN NABÓN, SUSTITUCIÓN DE CANAL ABIERTO POR TUBERÍAS A PRESIÓN”

GENERALIDADES

Introducción

El Gobierno Provincial del Azuay, con el afán de mejorar la eficiencia del sistema de riego y aumentar la productividad agrícola del cantón y por ende de la provincia, ha realizado un acuerdo con la Universidad del Azuay y la Escuela de Ingeniería Civil y Gerencia en Construcciones de la Facultad de Ciencia y Tecnología, para continuar con la segunda fase de los estudios para el mejoramiento del sistema de riego en las comunidades de La Cruz, Membrillo, Patadel, Trancapata y Salacota pertenecientes al cantón Nabón (Quinde, Zhagüi, 2019)

Desde el inicio de los tiempos, el hombre tuvo la necesidad de utilizar el agua para poder sobrevivir, ya que es un recurso que juega un rol muy importante en el desarrollo de la vida de cada uno de los seres vivos del planeta. Por tales motivos el hombre empezó a extraerla y captarla desde su origen natural, esto llevó a que se realizaran los primeros canales de conducción para poder transportar el agua a diferentes lugares y darle los usos que sean necesarios.

Hoy en día existen diversas formas de aplicar un sistema de riego, uno de los más conocidos a nivel mundial es el sistema de riego por gravedad o superficial. Este sistema consiste en aplicar el agua directamente sobre el suelo y se distribuye a través de surcos o canales. Es el método más económico que existe ya que no requiere de preparaciones y materiales técnicos por parte del dueño, sin embargo, es uno de los que al ser utilizado provoca un gran desperdicio de agua en la red de distribución y sus parcelas, producto de las filtraciones que posee el suelo (Schwab, Frevert, Edminster, & Barnes, 1990).

El sistema de riego por aspersión o presurizado es uno de los más eficientes debido a que basa su funcionamiento en el uso de agua través de tuberías a presión que permiten adaptar ciertos aparatos específicos (aspersores), dependiendo de las necesidades del usuario. Por otra parte, este sistema permite adaptarse de manera sencilla a la topografía de la zona y ser utilizado para grandes extensiones de terreno.

En el presente trabajo de titulación, principalmente se realizará el diseño de un sistema de riego por tuberías a presión; de igual manera, se desarrollará una valoración del proyecto, la misma que incluye: análisis de precios unitarios, especificaciones técnicas, manual de operaciones y una propuesta de calendario para el uso ordenado del sistema de riego. Así se logra fomentar el desarrollo agrícola del cantón, minimizar los desperdicios de agua y mejorar su sistema de riego.

Antecedentes

En las comunidades de la Cruz, Membrillo, Patadel, Trancapata y Salacota pertenecientes al cantón Nabón donde sus principales actividades productivas son la ganadería y la agricultura. El sistema actual de riego está compuesto por: reservorios, captación, canal principal y canales secundarios que son encargados de beneficiar a

quinientos ochenta y cinco usuarios en las 5 comunidades distribuidas de la siguiente manera: Trancapata 73, Patadel 179, Salacota 85, la Cruz 174 y Membrillo 74.

Este sistema de riego en la actualidad provee un caudal de 85.27 litros provenientes de los embalses, se debe tener en cuenta que este sistema de riego solo abastece entre un 30% y 40 % del área total 579.14 hectáreas.

Justificación

Hace más de 30 años en el cantón Nabón se construyó un sistema de riego artesanal, por conducción a gravedad o riego superficial, el sistema de riego actual beneficia a 10 sectores a lo largo de su conducción. En la actualidad dicho sistema de riego se encuentra muy deteriorado y ya no cumple con las necesidades de los habitantes de la zona, ya que algunos canales presentan múltiples fisuras, por las cuales se filtra el agua y no lograría cubrir las parcelas necesarias, por lo tanto, algunos agricultores han optado por usar una mayor cantidad de agua, lo que con lleva a un mayor desperdicio de esta.

Por la falla de canales, falta de riego y el desperdicio de agua, el Gobierno Provincial del Azuay ha realizado un acuerdo con la Universidad del Azuay para realizar los estudios de mejoramiento del actual sistema de riego, sustituyendo todos los canales abiertos por tuberías a presión, para así mejorar la producción agrícola del cantón y reducir la mayor cantidad de agua desperdiciada.

Objetivos

Objetivo General

Realizar el diseño del sistema de riego en los sectores de: La Cruz, Membrillo, Patadel, Trancapata y Salacota.

Objetivos Específicos

- Realizar una socialización con los habitantes de las comunidades para explicarles el fin del proyecto.
- Diseño para una posterior sustitución del sistema a canal abierto por tubería a presión.
- Elaborar un presupuesto referencial para la construcción del sistema diseñado.
- Elaboración de una guía metodológica para el uso del sistema de riego, mediante la implementación de un plan operativo y funcional, que incluye un calendario para la utilización del sistema.

1. CAPÍTULO I: RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN PARA EL PROYECTO

1.1. Descripción de la zona

El sistema de riego que se diseñará en este proyecto servirá para los sectores de La Cruz, Membrillo, Patadel, Trancapata y Salacota pertenecientes al cantón Nabón, ubicado en la provincia del Azuay (Ecuador), el cantón se encuentra a 69 km de la ciudad de Cuenca y tiene una altitud media de 3000 m.s.n.m. Sus coordenadas geográficas son: longitud occidental 78° 57' a 79° 19' y latitud sur 03° 11' a 03° 41'. Según los resultados obtenidos del Censo de Población y Vivienda realizado en el año 2010 por parte del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) se obtuvo que el cantón Nabón tiene 15.892 habitantes, repartidos de la siguiente manera: 8.552 Mujeres y 7.340 Hombres.

Como se puede observar en la figura 1.1 los límites del cantón Nabón son:

- Al Norte: cantones Girón y Sígsig.
- Al Sur: cantón Oña y la provincia de Loja.
- Al Este: provincias Morona Santiago y Zamora Chinchipe y;
- Al Oeste: cantón Santa Isabel.

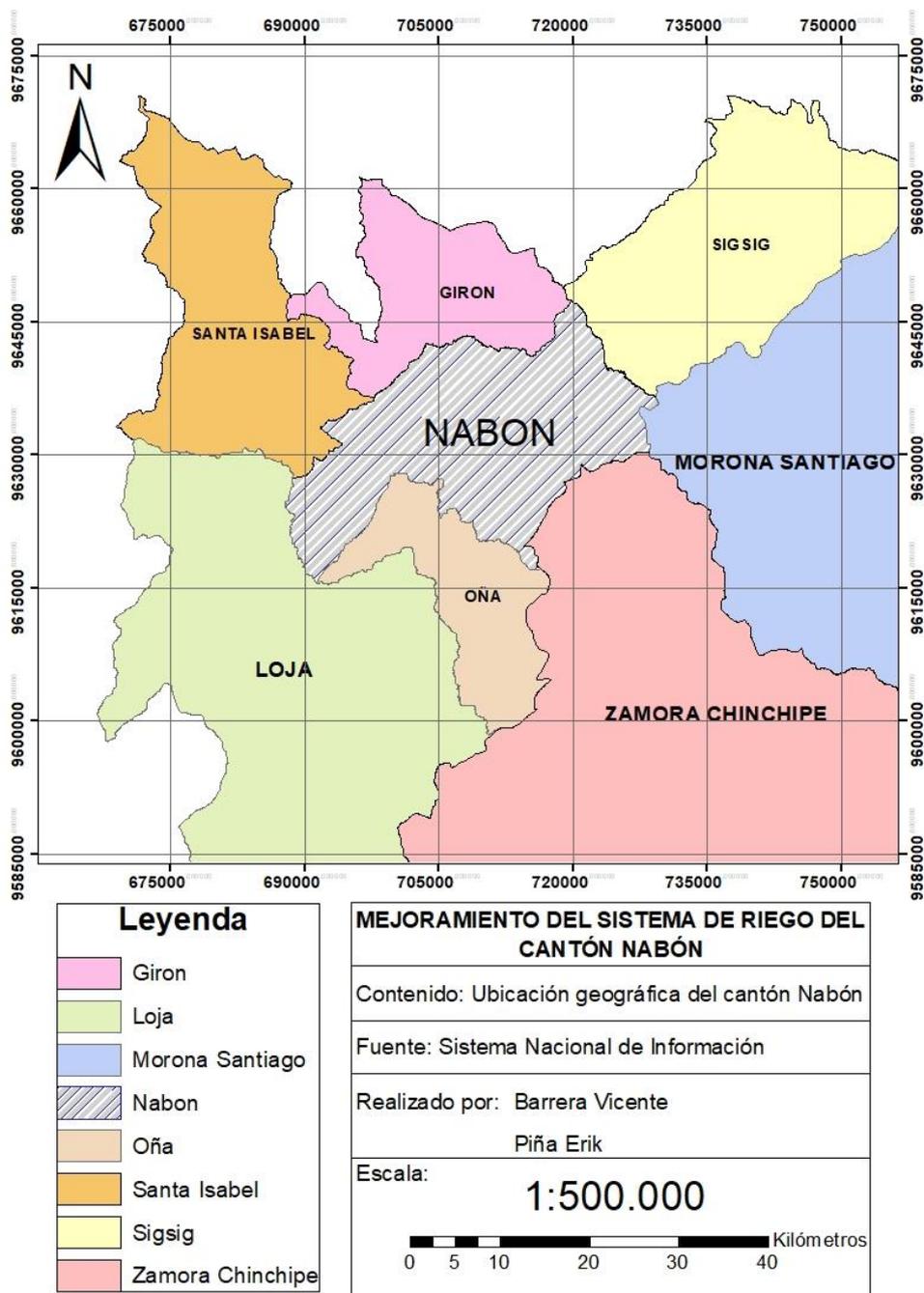


Figura 1.1 Ubicación geográfica del cantón Nabón Fuente: (Sistema Nacional de Información, 2012)

1.1.1. Ubicación geográfica

Para las comunidades de estudio La Cruz, Membrillo, Patadel, Trancapata y Salacota están situadas en el cantón Nabón, provincia del Azuay. Haciendo referencia al sistema de coordenadas Universal Transversal de Mercator (UTM) se encuentran en la zona 17 M, y se les puede ubicar geográficamente mediante las siguientes coordenadas (WGS84):

- La Cruz: Longitud 718107 m E; Latitud 9632661 m S

- Membrillo: Longitud 716838 m E; Latitud 9632768 m S
- Patadel: Longitud 717114 m E; Latitud 9631855 m S
- Trancapata: Longitud 716150 m E; Latitud 9631572 m S
- Salacota: Longitud 719043 m E; Latitud 9631697 m S

(León y Ávila, 2018)



Figura 1.2.: Ubicación geográfica de las comunidades. Fuente: Google 2019.

1.1.2. Área del proyecto

Según los estudios topográficos realizados en la primera fase se obtiene que el área cultivable total del proyecto es de 579,14 Ha, distribuidos de la siguiente manera: La Cruz: 174,44 Ha, Membrillo: 99,20 Ha, Patadel: 56,81 Ha, Trancapata: 58,07 Ha, Salacota: 190,62 Ha. Para el diseño agronómico que se realizó, se utilizó el área cultivada de cada comunidad: La Cruz: 57,43 Ha, Membrillo: 37,67 Ha, Patadel: 26,67 Ha, Trancapata: 20,95 Ha, Salacota: 63,64 Ha. (León y Ávila, 2018).

1.1.3. Uso del suelo

El cantón Nabón ocupa un área de 668.2 km², como se puede apreciar en la Figura 1.3. los usos de suelos predominantes son: tierras agropecuarias, vegetaciones arbustivas y herbáceas, y bosques o tierras forestales. Además, se puede apreciar una pequeña cantidad de eriales y algunos cuerpos de agua.

Según la información proporcionada por el Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE) en el 2008, el uso de suelo del cantón sufrió un cambio significativo al establecer un incremento en la vegetación arbustiva y herbácea, debido al avance de pastos.

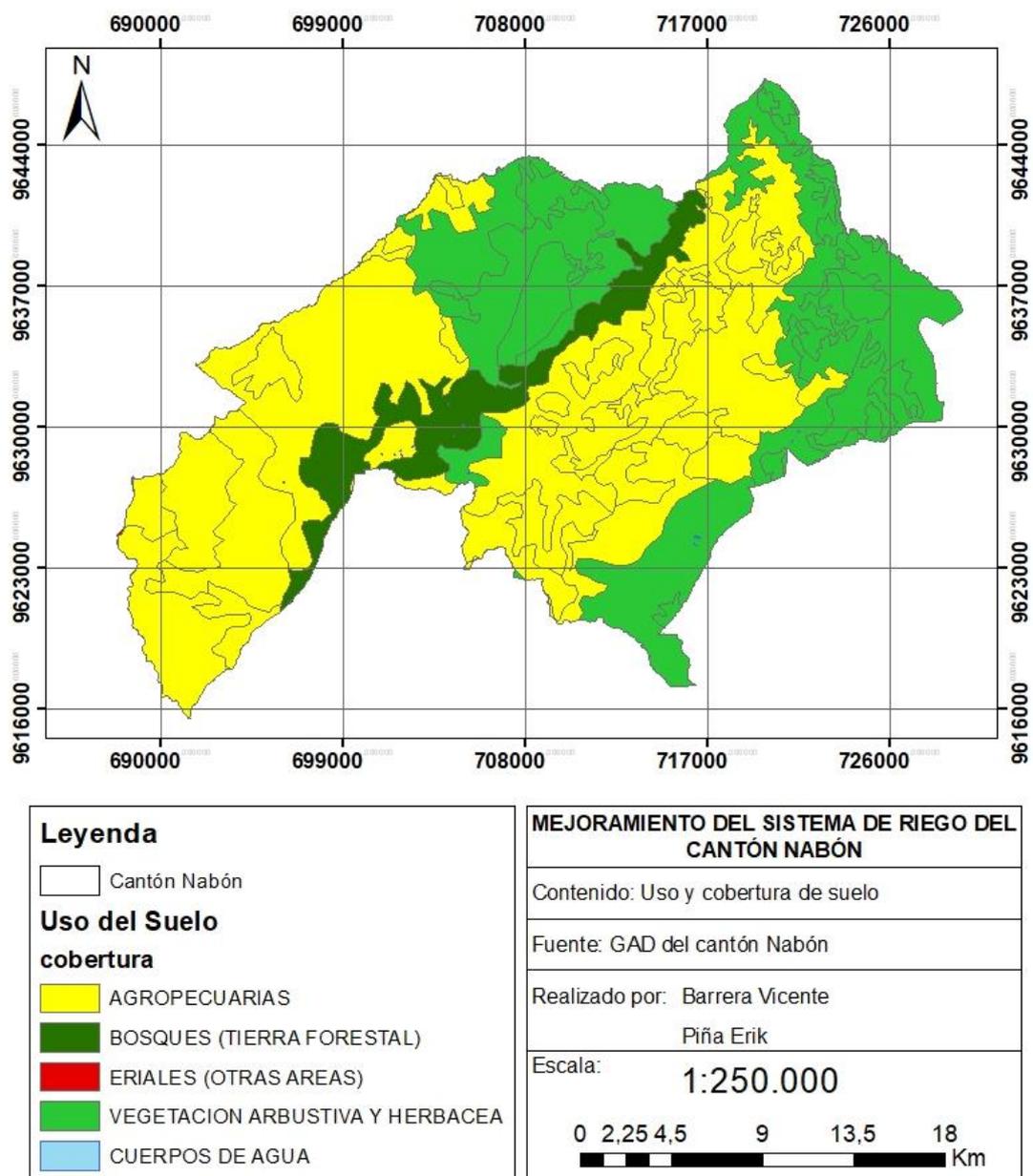


Figura 1.3.: Uso y cobertura del suelo. Fuente: GAD del cantón Nabón.

1.2. Criterios de calidad de aguas

Según, el Acuerdo Ministerial 97 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua (MAE, 2015), se entiende por agua de uso agrícola o de

riego aquella que se emplea para la irrigación de cultivos y otras actividades relacionadas o complementarias que establezcan los organismos competentes. Se prohíbe el uso de aguas servidas para riego, con excepción de aquellas que ya han sido tratadas y que cumplan con los niveles de calidad establecidos.

En la tabla 1.1 se presentan los criterios de calidad admisibles para las aguas destinadas a uso agrícola, además de los criterios, se utilizará también las guías indicadas en la tabla 1.2, para la interpretación de la calidad del agua para riego.

Tabla 1.1 Criterios de calidad de aguas para riego agrícola.

PARAMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Aceites y grasas	Película Visible		Ausencia
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico	As	mg/l	0,1
Berilio	Be	mg/l	0,1
Boro	B	mg/l	0,75
Cadmio	Cd	mg/l	0,05
Cinc	Zn	mg/l	2,0
Cobalto	Co	mg/l	0,01
Cobre	Cu	mg/l	0,2
Coliformes fecales	NMP	NMP/100ml	1000
Cromo	Cr ⁺⁶	mg/l	0,1
Flúor	F	mg/l	1,0
Hierro	Fe	mg/l	5,0
Huevos de parásitos			Ausencia

Litio	Li	mg/l	2,5
Materia flotante	Visible		Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0,001
Manganeso	Mn	mg/l	0,2
Molibdeno	Mo	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	0,2
Nitritos	NO ₂	mg/l	0,5
Oxígeno Disuelto	OD	mg/l	3
pH	pH		6-9
Plomo	Pb	mg/l	5,0
Selenio	Se	mg/l	0,02
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	250
Vanadio	V	mg/l	0,1

Fuente: (MAE, 2015)

1.3. Características físicas del suelo

El suelo se encuentra compuesto principalmente por partículas minerales, causadas por la degradación de las rocas. Como también, está constituido por partículas originadas a partir de los restos de plantas y animales, conocidas como materias orgánicas. Aunque pareciera que las partículas minerales y orgánicas se encuentran totalmente juntas, estas en realidad presentan espacios entre si llamados poros (Carrazón, 2007). Un suelo puede poseer una gran variedad de propiedades físicas, entre las principales que afectan a la retención del agua están: textura, estructura y porosidad.

1.3.1. Textura

La textura de un suelo corresponde a la porción en que las partículas de arena, limo y arcilla se encuentran en el mismo (Carrazón, 2007). Se puede clasificar a las partículas minerales de acuerdo con su diámetro como se muestra en la tabla 1.2.

Partículas de suelo	Diámetro (mm)
Gravas y piedras	> 2.0
Arena	$0.05 - 2.0$
Limo	$0.002 - 0.05$
Arcilla	< 0.002

Tabla 1.2 Diámetro de las partículas del suelo según la clasificación USDA. Fuente: (Carrazón, 2007)

Según, su textura los suelos se pueden clasificar en arenosos, limosos o arcillosos, dependiendo como predomine cada uno de los componentes. Si el contenido de arena, limo y arcilla se encuentra en una proporción equilibrada se dice que se posee un suelo de textura franca (Fuentes, 1999).

Para determinar las distintas clases de texturas, que se definen en el triángulo de la Figura 1.4., previamente se debe realizar un análisis granulométrico, el cual proporciona los porcentajes en peso de arena, limo y arcilla.

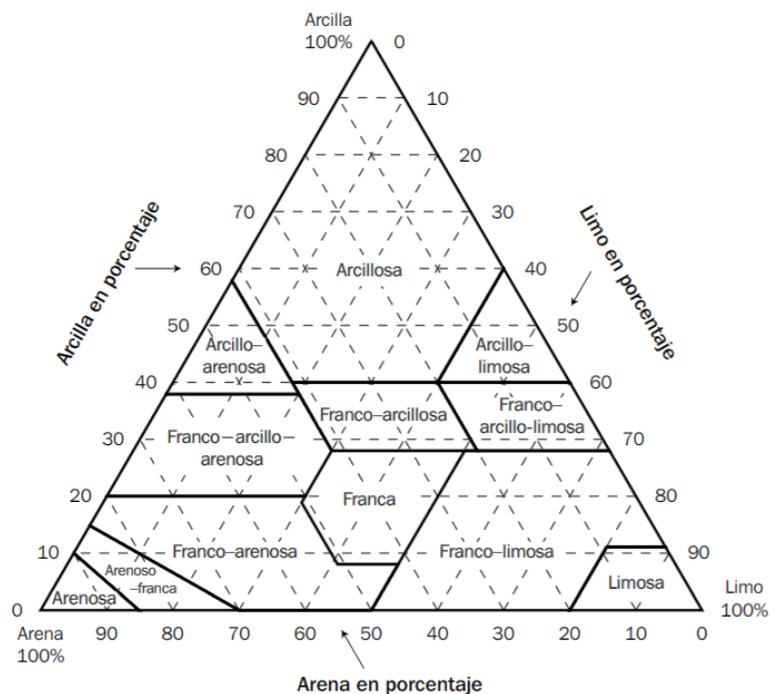


Figura 1.4 Triangulo de texturas para determinar la clasificación de los suelos.

Fuente: (Fuentes, 1999).

1.3.2. Estructura

Se conoce como estructura de un suelo a la disposición de sus partículas para formar otras de gran tamaño, llamadas agregados.

Debido a que las fuerzas que unen las partículas elementales en los agregados son muy débiles, la estructura puede variar con mucha facilidad. Una estructura generalmente puede llegar a ser mejorada o degradada, para su mejoramiento se debe dar ciertas prácticas culturales y una buena ordenación de los cultivos.

La degradación de la estructura es causada debido a labores excesivas o inadecuadas, poco contenido de materia orgánica, compactación con maquinaria agrícola pesada, los golpes producidos por las gotas de lluvia, etc. Si el contenido de calcio es alto, mejor será su estabilidad, mientras que si posee un contenido alto de sodio este producirá un mayor deterioro (Fuentes, 1999).

1.3.3. Porosidad

Se entiende por porosidad a la fracción de volumen de suelo no ocupado por materia sólida, la misma es condicionada por su textura y estructura (Fuentes, 1999).

La porosidad se refiere a la cantidad de espacios vacíos que existen entre las partículas, por lo general esta cantidad suele ser expresada en porcentaje.

Cuando el suelo está seco, principalmente su porosidad se encuentra definida por la cantidad de aire o vapor de agua que se encuentran en los poros, mientras que luego de una lluvia o riego intenso los poros se llenaran de agua (Carrazón, 2007).

Densidad aparente (Peso específico aparente): Se refiere a la densidad total de un suelo, incluyendo el volumen ocupado por los poros. Se puede determinar dividiendo el peso de suelo seco entre el volumen total (Fuentes, 1999).

En riego es muy importante conocer su valor, ya que este caracteriza la capacidad de almacenaje de agua que posee un suelo. Su valor no es inalterable, sino que puede variar según los cambios que se produzcan en el suelo respecto al volumen de poros (Carrazón, 2007).

1.3.4. Contenido de agua en el suelo

Es la cantidad de agua que se encuentra en los poros del suelo, y su disponibilidad para el uso de las plantas; también permite saber cuándo regar y en que magnitud (Carrazón, 2007).

1.3.4.1. Niveles de humedad del suelo

Saturación: se da cuando todos los poros se encuentran llenos de agua, esto se produce luego de una lluvia o un riego abundante. En este caso el contenido de humedad es el máximo posible, en condiciones de saturación los cultivos no pueden sobrevivir más de entre dos y cinco días, siendo el arroz la única excepción. Una vez que se termine la lluvia o el riego, el suelo empezara a drenar por gravedad el agua en exceso (Carrazón, 2007).

Capacidad de campo (CC): es el contenido de humedad del suelo luego de que el drenaje ha terminado. En este estado los poros contienen tanto aire como agua e incluso algunos poros se encuentran totalmente llenos de agua, se dice que este estado es el más favorable para el desarrollo de los cultivos (Carrazón, 2007).

Punto de marchitez permanente (PMP): es el punto en el que las plantas ya no pueden extraer el agua del suelo para cubrir sus necesidades a pesar de que el suelo aun posea una cierta cantidad de humedad. La pérdida progresiva de agua se da debido a la evaporación en el suelo y la extracción por parte de las raíces, si el suelo no recibe nuevos aportes de agua los cultivos empezarán a marchitarse y morirán.

1.3.5. Infiltración

Hace referencia al proceso mediante el cual el agua penetra en el suelo, y tasa de infiltración a la rapidez a la cual el agua se infiltra. La tasa de infiltración es una característica muy importante para el diseño, operación y evaluación de sistemas de riego, depende de los siguientes factores: el contenido en humedad del suelo, textura del suelo y la estructura del suelo (Carrazón, 2007).

1.4. Clima

El cantón Nabón cuenta con un clima ordinariamente templado y frío, dependiendo mucho de las estaciones del año. Nabón posee una gran cantidad significativa de lluvia en todo el año incluyendo los meses más secos.

Como se puede observar en la Figura 1.5., las isotermas predominantes presentan temperaturas entre 8 y 10°C en el centro cantonal y sus alrededores, seguidas de temperaturas entre 10 y 12°C, como se puede apreciar las temperaturas anuales en el

cantón son bajas, sin embargo, debido al clima cálido seco en el área aledaña al cantón Santa Isabel se pueden apreciar temperaturas de entre 20 y 22°C (GAD del cantón Nabón, 2014).

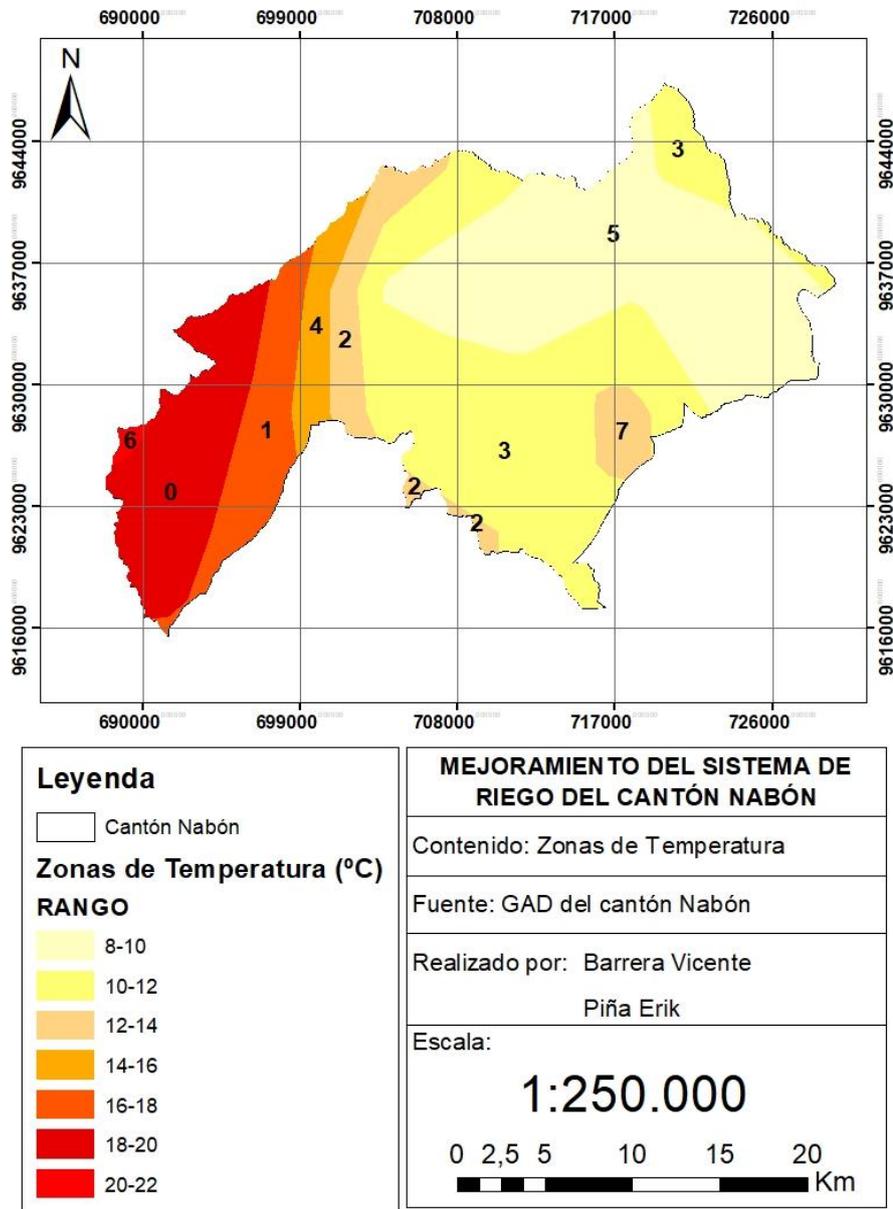


Figura 1.5.: Zonas de temperatura. Fuente: GAD de Nabón.

Las precipitaciones medias anuales en el cantón Nabón están entre 250 mm a 1250 mm, como se observa en la Figura 1.6., se puede considerar al cantón como una zona seca en la mayor parte de su territorio, ya que se presentan precipitaciones de apenas 500 mm-anuales o menos. Sin embargo, existen zonas de páramo y bosque en las que si llueve mucho más y se puede alcanzar los 1250 mm anuales.

Las principales fuentes hídricas de abastecimiento de agua de la población son superficiales y se encuentran en la zona de bosque protector (GAD del cantón Nabón, 2014).

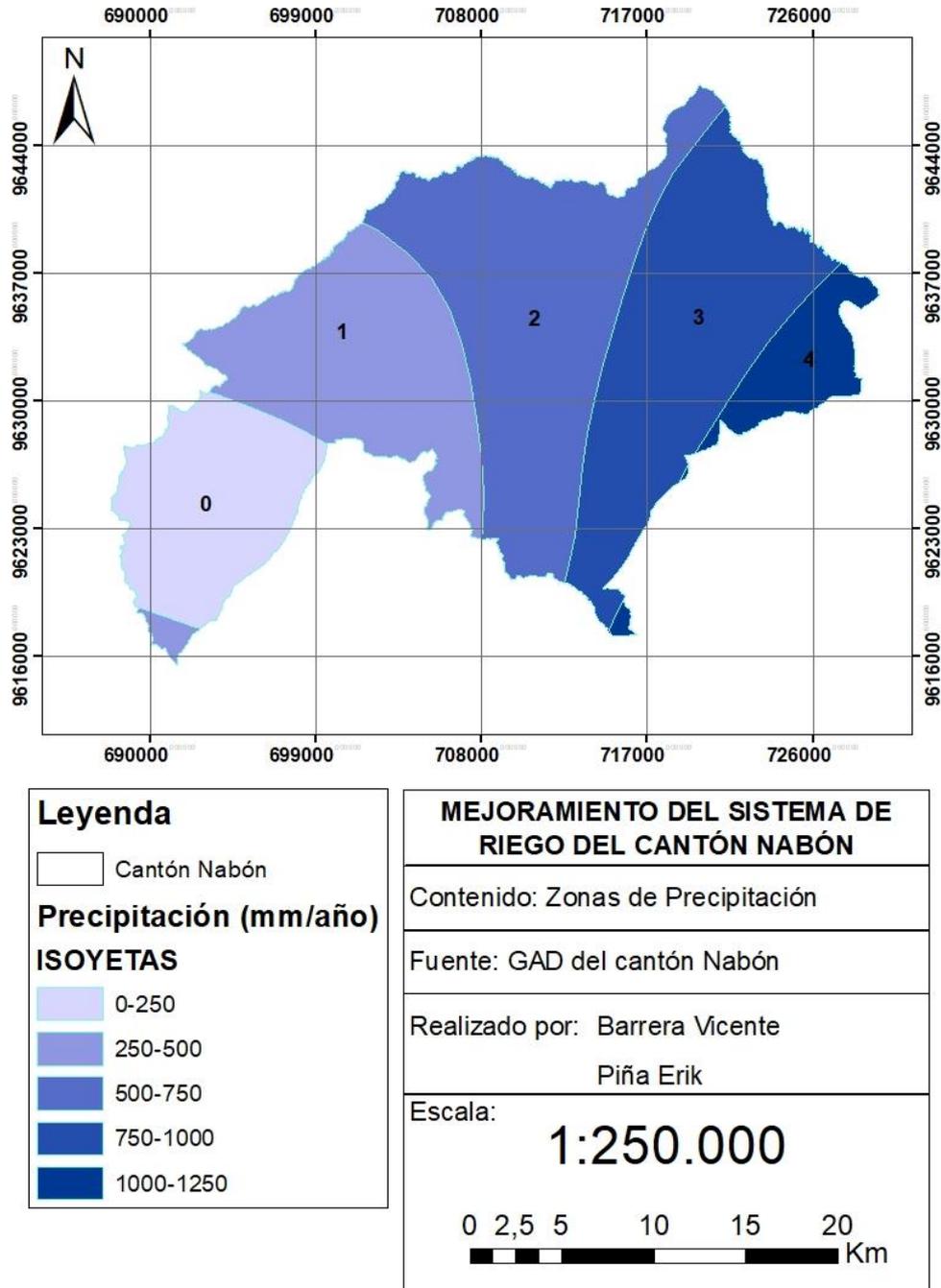


Figura 1.6.: Zonas de precipitación. Fuente: GAD de Nabón.

1.1 Topografía

El cantón Nabón al formar parte de la sierra ecuatoriana se encuentra en una zona de montaña, cuyo relieve corresponde fundamentalmente a áreas de cordilleras y serranía.

Como se puede observar en la Tabla 1.3., en el cantón predominan los rangos de pendientes comprendidos entre el 25% a 50%, abarcando el 35.20% del total del territorio, estos porcentajes corresponden a la descripción de pendientes escarpadas. Únicamente el 20.76% del territorio cantonal se divide entre planicies (7.41%) y pendientes onduladas (13.35%). Generalmente estos suelos no contienen piedras y se pueden realizar todo tipo de actividades agrícolas, además es donde se encuentran la mayoría de los centros poblados del cantón.

Rangos	Área (Ha)	Porcentaje (%)	Descripción
0-5	4689	7.41	Planicie
5-12	8440.11	13.35	Ondulado
12-25	21867.39	34.58	Inclinado
25-50	22260.15	35.20	Escarpado
50-70	4869.81	7.70	Muy Escarpado
>70	1116.63	1.77	Precipicio

Tabla 1.3.: Tipo de topografía por áreas, del cantón Nabón.

En la Figura 1.7 se muestra la distribución de las pendientes del cantón, a partir de lo descrito se concluye que Nabón posee un relieve abrupto y accidentado propio de la cordillera de los Andes con pendientes fuertes.

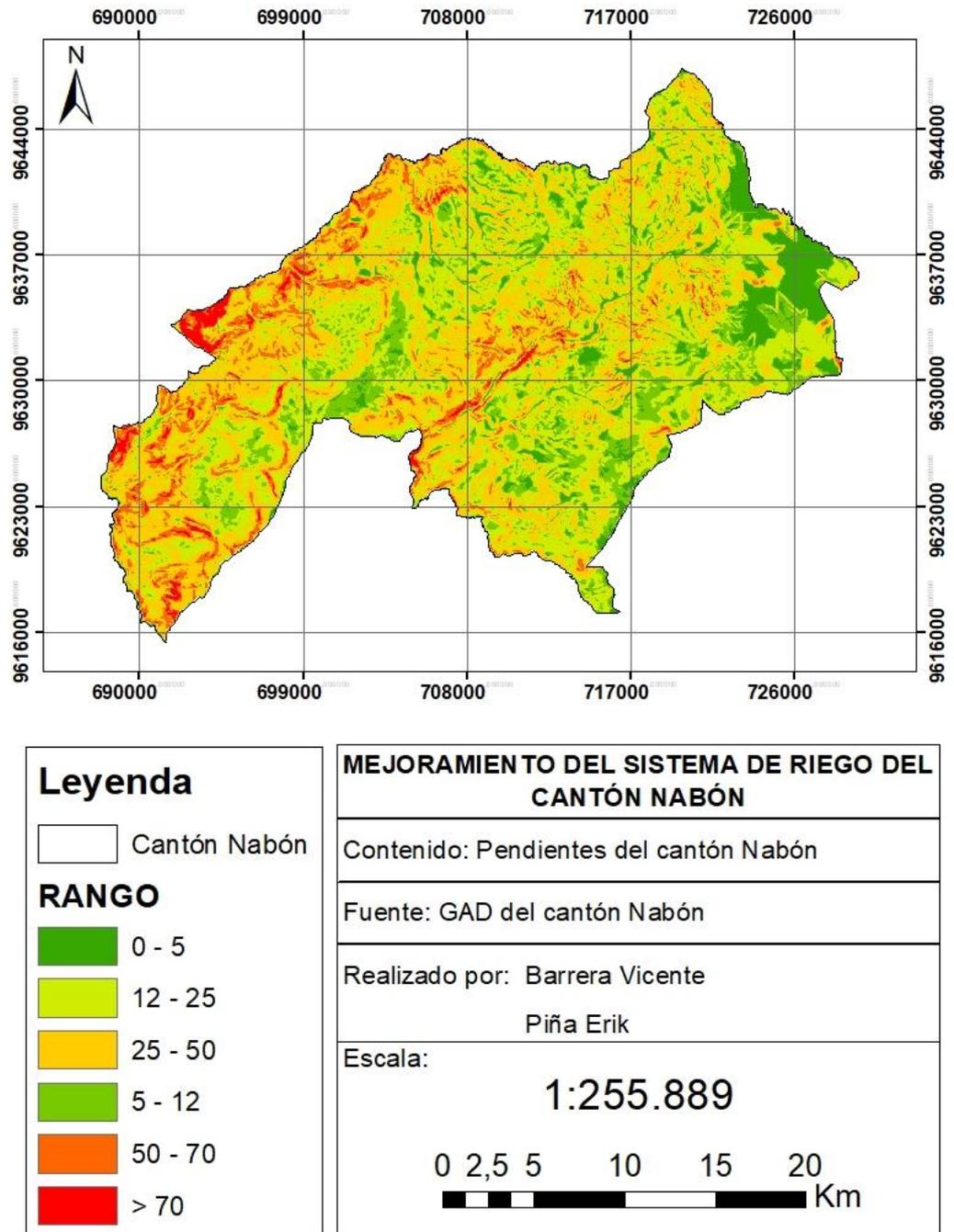


Figura 1.7.: Pendientes del cantón Nabón. Fuente: GAD de Nabón.

2. CAPÍTULO II: CRITERIOS DE DISEÑO

2.1 Diseño agronómico

Se ha usado un diseño agronómico para determinar la cantidad de agua requerida para brindar el servicio a los habitantes de la comunidad. De acuerdo a las áreas de los predios y el tipo de cultivo cada usuario requiere una diferente dotación, además está también difiere dependiendo de la época del año, es por esto que para simplificar el diseño y cálculo se determinará la dotación para la época más seca y el cultivo que más agua requiera, que como se verá más adelante además cada cultivo pasa por diferentes etapas de crecimiento con distintos requerimientos hídricos, la dotación requerida por cada cultivo será llamada necesidad hídrica.

La necesidad hídrica se calcula siguiendo los siguientes pasos:

- 1) Determinar la cantidad de lluvia que caerá sobre los cultivos en cada mes del año, se la llamará precipitación probable más adelante.
- 2) Determinar la temperatura promedio mensual de la zona.
- 3) Determinar la cantidad de horas de sol al día.
- 4) Determinar las características propias de cada uno de los cultivos en estudio.
- 5) Con la información recolectada hasta ahora se procede a calcular la evapotranspiración de los cultivos.
- 6) La necesidad bruta de cada cultivo y para cada época del año es igual a la diferencia de la precipitación diaria y la necesidad de agua diaria de cada cultivo, en algunos casos la precipitación natural cubre la mencionada necesidad, pero otros como se verá más adelante es necesario mediante riego aportar más agua a los cultivos. Hay que recordar que este análisis se realiza para cada cultivo, en cada etapa de su desarrollo y en cada mes del año.
- 7) La necesidad hídrica viene dada en milímetros por lo que para encontrar el caudal de diseño se multiplica esta altura requerida por el área que se regará en ese día de la semana.

Para realizar los pasos descritos se requiere el uso de ecuaciones y expresiones matemáticas obtenidas anteriormente en investigaciones anteriores. Estas formulaciones serán mostradas y descritas a continuación.

Este proceso se fundamenta en el Manual Práctico para el Diseño de Sistemas de Minirriego de Julián Carrazón Alocén, Ingeniero Agrónomo e investigador del Programa Especial para la Seguridad Alimentaria (PESA).

2.1.1. Precipitaciones

La precipitación se da por la saturación de las nubes que causa un incremento en el tamaño de las gotas de agua las mismas que por acción de la gravedad se precipitan hacia la superficie terrestre, además de la común precipitación del agua en estado líquido llamada lluvia existe las granizadas y nevadas. Los instrumentos de medición usados son los pluviómetros o pluviógrafos.

Para esto se necesita los datos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, el mismo que se encarga de recolectar la información de las estaciones meteorológicas ubicadas sobre toda la superficie del Ecuador, para este diseño se requiere la información de la estación llamada Nabón M420, la misma que se ubica en las coordenadas geográficas, latitud: 3°25'0", longitud: 79°05'00", comuna altitud de 2711 metros sobre el nivel del mar.

2.1.1.1. Precipitación probable

De acuerdo a Carrazón Alocén (2007) en climas variables de estaciones no definidas como el caso de estudio no se recomienda trabajar con datos de precipitación promedio, sino que con datos de precipitación probable, no se trabaja en todos los casos con el mismo porcentaje de probabilidad pues este varía de acuerdo al valor económico de cada cultivo, como se muestra en la tabla 2.1 Se debe indicar además que para este estudio se diseñará con la probabilidad que corresponda a la mayoría de los predios.

Tabla 2.1.: Valor económico de cultivos con sus diferentes probabilidades de ocurrencia.

Valor económico	Probabilidad
Alto	90%
Autoconsumo y renta para el mercado	75%
Poco	60%

Fuente: (Carrazón Alocén, 2007)

Se determina mediante la ecuación 2.1.:

$$P_{pm} = \frac{\sum P_{anual}}{12} \times Ip \quad (\text{ecuación 2.1.})$$

Donde:

P_{pm} : Precipitación probable mensual. (mm)

Ip : Índice de precipitación. Depende de la probabilidad con la que se vaya a trabajar se tienen 3 casos: primero cuando se tiene una serie de datos completos para el cual se usa la ecuación 2.2.y ecuación 2.3., no sin antes ordenar los datos de menor a mayor; segunda en caso de que ya se tengan los valores de precipitación probable del instituto de Meteorología e Hidrología; y tercera cuando no se tiene ningún dato y se usan valores teóricos.

P_{anual} : Precipitación anual en cada año analizado. (mm)

$$Ip = \frac{P_{anual}}{\frac{\sum P_{anual}}{12}} \quad (\text{ecuación 2.2.})$$

Donde:

Ip : Índice de precipitación

P_{anual} : Precipitación anual en cada año analizado (mm)

$$Pr = \frac{2m - 1}{2N} \times 100 \quad (\text{ecuación 2.3.})$$

Donde:

Pr : Probabilidad de ocurrencia. (mm)

m : Número de orden de cada valor de la precipitación anual.

N : Cantidad de años de la serie de datos.

El índice se obtiene mediante una interpolación para la probabilidad requerida.

2.1.1.1. Precipitación efectiva

Es usada para satisfacer las necesidades de agua de un cultivo ya que en esta no se incluye la escorrentía, la evaporación ni la infiltración profunda, por lo tanto, es una fracción de la precipitación anual.

Siguiendo el procedimiento detallado en el Manual de Minirriego (Carrazón Alocén, 2007), se determina la precipitación efectiva, mediante la Ecuación 2.4.

$$P_{eff} = (125 - 0.2 \times P_{pt}) \times \frac{P_{pt}}{125} \quad (\text{ecuación 2.4.})$$

Donde:

P_{pm} : Precipitación probable mensual. (mm)

P_{eff} : Precipitación efectiva. (mm)

2.1.2. Evapotranspiración

Nace de la combinación de dos fenómenos:

Evaporación: pérdida de humedad producida por el aumento de temperatura.

Transpiración: Pérdida de humedad por reacciones fisiológicas de la vegetación.

Por lo tanto, la evapotranspiración indica la pérdida de agua en un área de vegetación.

2.1.2.1. Evapotranspiración potencial (ETP)

Es un parámetro fundamental para diseñar un sistema de riego su cálculo se fundamenta en la ecuación 2.5. la misma que nace del análisis empírico de Thornthwaite (Thornthwaite, 1948) y expresa la capacidad de la atmósfera para quitar agua a un cultivo.

$$e = 16 \left(\frac{10 \times t_m}{I_{anual}} \right)^a \quad (\text{ecuación 2.5.})$$

Donde:

e : Evapotranspiración mensual sin ajustar. (mm/mes)

t_m : Temperatura media mensual. (°C)

I_{anual} : Índice de calor anual. Ecuación 2.6.

a : Coeficiente determinado mediante la Ecuación 2.7.

$$I_{anual} = \sum_{i=1}^{12} I_{mensual_i} \quad (\text{ecuación 2.6.})$$

$$a = 0.000000675I_{anual}^3 - 0.0000771I_{anual}^2 + 0.01792I_{anual} + 0.49239 \quad (\text{ecuación 2.7.})$$

Donde:

$I_{mensual_i}$: Índice de calor mensual. Ecuación 2.8.

$$I_{mensual} = \left(\frac{t_m}{5}\right)^{1.514} \quad (\text{ecuación 2.8.})$$

El resultado de la ecuación 2.5 expresa un valor normalizado y debe ser ajustado para representar la cantidad de horas de sol en nuestra zona de estudio, para esto se emplea la ecuación 2.9.

$$Etc = L \times e \quad (\text{ecuación 2.9.})$$

Donde:

Etc : Evapotranspiración mensual corregida. (mm/día)

L : Factor de corrección de acuerdo con el número de días del mes. Ecuación 2.10.

e : evapotranspiración mensual sin ajustar. (mm/día)

$$L = \frac{Nd}{30} \times \frac{N}{12} \quad (\text{ecuación 2.10.})$$

Donde:

Nd : Número de días del mes, de Tabla 2.2.

N : Número de horas de sol al día. Ecuación 2.11 basándose en valores de tabla 2.2 correspondiente a las horas de sol en el quinceavo día de cada mes y en cada latitud del hemisferio sur.

Tabla 2.2.: Días de cada mes del año.

MES	Nd (días)
ENE	31

FEB	28
MAR	31
ABR	30
MAY	31
JUN	30
JUL	31
AGO	31
SEP	30
OCT	31
NOV	30
DIC	31

Tabla 2.2.: Insolación máxima diaria para diferentes latitudes al día 15vo del mes.

Lat. grad.	Hemisferio Sur											
	Ene.	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
70	24.0	17.4	13.0	8.4	2.7	0.0	0.0	6.4	11.2	15.7	21.7	24.0
68	21.9	16.7	12.9	8.7	4.3	0.0	1.7	7.0	11.3	15.3	19.9	24.0
66	20.1	16.2	12.8	9.1	5.3	2.0	3.7	7.6	11.3	15.0	18.8	22.1
64	19.0	15.8	12.8	9.3	6.1	3.7	4.8	8.0	11.4	14.7	18.0	20.3
62	18.3	15.5	12.7	9.6	6.7	4.8	5.6	8.3	11.4	14.5	17.4	19.2
60	17.6	15.2	12.6	9.8	7.2	5.6	6.3	8.7	11.5	14.3	16.9	18.4
58	17.1	14.9	12.6	9.9	7.6	6.2	6.8	8.9	11.5	14.1	16.5	17.8
56	16.7	14.7	12.5	10.1	8.0	6.7	7.2	9.2	11.6	13.9	16.1	17.3
54	16.3	14.5	12.5	10.2	8.3	7.2	7.6	9.4	11.6	13.8	15.8	16.9

Barrera Torres, Piña Portoviejo 24

52	16.0	14.3	12.5	10.4	8.6	7.5	8.0	9.6	11.6	13.7	15.5	16.5
50	15.7	14.2	12.4	10.5	8.8	7.9	8.3	9.7	11.7	13.6	15.3	16.1
48	15.4	14.0	12.4	10.6	9.0	8.2	8.5	9.9	11.7	13.4	15.0	15.8
46	15.2	13.9	12.4	10.7	9.2	8.5	8.8	10.0	11.7	13.3	14.8	15.5
44	14.9	13.7	12.4	10.8	9.4	8.7	9.0	10.2	11.7	13.3	14.6	15.3
42	14.7	13.6	12.3	10.8	9.6	9.0	9.2	10.3	11.7	13.2	14.4	15.0
40	14.5	13.5	12.3	10.9	9.8	9.2	9.4	10.4	11.8	13.1	14.3	14.8
38	14.4	13.4	12.3	11.0	9.9	9.4	9.6	10.5	11.8	13.0	14.1	14.6
36	14.2	13.3	12.3	11.1	10.1	9.6	9.8	10.6	11.8	12.9	13.9	14.4
34	14.0	13.2	12.2	11.1	10.2	9.7	9.9	10.7	11.8	12.9	13.8	14.3
32	13.9	13.1	12.2	11.2	10.4	9.9	10.1	10.8	11.8	12.8	13.7	14.1
30	13.7	13.0	12.2	11.3	10.5	10.1	10.2	10.9	11.8	12.7	13.5	13.9
28	13.6	13.0	12.2	11.3	10.6	10.2	10.4	11.0	11.8	12.7	13.4	13.8
26	13.5	12.9	12.2	11.4	10.7	10.4	10.5	11.1	11.9	12.6	13.3	13.6
24	13.3	12.8	12.2	11.4	10.8	10.5	10.7	11.2	11.9	12.6	13.2	13.5
22	13.2	12.7	12.1	11.5	10.9	10.7	10.8	11.2	11.9	12.5	13.1	13.3
20	13.1	12.7	12.1	11.5	11.1	10.8	10.9	11.3	11.9	12.5	13.0	13.2
18	13.0	12.6	12.1	11.6	11.2	10.9	11.0	11.4	11.9	12.4	12.9	13.1
16	12.9	12.5	12.1	11.6	11.3	11.1	11.1	11.5	11.9	12.4	12.8	12.9
14	12.7	12.4	12.1	11.7	11.4	11.2	11.2	11.5	11.9	12.3	12.7	12.8
12	12.6	12.4	12.1	11.7	11.4	11.3	11.4	11.6	11.9	12.3	12.6	12.7
10	12.5	12.3	12.1	11.8	11.5	11.4	11.5	11.7	11.9	12.2	12.5	12.6
8	12.4	12.3	12.1	11.8	11.6	11.5	11.6	11.7	12.0	12.2	12.4	12.5

6	12.3	12.2	12.0	11.9	11.7	11.7	11.7	11.8	12.0	12.1	12.3	12.3
4	12.2	12.1	12.0	11.9	11.8	11.8	11.8	11.9	12.0	12.1	12.2	12.2
2	12.1	12.1	12.0	12.0	11.9	11.9	11.9	11.9	12.0	12.0	12.1	12.1
0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0

Fuente: (Thornthwaite, 1948).

$$N = N_{may} - \left[(N_{may} - N_{men}) \times \frac{L_{may} - L}{L_{may} - L_{men}} \right] \quad (\text{ecuación 2.11.})$$

Donde:

N_{may} : Insolación máxima diaria en la latitud mayor a la analizada. De tabla 2.2.

N_{men} : Insolación máxima diaria en la latitud menor a la analizada. De tabla 2.2.

L_{may} : Latitud entera mayor a la analizada.

L_{men} : Latitud entera menor a la analizada.

L : Latitud analizada.

2.1.2.2. Evapotranspiración de cultivo (ETc)

Cuando un determinado cultivo se desarrolla en condiciones óptimas de riego y nutrientes tiene una evapotranspiración propia del mismo que se refleja en el valor del coeficiente de cultivo de este, con este valor se puede determinar la evapotranspiración del cultivo usando la ecuación 2.12.

$$Etc = Eto \times k_c \quad (\text{ecuación 2.12.})$$

Donde:

Etc : Evapotranspiración de cultivo por mes. (mm/mes)

Eto : Evapotranspiración de referencia. (mm/mes)

k_c : Coeficiente de cultivo por etapa.

2.1.2.2.1. Coeficiente de cultivo

Cada cultivo tiene tres coeficientes de cultivo para sus diferentes etapas de crecimiento:

Coeficiente inicial: el mismo que es constante en la etapa inicial.

Coeficiente medio: el mismo que es constante en la etapa media.

Coeficiente final: es el coeficiente en el último instante de vida de un cultivo.

Estos valores varían entre cada cultivo debido a las diferencias físicas, biológicas y fisiológicas de los mismos.

2.1.2.2.2. Curva de coeficiente de cultivo

Con los coeficientes mencionados en la sección anterior se crea la curva de cada cultivo de acuerdo con lo indicado en la figura 2.1.

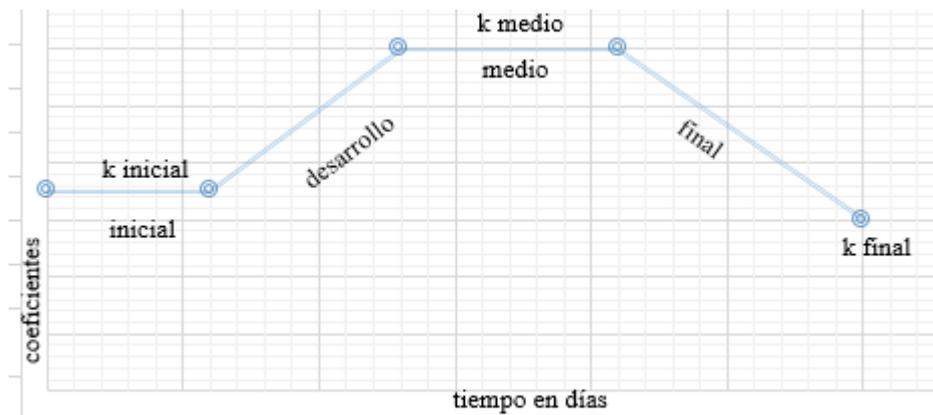


Figura 2.1.: Modelo de curva de cultivo.

2.1.3. Necesidades netas de riego

Es la cantidad de agua que requiere una planta para crecer y varía de acuerdo con cada una de sus etapas, este factor es fundamental para definir la cantidad de riego que se aplicará en los predios, se define con la ecuación 2.13.

$$N_n = ET_C - P_{eff} \quad (\text{ecuación 2.13.})$$

N_n : Necesidades netas de riego (mm/mes)

P_{eff} : Precipitación efectiva. (mm)

Etc : Evapotranspiración de cultivo. (mm/día)

2.1.4. Parámetros de riego

2.1.4.1. Agua utilizable por los cultivos

Un exceso de agua también es perjudicial en los cultivos ya que puede producir síntomas de marchitez total o parcial, es por ello que se determina este parámetro en función de la capacidad del suelo para retener agua, mediante la ecuación 2.14.

$$AU = 10(CC - PMP) \times d_a \times p_r \quad (\text{ecuación 2.14.})$$

Donde:

AU : Agua utilizable. (mm)

CC : Capacidad de campo. (% Θ_g)

PMP : Punto de marchitez permanente. (% Θ_g)

d_a : Densidad aparente (g/cm^3)

p_r : Profundidad radicular efectiva de los cultivos. (m)

2.1.4.2. Dosis neta de riego

Debido a la falta de agua en el suelo las plantas presentan un déficit permisible de manejo, es decir una incapacidad para succionar agua del suelo mediante sus raíces, es por esto que este parámetro debe ser definido y para ello se usa la ecuación 2.15.

$$D_n = \frac{DPM \times AU}{100} \quad (\text{ecuación 2.15.})$$

Donde:

D_n : Dosis neta de riego. (mm)

DPM : Deficit permisible de manejo. (%)

AU : Agua utilizable por cultivo. (mm)

2.1.4.3. Intervalo máximo entre riegos

Representa el tiempo máximo entre dos riegos consecutivos, se calcula con la ecuación 2.16.

$$I_M = \frac{D_n}{N_n} \quad (\text{ecuación 2.16.})$$

Donde:

I_M : Intervalo máximo entre riegos consecutivos. (días)

D_n : Dosis neta de riego (mm)

N_n : Necesidades netas de riego. (mm/día)

2.1.4.4. Dosis neta ajustada

Después de definir el intervalo máximo entre riegos se calcula otra vez la dosis neta usando la ecuación 2.17. este valor se llama dosis neta ajustada.

$$D_{naj} = I \times N_n \quad (\text{ecuación 2.17.})$$

Donde:

D_{naj} : Dosis neta ajustada. (mm)

I : Intervalo entre riegos. (días)

N_n : Necesidades netas de riego. (mm/día)

2.1.4.5. Dosis bruta de riego

Para este cálculo se introduce el concepto de eficiencia del sistema de riego, es decir, se supone que en la realidad los cultivos no aprovecharan el cien por ciento del agua que se les aplique, es por ello que se mayor la dosis neta con un coeficiente que va desde 75-80% en sistemas de aspersión, aplicando la ecuación 2.18.

$$D_b = \frac{100 \times D_{naj}}{E_a} \quad (\text{ecuación 2.18.})$$

Donde:

D_b : Dosis bruta de riego. (mm)

D_{naj} : Dosis neta ajustada. (mm)

E_a : Eficiencia del sistema de aplicación. (%)

2.1.4.6. Tiempo mínimo de aplicación

Se calcula con la ecuación 2.19 se refiere al tiempo mínimo que debe funcionar un sistema de riego en base a la pendiente del terreno y la tasa de infiltración propia del suelo.

$$t_{a \min} = \frac{100 \times D_b}{I_b \times f_p} \quad (\text{ecuación 2.19.})$$

Donde:

$t_{a\ min}$: Tiempo mínimo de aplicación. (h)

D_b : Dosis bruta de riego. (mm)

I_b : Tasa de infiltración básica del suelo. (mm/h)

f_p : Factor de reducción por pendiente. (%) Se usan los valores de reducción mostrados en la tabla 2.3.

Tabla 2.3.: Valores de reducción por pendiente de terreno.

Pendiente	Fp
0-8%	100%
9-20%	80%
20-100%	60%

Fuente: (Carrazón Alocén, 2007)

2.1.4.7. Necesidades brutas de riego

Se sabe que la precipitación brindara a los cultivos de cierta cantidad de agua, es por ello que las necesidades brutas de riego hacen referencia al volumen adicional que debe brindarse a los cultivos mediante el sistema de riego, se determina con la ecuación 2.20.

$$N_b = \frac{100 \times N_n}{E_a} \quad (\text{ecuación 2.20.})$$

Donde:

N_b : Necesidades brutas de riego. (mm/día)

N_n : Necesidades netas de riego. (mm/día)

E_a : Eficiencia del sistema de aplicación. (%)

2.1.5. Caudal necesario

Es la cantidad de agua por segundo que se debe aplicar a los cultivos, se define con la ecuación 2.20.

$$Q_m = \frac{N_b \times S}{3600 \times t_{os}} \quad (\text{ecuación 2.20.})$$

Donde:

Q_m : Caudal mínimo. (l/s)

N_b : Necesidades brutas de riego. (mm/día)

S : Superficie regable. (m²)

t_{os} : Tiempo de operación del sistema. (h)

2.1.6. Riego por aspersión

Brinda agua a los cultivos de manera suavizada evitando la erosión de los mismos. Es similar a la lluvia natural y uno de los métodos más comunes. Como se puede ver en la figura 2.2 los aspersores son colocados en el medio de un cultivo a regar ya que su alcance es circular, es decir cubre un radio a la redonda del mismo, cada marca y cada aspersor brinda distintos alcances dependiendo de la presión con la que opera.



Figura 2.2.: Aspersor automático.

Fuente: (Plastigama, 2015)

2.1.6.1. Componentes de un sistema

Los componentes para la instalación de los aspersores serán:

- Tuberías principales: llevan el agua desde la conducción.
- Tuberías secundarias: distribuyen el agua dentro de los predios.
- Aspersores: estructuras automáticas que crean una lluvia artificial distribuyendo el agua en los cultivos.
- Válvulas: pueden ser de purga, de aire y de paso, tienen distintas funciones.

- Accesorios de tuberías: para construir adecuadamente la red de distribución se requieren ciertos accesorios como codos para cambios de dirección y tees para derivaciones.

2.1.6.2. Clasificación de los sistemas de aspersión

De acuerdo con la movilidad de sus componentes se clasifican en:

Estacionarios:

- Móviles
- Semifijos
- Fijos

Desplazamiento continuo:

- Alas desplazables
- Aspersor gigante

2.1.2.3. Selección del aspersor

Algunos de los factores que influyen al momento de elegir un aspersor son:

- Tiempo de aplicación
- Superficie regada por postura
- Presión requerida
- Caudal requerido
- Calidad

Se sigue el procedimiento:

- a. Selección de marcas: de acuerdo con lo disponible en el mercado.
- b. Definir la presión en la red: de acuerdo con los resultados del cálculo de la red.
- c. Verificación del número de aspersores: los mismos que al ser accionados simultáneamente no deben requerir mayor caudal del requerido. Para definir un número de aspersores que cumpla con esta se usa la ecuación 2.21.

$$n_{asp} = \frac{Q}{q_{asp}} \quad (\text{ecuación 2.21.})$$

Donde:

n_{asp} : Cantidad de aspersores.

Q : Caudal disponible. (l/s)

q_{asp} : Caudal de funcionamiento de aspersor. (l/s)

- d. Déficit: No se debe perder más del 5% del flujo disponible, se verifica este enunciado mediante la ecuación 2.22.

$$déficit (\%) = \frac{n_{asp} \times q_{asp} - Q}{Q} \quad (\text{ecuación 2.22.})$$

Donde:

n_{asp} : Cantidad de aspersores.

Q : Caudal disponible. (l/s)

q_{asp} : Caudal de funcionamiento de aspersor. (l/s)

- e. Separación de aspersores: Mediante la ecuación 2.23., se define a la vez que se asegura que los mismos se traslapen.

$$s \leq 0.6 \times D_h \quad (\text{ecuación 2.23.})$$

Donde:

s : Separación entre aspersores. (m)

D_h : Diámetro húmedo de los aspersores. (m)

- f. Pluviometría: Se usa la ecuación 2.24., mediante la cual se define la cantidad de agua aportada por cada aspersor.

$$Pluv_{asp} = \frac{q_{asp} \times 3600}{s^2} \quad (\text{ecuación 2.24.})$$

Donde:

$Pluv_{asp}$: Pluviometría del aspersor. (mm/h)

q_{asp} : Caudal de funcionamiento del aspersor. (l/s)

s : Separación entre aspersores. (m)

La pluviometría máxima se define con la ecuación 2.25.

$$Pluv_{max} = I_b \times \frac{f_p}{100} \quad (\text{ecuación 2.25.})$$

Donde:

$Pluv_{max}$: Pluviometría máxima. (mm/h)

I_b : Infiltración básica. (mm/h)

f_p : Factor de reducción por pendiente. (%)

2.1.6.3.2. Tiempo de aplicación

Se define con la ecuación 2.26.

$$t_a = \frac{D_b}{Pluv_{asp}} \quad (\text{ecuación 2.26.})$$

Donde:

t_a : Tiempo de aplicación. (h)

D_b : Dosis bruta. (mm)

$Pluv_{asp}$: Pluviometría del aspersor. (mm/h)

2.1.6.3.3. Superficie regada por postura

Se define con la ecuación 2.27.

$$S_{post} = n_{asp} \times s^2 \quad (\text{ecuación 2.27.})$$

Donde:

S_{post} : Superficie regada por postura. (m²)

n_{asp} : Número de aspersores.

s : Separación entre aspersores. (m)

2.1.6.3.4. Número de posturas por día

Se define con la ecuación 2.28.

$$n_{post} = \frac{t_{os}}{t_a} \quad (\text{ecuación 2.28.})$$

Donde:

n_{post} : Número de posturas por día.

t_{os} : Tiempo de operación del sistema. (h)

t_a : Tiempo de aplicación. (h)

2.1.6.3.5. Superficie regada por día

Se define con la ecuación 2.29.

$$S_d = S_{post} \times n_{post} \quad (\text{ecuación 2.29.})$$

Donde:

S_d : Superficie regada por día. (m²)

S_{post} : Superficie regada por postura. (m²)

n_{post} : Número de posturas por día.

2.2. Diseño hidráulico

El fundamento teórico de esta etapa se basa en las teorías expuestas en el libro Mecánica de Fluidos de Robert L. Mott y Joseph A. Untener.

Para realizar el cálculo de la red que servirá para regar los cultivos de las comunidades mencionadas anteriormente se usarán los parámetros de diseño mostrados en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4.: Parámetros de diseño

Parámetro	Rango	Fuente
Velocidades	0.5 m/s-5.0m/s	(Alocén, 2007)
Pendientes	3/100-7/100	(Alocén, 2007)
Diámetros de tuberías	100-200mm	(Plastigama, 2015)
Periodo de diseño	50 años	

Fuente: (Alocén, 2007), (Plastigama, 2015)

2.2.1. Definiciones generales

2.2.2. Hidrostática

Se aplica en este diseño para los momentos en los que las válvulas de paso están cerradas.

Presión estática: fuerza que ejerce el fluido sobre las paredes de la tubería.

2.2.3. Hidrodinámica

Se aplica en este diseño en los momentos en que las válvulas se encuentran abiertas.

Presión dinámica: se expresa en metros de columna de agua y disminuye en función de las pérdidas del sistema.

2.2.4. Parámetros de la línea de conducción

2.2.4.1. Caudal

Cantidad de agua por unidad de tiempo, se fundamenta en los resultados del diseño agronómico.

2.2.4.2. Pérdidas de carga

Expresan la pérdida en presión a lo largo del recorrido del fluido por las tuberías, se pueden dar por dos motivos:

2.2.4.2.1. Pérdidas de carga singulares debido a estructuras

Se dan en los puntos de estructuras tales como pozos de revisión, accesorios para cambios de dirección o división de caudal.

Se puede despreciar si la longitud de la tubería es por lo menos mil veces mayor a su diámetro (Carrazón Alocén, 2007).

2.2.4.2.2. Pérdidas de carga por fricción

Se dan por la fricción entre las tuberías y el fluido.

Número de Reynolds

Mediante este se clasifican los fluidos entre turbulentos y laminares, Mediante un análisis experimental y empírico ha llegado a determinar la ecuación 2.30.

Turbulentos: aquellos cuyo número de Reynolds es mayor a 2000.

Laminares: aquellos cuyo número de Reynolds es menor a 2000.

(Mott & Untener, 2015)

$$R_e = \frac{4 \times Q}{\pi \times D \times \nu} \quad (\text{ecuación 2.30.})$$

Donde:

R_e : Número de Reynolds

Q : Caudal. (m³/s)

D : Diámetro interior. (m)

ν : viscosidad cinemática del agua. (A 20°C es igual a 1.01E-6 m²/s)

Fórmula de Darcy-Weisbach

Se utiliza para determinar la pérdida de energía producida por la fricción en tuberías rectilíneas y redondas (Mott & Untener, 2015), se determina mediante la ecuación 2.31.

$$h_L = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2 \times g} \quad (\text{ecuación 2.31.})$$

Donde:

h_L : Pérdida de carga por fricción (m.c.a.)

f : Factor de fricción, ecuación 2.32. para fluidos de régimen laminar, ecuación 2.33. para fluidos de régimen turbulento.

L : Longitud de la tubería. (m)

D : Diámetro de la tubería. (m)

v : Velocidad del flujo. (m/s)

g : aceleración de la gravedad. (m/s²)

$$f = \frac{64}{R_e} \quad (\text{ecuación 2.32.})$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \times \log \left(\frac{2.51}{R_e \times \sqrt{f}} + \frac{k}{3.71 \times D} \right) \quad (\text{ecuación 2.33.})$$

Donde:

f : Factor de fricción

R_e : Número de Reynolds

D : Diámetro interior. (mm)

k : Coeficiente de rugosidad de la tubería. (mm).

Estos coeficientes de rugosidad varían de acuerdo al material de la tubería de acuerdo a lo mostrado en la tabla 2.5.

Tabla 2.5.: Coeficiente de rugosidad Darcy-Weisbach en función del material y estado de la tubería.

Material y estado	k (mm)
Polietileno	0.002
PVC	0.02

Fuente: (Carrazón Alocén, 2007)

Fórmula de Hazen-Williams

Es una expresión empírica que sirve para determinar las pérdidas por fricción, se muestra en la ecuación 2.34.

$$h_f = 10.67 \frac{L \times Q^{1.85}}{C^{1.85} \times D^{4.87}} \quad (\text{ecuación 2.34.})$$

Donde:

h_f : Perdidas de carga por fricción. (m/m)

L : Longitud de la tubería. (m)

Q : Caudal. (m³/s)

D : Diámetro interior. (mm)

C : Coeficiente de Hazen-Williams, tabla 2.6.

Tabla 2.6.: Coeficientes de Hazen-Williams por material.

Material	Coficiente
PVC y PE	140

Fuente: (Mott & Untener, 2015)

2.2.4.3. Velocidad

Se determinan mediante la ecuación 2.35.

$$V = \frac{Rh^{2/3} \times S_o^{1/2}}{n} \quad (\text{ecuación 2.35.})$$

Donde:

V : Velocidad (m/s)

n : Coeficiente de rugosidad de Manning.

Rh : Radio hidráulico. Se determina mediante la Ecuación 2.36.

S : Relacion entre la pendiente de la tubería y la perdida de carga, ecuación 2.37.

$$Rh = \frac{A}{P} \quad (\text{ecuación 2.36.})$$

Donde:

A : Área transversal de la tubería.

P : Perímetro transversal húmedo de la tubería o que está en contacto con el fluido.

$$S = \frac{m}{hf} \quad (\text{ecuación 2.37.})$$

Donde:

m : Pendiente de la tubería.

hf : Pérdida de carga en la tubería.

En la tabla 2.6. se muestran los valores del coeficiente de Manning.

Tabla 2.6: Velocidades máximas permisibles y su correspondiente valor de coeficiente de Manning.

Tubería	Velocidad Máxima Permisible (m/s)	n

Polietileno de alta densidad	5	0.009
Policloruro de vinilo	5	0.009

Fuente: (Mott & Untener, 2015)

2.2.5. Estructuras complementarias, cámaras rompe-presión

Se utilizan para reducir a cero la presión en una tubería, las mencionadas presiones incrementan considerablemente debido a grandes diferencias de altura entre dos puntos de la conducción.

Se compone de:

- Cámara para válvula de entrada
- Cámara para válvula de salida
- Cámara húmeda
- Tubería de desborde

Para determinar la altura de la cámara húmeda se usa la ecuación 2.38.

$$H = 1.65 \frac{v^2}{2g} \quad (\text{ecuación 2.38.})$$

Donde:

H: Altura mínima. (m)

v : velocidad del flujo. (m/s)

g : aceleración de la gravedad. (m/s²)

A esta altura se le deben sumar 50 centímetros que representan la altura mínima libre más el resguardo a borde libre.

Para las cámaras secas y húmedas se recomienda una sección interna de 60 centímetros cuadrados.

2.2.6. Elementos especiales de instalación

2.2.6.1. Tubería

Acoplados en conjunto conforman la red mediante la cual se transportará el fluido desde el reservorio hasta cada uno de los puntos de aspersión, su sección transversal es circular y el diámetro depende de los resultados del diseño.

2.2.6.1.1. Tuberías de policloruro de vinilo (PVC)

Su componente principal es el PVC el mismo que debe ser estabilizado y lubricado para luego ser calentado a 140°C y moldeado mediante un sistema de extrusión, de esta manera se fabrican las tuberías, las mismas que dependiendo de su función y cantidad de presión resistida pueden tener espesores que van desde 1 milímetro hasta los 37.5 milímetros. En la tabla 2.7 se muestran los espesores específicos para los diámetros empleados en este diseño.

Tabla 2.7.: Espesores de paredes de tuberías de PVC en función de su presión nominal y diámetro.

Dn (mm)	Espesor en mm para las siguientes presiones nominales en kg/cm ² .				
	4	6	10	16	25
160	3.2	4.7	7.7	11.9	-
200	4.0	5.9	9.6	14.8	-

Fuente: (Plastigama, 2015)

2.2.6.1.3. Tuberías de polietileno (PE)

2.2.6.2. Válvulas

Para complementar el diseño de la red y con la finalidad de controlar algunas de sus características se describen las válvulas que se implementaran.

2.2.6.2.1. Válvulas de cierre

Permiten o impiden el paso de agua hacia los diferentes ramales de la red, su diámetro debe ser igual al de la tubería en la que se ubica, mediante su uso se permite activar el riego de las diferentes zonas y en los diferentes horarios.

Válvulas de globo: El paso de agua se controla mediante un disco o tapón, están diseñadas para que cuando el flujo pase se produzca un cambio de dirección.

Válvulas de bola: El paso de agua se controla mediante una esfera perforada, son de plástico y por lo tanto resistentes a químicos y fertilizantes usados en cultivos.

Válvula de mariposa: El paso de agua se controla mediante un disco central el mismo que puede girar de cero a noventa grados por lo tanto pueden ser usadas como reguladoras de caudal.

Válvulas de compuerta: El paso de agua se controla mediante un disco vertical de cara plano que puede ser girado cero o noventa grados.

2.2.6.2.2. Válvulas de aire

El aire suele acumularse en las partes más altas de las redes de tuberías por lo que estas válvulas se instalan para permitir la expulsión de aire y regular la correcta circulación del agua evitando turbulencias y pérdidas.

2.2.6.2.3. Válvulas de purga

Los lodos suelen acumularse en las zonas más bajas de la tubería alterando la calidad del agua y su correcto funcionamiento es por esto que se instalan estas válvulas para realizar limpieza y expulsión periódica de los lodos acumulados.

2.2.3.2.4. Válvula de control

Sirven para permitir o evitar el paso de agua de acuerdo a la presión hidráulica y a través de un pistón, su abertura es regulable y se clasifica en:

Por su función:

- apertura y cierre
- reductoras de presión
- sostenedoras de presión
- limitadora de caudal
- antirrotura

Por su operación:

- manual
- hidráulico

- eléctrico

2.2.6.3. Accesorios

Se llama así a un grupo de piezas diseñadas para unir, derivar y/o controlar el paso de agua a través de las tuberías de un sistema.

Accesorios de fijación.

Se usan en las redes de PVC y son de este mismo material. Se unen mediante pegamentos especiales proporcionados por el fabricante. En la figura 2.3 se observan.



Figura 2.3.: Accesorios para red de PVC.

Fuente: (FUCASA FUNDICIÓN CENTROAMERICANA S.A., 2018)

3. CAPÍTULO III: DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO POR TUBERÍAS A PRESIÓN PARA LAS COMUNIDADES DE LA CRUZ, MEMBRILLO, PATADEL, TRANCA PATA Y SALACOTA.

3.1. Diseño agronómico

3.1.1. Estudios preliminares

3.1.1.1. Delimitación del área de estudio

El área de estudio comprende todos los predios de las comunidades de Patadel, Trancapata, Salacota, La Cruz y Membrillo del cantón Nabón, provincia del Azuay.

3.1.1.2. Análisis de la calidad de agua

El agua que se usará para el riego de las comunidades se almacena en un reservorio que se encuentra al inicio de la captación. Este fluido debe cumplir con ciertos parámetros que indicarán si es apto o no para usar en riego, es por ello que se ha tomado una muestra y se la analizó en el laboratorio de la Institución Nacional de Investigaciones Agropecuarias, los resultados se presentan en la figura 3.1.

Figura 3.1.: Resultados del análisis de agua usada en el sistema de riego.



ESTACION EXPERIMENTAL DEL AUSTRO
LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS
km 12 1/2 vía El Descanso - BULLCAY - Guatacebo www@iniap.gob.ec
Azuay - Ecuador Telefax: (07) 2171161



Ministerio de
Agricultura, Ganadería,
Acuicultura y Pesca

INFORME DE ANALISIS DE AGUAS

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		PARA USO DEL LABORATORIO	
Nombre :	JOSELIN GARCIA,	Nombre :	Azuay	Reporte Laborat. No. :	0
Dirección :	Nabón	Provincia :	Nabón	Responsable Muestreo :	Clicite
Ciudad :	N/E	Cantón :	Nabón	Fecha muestreo :	13/12/2019
Teléfono :	N/E	Parroquia :	Nabón	Fecha Emisión :	20/12/2019
Fax :	N/E	Ubicación :	CAPTACION	Longitud :	
			Factura No. : 0		

N° Muest. Laborat.	Identificación del Lote	mS/cm		mg/l										(U.T.F.)		pH		Dureza		CLASE
		CE	TSD	Ca	Mg	Na	K	CO ₃	HCO ₃	Cl	SO ₄	Fe	Turbidez	RAS	Dureza					
70	AGUA DE CAPTACION	0.0	N 32.0	N 3.8	N 0.6	N 0.8	N 3.1	N <L.C.	N 12.2	N 1.4	N 11.0	N 0.63	R	7.2	N	0.54	N			

NOTA: El sistema imprime con 1 decimal la CE, me permito reportar con 2 decimales, entonces el valor de lectura es de: **CE= 0,06 mS/cm**

En el caso de la Turbidez su valor de lectura es : **T= 20 FAU**



Patrones de Interpretación		Interpretación		Agua Sódicas	
CE	0 - 3	Cl	0 - 540	C1 -	Agua de contenido bajo de sodio
TSD	0 - 2000	SO4	0 - 960	C2 -	Agua medianas en sodio
Ca	0 - 200	NO3	0 - 31	S3 -	Agua de contenido alto de sodio
Mg	0 - 61	Fe	0 - 0	S4 -	Agua de muy alto de contenido de sodio
Na	0 - 69	B	0 - 2		
K	0 - 7	pH	0 - 6		
CO ₃	0 - 3	RAS	0 - 6		
HCO ₃	0 - 180	Dureza	17 - 51		


GRANJA EXPERIMENTAL CHUQUIPATA
 Laboratorio de Suelos y Aguas
 Responsable Laboratorio

N/E: No Entrega
Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a las(s) muestra(s) sometida(s) al ensayo
Se prohíbe la reproducción parcial, si se va a copiar que sea en su totalidad

3.1.1.3. Análisis de suelos

Se tomarán dos muestras del suelo de la zona para determinar sus características, las mismas que se muestran en la tabla 3.1 Los resultados completos se muestran en el Anexo 3: Análisis de muestra de suelo disponible para riego.

Tabla 3.1.: Resumen de resultado de análisis de suelos.

Identificación	Textura (%)			Clase Textural	cm ³ /cm ³				cm/h	gr/cm ³
	Arena	Limo	Arcilla		C.C	Sat	P.M	A.D	C.H	D.A
No. 1	44	19	37	Franco-Arcillo	0.32	0.5	0.2	0.11	0.2	1.28
No. 2	29	25	46	Arcilloso	0.39	0.52	0.26	0.13	0.17	1.22
PROMEDIO					0.36	0.51	0.23	0.12	0.19	1.25

3.1.2. Características climáticas

Corresponde a la información de temperatura y precipitación de la estación en estudio, la misma que es:

Nombre: Nabón M420

Ubicación en coordenadas geográficas

Latitud: 3°25'0"

Longitud: 79°05'00"

Altitud: 2711 m.s.n.m

Latitud de la estación: 3.42S

3.1.2.1. Precipitación

Los valores históricos de precipitación se han tomado de INAMI desde el año 2001 hasta el año 2011 (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2001), (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2002), (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2003), (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2004), (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2005), (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2006), (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2007), (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2008), (Instituto Nacional de Meteorología e

Hidrología, 2009), (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2010), (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2011), los mismos que se muestran en la tabla 3.2.

Tabla 3.2.: Datos de precipitación mensual en la estación Nabón M420.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2002	40.9	51.7	78.2	41.2	58.6	36.7	15	15.2	12.2	130	80.2	50.3	610.2
2003	10.4	32.8	118.3	83.9	26.4	51.7	16.2	2.2	32.2	46.6	64.9	39.9	525.5
2004	44.3	23.4	42.8	79	58.4	15.5	15.9	4.3	49.3	46.9	127.5	41.9	549.2
2005	25.5	91.6	166.6	60.7	29.1	14.6	5.5	8	42.3	78.9	24.9	149.3	697
2006	75.7	121.9	171.4	100.8	5.3	43.7	2.4	4.8	13.6	23.4	124.6	118.8	806.4
2007	3.3	57.9	86.6	156.3	89	73	10.4	41.8	16.1	60.5	88.3	63.4	746.6
2008	90.5	227.1	123.2	273.1	145.2	45	6.7	7.9	20.6	114.3	154.1	79.8	1287.5
2009	111.5	51.1	70.9	58.4	68	8.8	0.5	4.5	0.3	40.1	23.2	51.6	488.9
2010	27.1	64.1	70.2	53.5	66.6	69.2	70.4	8.6	8.5	43.7	37.7	105.8	625.4
2011	63.8	203.1	124.4	155.1	106	10.7	17.9	5	45	35.5	132	106.7	1005.2

Fuente: INAMHI (2002-2011)

La precipitación promedio se muestra en la tabla 3.3.

Tabla 3.3.: Precipitación promedio mensual

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
PROMEDIO	49.3	92.47	105.26	106.2	65.26	36.89	16.09	10.23	24.01	61.99	85.74	80.75	734.19

3.1.2.1.1. Precipitación probable

En la tabla 3.4, se muestran los índices de precipitación con sus respectivas probabilidades de ocurrencia.

Tabla 3.4.: Valores de índices de precipitación con su probabilidad de ocurrencia.

N de orden	Precipitación anual (mm)	Índice de precipitación Ip	Probabilidad de ocurrencia Pr (%)
1	610.20	0.827	5.0
2	525.50	0.712	15.0
3	549.20	0.744	25.0

4	697.00	0.945	35.0
5	806.40	1.093	45.0
6	746.60	1.012	55.0
7	1325.00	1.796	65.0
8	488.90	0.663	75.0
9	625.40	0.847	85.0
10	1005.20	1.362	95.0

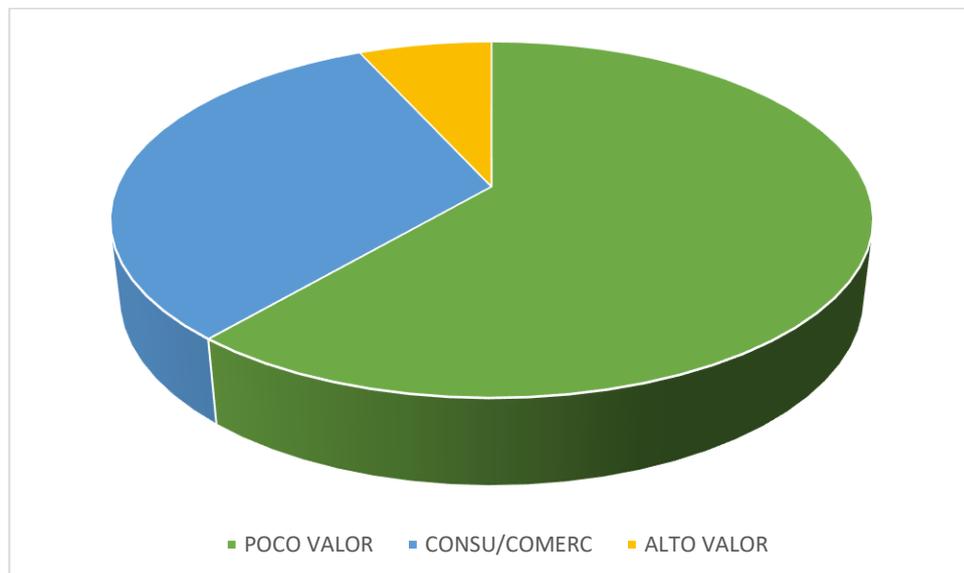
En la tabla 3.5, el índice de precipitación para cada uno de los valores económicos analizados.

Tabla 3.5.: Índice de precipitación en función al valor económico del cultivo.

CASO CULTIVO	PROB	PREC.PROM ANUAL (mm)	Ip
Poco valor económico	60%	734.19	1.404
Autoconsumo y Renta para el mercado	75%		0.663
Alto valor económico	90%		1.105

De acuerdo con los resultados de las encuestas realizadas se puede ver en la figura 3.2 el valor económico de los cultivos en estudio.

Figura 3.2.: Valor económico de los cultivos.



Por lo tanto, se diseñará con la precipitación probable al 60%, los resultados de este análisis se muestran en la tabla 3.6.

Tabla 3.6.: Precipitación mensual promedio ala 60%

Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Ppt 60%	32.7	61.3	69.7	70.4	43.2	24.4	10.7	6.8	15.9	41.1	56.8	53.5

3.1.2.1.2. Precipitación efectiva

Se calcula la precipitación efectiva al 60%, se muestran los resultados en la tabla 3.7.

Tabla 3.7.: Precipitación efectiva mensual.

Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Peff 60%	31.0	55.3	62.0	62.4	40.2	23.5	10.5	6.7	15.5	38.4	51.6	48.9

3.1.2.2. Temperatura

Los valores históricos de temperatura se han tomado de INAMI desde al año 2008 hasta el año 2011 (Instituto Nacional de Metereología e Hidrología, 2008), (Instituto Nacional de Metereología e Hidrología, 2009), (Instituto Nacional de Metereología e Hidrología, 2010), (Instituto Nacional de Metereología e Hidrología, 2011), los mismos que se muestran en la tabla 3.8.

Tabla 3.8.: Datos de temperatura promedio mensual en la estación Nabón M420.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2008	18.4	18.7	19.4	19.7	19.6	19.9	19.6	19.5	20.4	19.8		
2009	19	19	19.7	20.3	20.4	20.2	20.9	21	21.5	20.8	19.9	19.8
2010	19.9	20.3	20.3	20.6	20.8	20.3	19.4	20.7	19.8	20.3	19.1	18.3
2011	18.5	19.2	19.5	19.8	20.4	20.2	20.2	21.6	21.4	19.8	19.4	19.3

La temperatura promedio se muestra en la tabla 3.9.

Tabla 3.9.: Temperaturas mensuales promedio para la estación Nabón M420.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Tp	19.0	19.3	19.7	20.1	20.3	20.2	20.0	20.7	20.8	20.2	19.5	19.1

3.1.3. Evapotranspiración potencial

Para la latitud de la estación analizada se muestran los resultados de horas de sol diarias en la tabla 3.10.

Tabla 3.10.: Número de horas de sol al día en la estación meteorológica.

MES	Latitud 2	Latitud analizada	Latitud 4
	2.0	3.42	4.0
Enero	12.1	12.17	12.2
Febrero	12.1	12.10	12.1
Marzo	12.0	12.00	12.0
Abril	12.0	11.93	11.9
Mayo	11.9	11.83	11.8
Junio	11.9	11.83	11.8
Julio	11.9	11.83	11.8
Agosto	11.9	11.90	11.9
Septiembre	12.0	12.00	12.0
Octubre	12.0	12.07	12.1
Noviembre	12.1	12.17	12.2
Diciembre	12.1	12.17	12.2

La evapotranspiración potencial se muestra en la tabla 3.11.

Tabla 3.11.: Cálculo de la Evapotranspiración Potencial.

MES	Nd (días)	tm (°C)	im	e (mm/mes)	N (horas)	L	ETP=ETo (mm/mes)	ETP=ETo (mm/día)
ENE	31	19.0	7.52	66.15	12.2	1.05	69.33	2.24
FEB	28	19.3	7.73	68.77	12.1	0.94	64.72	2.31
MAR	31	19.7	7.99	72.03	12.0	1.03	74.43	2.40
ABR	30	20.1	8.22	74.97	11.9	0.99	74.53	2.48
MAY	31	20.3	8.34	76.57	11.8	1.02	77.99	2.52
JUN	30	20.2	8.25	75.37	11.8	0.99	74.30	2.48
JUL	31	20.0	8.17	74.38	11.8	1.02	75.76	2.44

AGO	31	20.7	8.59	79.81	11.9	1.02	81.78	2.64
SEP	30	20.8	8.64	80.42	12.0	1.00	80.42	2.68
OCT	31	20.2	8.27	75.57	12.1	1.04	78.55	2.53
NOV	30	19.5	7.83	70.04	12.2	1.01	71.04	2.37
DIC	31	19.1	7.63	67.52	12.2	1.05	70.76	2.28

3.1.4. Características de cultivo

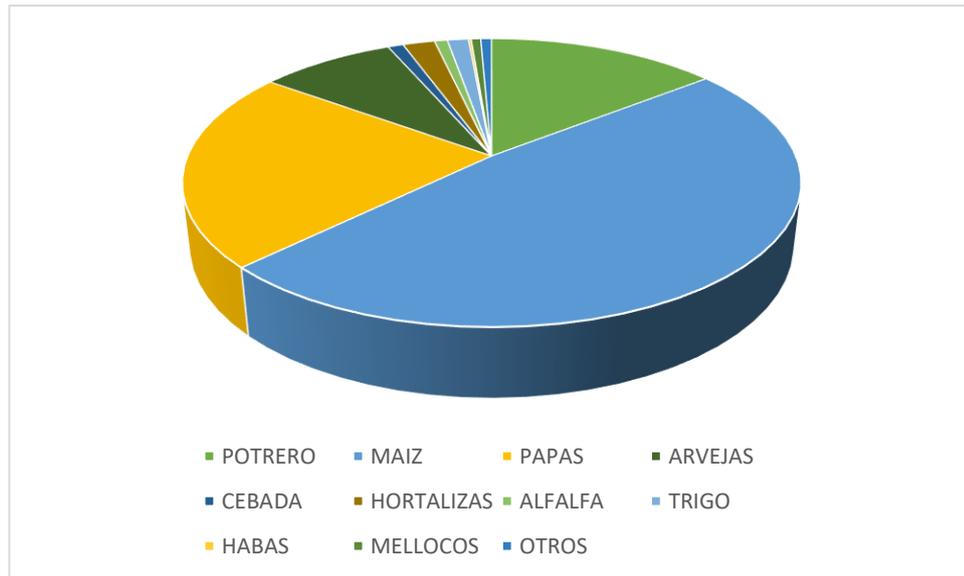
3.1.4.1. Cultivos predominantes

De acuerdo con las encuestas en la tabla 3.12 se muestran los porcentajes de los cultivos presentes en la zona de estudio.

Tabla 3.12.: Porcentajes de cada cultivo.

CULTIVO	ÁREA (Ha)	PORCENTAJE
POTRERO	33.85	14.38
MAIZ	113.71	48.31
PAPAS	52.61	22.35
ARVEJAS	19.87	8.44
CEBADA	2.26	0.96
HORTALIZAS	4.69	1.99
ALFALFA	1.90	0.81
TRIGO	3.09	1.31
HABAS	0.40	0.17
MELLOCOS	1.40	0.59
OTROS	1.59	0.68
TOTAL	235.37	100.00

Figura 3.3.: Porcentaje de cada cultivo.



3.1.4.2. Periodo vegetativo

De las encuestas se conoce además las fechas de siembra y la duración de cada etapa de crecimiento de los cultivos los mismos que se muestran en la tabla 3.13.

Tabla 3.13.: Periodos vegetativos de los cultivos.

Cultivos	Mes de Siembra	Mes de Cosecha	Tiempo Cosecha (meses)
POTRERO	Continuo	Continuo	-
MAIZ	Septiembre	Abril	8
PAPAS	Mayo	Noviembre	7
TRIGO	Marzo	Septiembre	5
CEBADA	Junio	Noviembre	6
ARVEJAS	Junio	Noviembre	6
HORTALIZAS	Continuo	Continuo	-
MELLOCOS	Octubre	Junio	9
HABAS	Septiembre	Noviembre	3

3.1.4.3. Profundidad radicular

Se muestra en la tabla 3.14.

Tabla 3.14.: Profundidad radicular de los cultivos.

Cultivo	Profundidad radicular (m)
Maíz grano	1
Cebada	1
Papa/ trigo	0.5
Alfalfa	1.5
Arveja verde	0.8
Hortalizas	0.5
Pasto	1
Promedio	0.90

3.1.5. Evapotranspiración de cultivo

3.1.5.1. Coeficiente de cultivo (Kc)

Se muestran en la tabla 3.15 los coeficientes de cada cultivo.

Tabla 3.15.: Coeficientes de cultivo.

CULTIVO	COEFICIENTES DE CULTIVO		
	kc inicial	kc medio	kc final
Maíz grano	0.70	1.20	0.60
Cebada	0.30	1.15	0.25
Papa/ trigo	0.50	1.15	0.75
Alfalfa	0.40	0.95	0.90
Arveja verde	0.50	1.15	1.10
Hortalizas	0.70	1.05	0.95
Pasto	0.40	0.95	0.85

3.1.6. Necesidades netas de riego

La necesidad hídrica más desfavorable se da en el mes de agosto para los cultivos de papas.

$$N_n = 2.82 \frac{mm}{día}$$

$$N_b = 3.76 \frac{mm}{día}$$

3.1.7. Parámetros de riego

En la tabla 3.16 se muestran los parámetros de riego para el sistema.

Tabla 3.16.: Parámetros de riego

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	FRAN-ARCILL
PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO		
DENSIDAD APARENTE	g/cm ³	1.25
CAPACIDAD DE CAMPO	% θ g	35.50
PUNTO DE MARCHITEZ PERMANENTE	% θ g	23.00
INFILTRACIÓN BÁSICA	mm/h	12.50
PROFUNDIDAD RADICULAR MÁXIMA	m	0.00
AGUA UTILIZABLE	mm	0.00
DOSIS NETA DE RIEGO (DN)	mm	0.00
DÉFICIT PERMISIBLE DE MANEJO	%	50.00
MÁXIMO INTERVALO ENTRE RIEGOS	días	0.00
INTERVALO DE RIEGO	días	7.00
DOSIS NETA AJUSTADA	mm	19.72
DOSIS BRUTA DE RIEGO (DB)	mm	26.30
EFICIENCIA DE APLICACIÓN	%	75.00
TIEMPO DE APLICACIÓN MÍNIMO (TA)	h	3.51
FACTOR DE REDUCCIÓN POR PENDIENTE	%	60.00
NECESIDADES BRUTAS (NB)	mm/día	3.76

3.1.8. Caudal necesario

Depende del área a regar en cada día de la semana, para esto se ha procedido a dividir la zona de estudio en subzonas.

En la tabla 3.17 se muestran los resultados del caudal requerido en cada subzona.

Tabla 3.17.: Caudal requerido por zona.

Comunidad	Área Total (Ha)	Divisiones	Área por subzona (Ha)	Caudal por zona (l/s)
TRANCAPATA	20.95	2	10.48	9.11
PATADEL	26.67	2	13.33	11.60
SALACOTA	63.64	3	21.21	18.45
MEMBRILLO	37.67	2	18.84	16.38
LA CRUZ	57.43	3	19.14	16.65

En la tabla 3.18 y en la figura 3.4 se pueden observar las diarias y sus caudales.

Días			Área por día (Ha)	Caudal por día (l/s)
Lunes	LA CRUZ	SALACOTA	40.36	35.10
Martes	PATADEL	LA CRUZ	32.48	28.24
Miércoles	SALACOTA	TRANCAPATA	31.69	27.56
Jueves	MEMBRILLO	SALACOTA	40.05	34.83
Viernes	LA CRUZ	MEMBRILLO	37.98	33.03
Sábado	PATADEL	TRANCAPATA	23.81	20.71

Tabla 3.18. Calendarización propuesta.

Siendo el caudal máximo 35.10 litros por segundo, mismo que no excede al caudal concedido por la fuente de 60 litros por segundo.

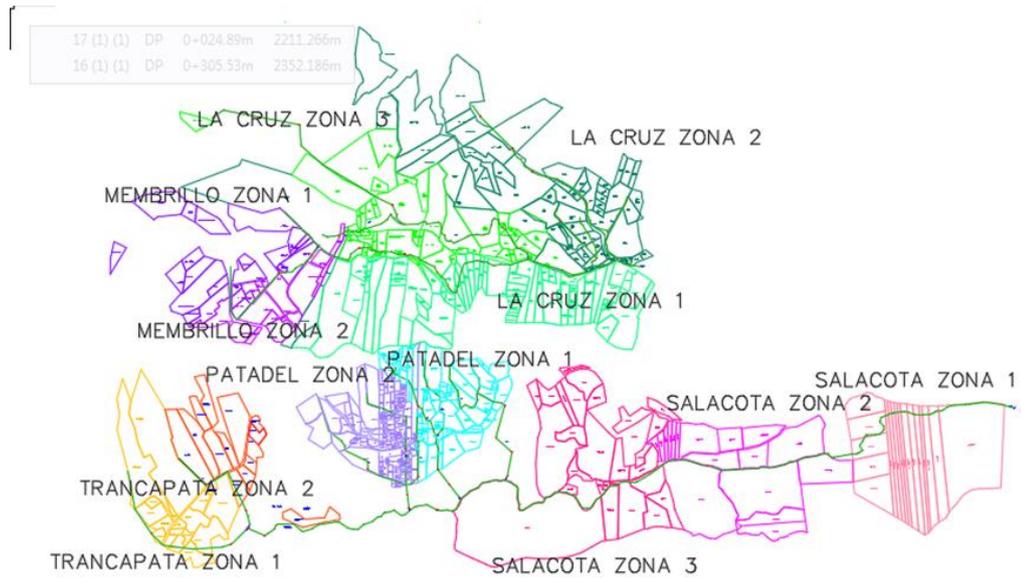


Figura 3.4.: División de las comunidades.

3.2. Diseño hidráulico

3.2.1. Topografía

Uno de los datos de entrada más importantes para el diseño de un sistema de riego es la topografía de la zona, es necesario conocer la inclinación del terreno y además poseer la información catastral de los predios de la zona: sus límites, áreas y tipos de cultivos es por ello que en un trabajo de titulación (León Elizalde & Ávila Vásquez, 2018) realizado anteriormente fue levantado dicha información y usada en este trabajo para realizar el diseño de la red propuesta.

3.2.2. Diseño hidráulico de la red de distribución

En la presente sección se muestran los resultados de los cálculos comentados anteriormente. Mediante toda la formulación se ha dimensionado la red con la finalidad de respetar los rangos comentados en los parámetros de diseño.

El cálculo se realizó con la implementación de diferentes softwares que permiten agilizar los procesos ya que al tratarse de una red tan compleja y grande así se requería, los mencionados softwares son:

- 1) CivilCAD, sirve para representar gráficamente las redes y trazarlas de manera adecuada.
- 2) EPANET, es un software que usando la formulación de Hazen-Williams determina las pérdidas en los tramos de tuberías.

- 3) EPAEX, es un software auxiliar al anterior que sirve para modelar las redes basándose en tablas de datos.
- 4) Excel, sirve para procesar datos extraídos de CivilCAD y con estos producir un modelo que represente la red que se está diseñando.

3.2.2.1. Consideraciones generales

En el Anexo 4: Modelo de red propuesta para EPANET, se muestra un modelo en Excel de la red diseñada, este modelo no es el mismo para cada día de la semana, esta distinción se ve en el anexo mencionado.

Mediante los ficheros del Anexo 5: Ficheros de EPANET para cada día, y usando EPANET se han calculado los tramos de la red, estos resultados se ven expresados numéricamente en el Anexo 6: Resultados hidráulicos de la red y gráficamente en los planos del Anexo 7: Planos del sistema.

3.2.2.2. Datos de ingreso al programa EPANET

Este modelo se muestra en el Anexo 4: Modelo de red propuesta para EPANET.

3.2.2.3. Resultados

En el Anexo 6: Resultados hidráulicos de la red, se muestran las Tablas de resultados de EPANET.

En el Anexo 7: Planos del sistema se muestran los Planos de la red y detalles constructivos, en ellos se observa de manera gráfica los resultados obtenidos, además de detalles constructivos para la construcción de esta red.

3.2.3. Propuesta de construcción

Se propone cerrar con material de mejoramiento el canal actual y en su lugar implementar la red diseñada junto al antiguo canal y a un metro de profundidad.

3.2.4. Diseño de la parcela demostrativa

Se ha diseñado el sistema interno de riego para el predio del señor Mario Carchi perteneciente a la comunidad de Patadel, obteniéndose los resultados que se muestran en la tabla 3.18.

Tabla 3.18.: Resultados del cálculo para el predio tipo.

Presión en la red pública	20.00	m.c.a.
----------------------------------	--------------	---------------

RAMAL 0-7

Tramo	Peso	P.acum	Q.lt.	Dia.	V.m/seg	Vmax	J/m.	Long	Desnv	Perd.Tramo	Pre.rmte
0-1	0.15	1.95	0.35	20	1.11	1.98	0.09	5.00	0.00	0.46	19.54
1-2	0.45	1.80	0.34	20	1.07	1.98	0.08	30.00	0.00	2.55	17.00
2-3	0.45	1.35	0.29	20	0.92	1.98	0.07	30.00	0.00	1.98	15.02
3-4	0.30	0.90	0.24	20	0.75	1.98	0.05	30.00	0.00	1.39	13.63
4-5	0.30	0.60	0.19	20	0.62	1.98	0.03	30.00	0.00	0.97	12.66
5-6	0.15	0.30	0.14	20	0.44	1.98	0.02	30.00	0.00	0.53	12.12
6-7	0.15	0.15	0.10	20	0.31	1.98	0.01	30.00	0.00	0.29	11.83

RAMAL 2-10

Tramo	Peso	P.acum	Q.lt.	Dia.	V.m/seg	Vmax	J/m.	Long	Desnv	Perd.Tramo	Pre.rmte
2-8	0.15	0.45	0.17	20	0.53	1.98	0.03	30.00	0.00	0.76	16.24
8-9	0.15	0.30	0.14	20	0.44	1.98	0.02	30.00	0.00	0.53	15.71
9-10	0.15	0.15	0.10	20	0.31	1.98	0.01	30.00	0.00	0.29	15.42

RAMAL 3-13

Tramo	Peso	P.acum	Q.lt.	Dia.	V.m/seg	Vmax	J/m.	Long	Desnv	Perd.Tramo	Pre.rmte
3-11	0.15	0.45	0.17	20	0.53	1.98	0.03	30.00	0.00	0.76	14.26
11-12	0.15	0.30	0.14	20	0.44	1.98	0.02	30.00	0.00	0.53	13.73
12-13	0.15	0.15	0.10	20	0.31	1.98	0.01	20.00	0.00	0.19	13.54

RAMAL 4-15

Tramo	Peso	P.acum	Q.lt.	Dia.	V.m/seg	Vmax	J/m.	Long	Desnv	Perd.Tramo	Pre.rmte
4-14	0.15	0.30	0.14	20	0.44	1.98	0.02	30.00	0.00	0.53	13.10
14-15	0.15	0.15	0.10	20	0.31	1.98	0.01	30.00	0.00	0.29	12.81

RAMAL 5-17

Tramo	Peso	P.acum	Q.lt.	Dia.	V.m/seg	Vmax	J/m.	Long	Desnv	Perd.Tramo	Pre.rmte
5-16	0.15	0.30	0.14	20	0.44	1.98	0.02	30.00	0.00	0.53	12.12
16-17	0.15	0.15	0.10	20	0.31	1.98	0.01	30.00	0.00	0.29	11.83

3.2.3.1. Selección del tipo de aspersor

El aspersor seleccionado (Plastigama, 2015) es:

- ▶ Marca: the wobbler (plastigama)
- ▶ Presión y área de acción, muestra en la tabla 3.19.

Tabla 3.19.: Presión y área de acción de aspersor a usar.

	PRESIONES DE TRABAJO (PSI)					
	10	15	20	25	30	35

Caudal (GPM)	2.22	2.72	3.14	3.51	3.85	4.16
Diámetro de acción	12.83	14.34	14.65	14.8	14.95	15.25

► Número de rociadores por hectárea: 11

4. CAPÍTULO IV: VALORACIÓN DEL PROYECTO.

4.1. Especificaciones técnicas

Consisten en una serie de normas, exigencias y procedimientos que se deben cumplir para dar por bien ejecutada la construcción del sistema de riego en estudio, se han basado en procedimientos que se aplican a todo el país, pero especialmente al cantón Nabón, puesto que no todos los municipios exigen los mismos detalles. Se encuentran en el Anexo 8: Especificaciones técnicas.

4.2. Cantidades de obra

Se obtienen al cuantificar los diferentes materiales y procedimientos requeridos para llevar a cabo la construcción del sistema de riego, se basa en el resultado del diseño propuesto. Se encuentran en el Anexo 9: Cantidades de obra.

4.3. Análisis de precios unitarios

Mediante el software INTERPRO y en base a los costos del año en curso se determina el recurso económico necesario para llevar a cabo una unidad de cada uno de los rubros en estudio, incluye el costo del material y de la mano de obra. Se encuentra en el Anexo 10: Precios unitarios.

4.4. Presupuesto

Es el resultado de multiplicar el costo de cada rubro por la cantidad del mismo y sumar todos estos valores y representa el costo total de la obra. El precio mostrado en el Anexo 11: Presupuesto no incluye costos de IVA u otros parecidos.

4.5. Cronograma valorado

Sirve para cuantificar y controlar el avance real de la obra, mediante el cronograma valorado se puede predecir el costo de cada uno de los periodos de construcción. Se encuentra en el Anexo 12: Cronograma valorado.

4.6. Manual de operación

El manual de operación del sistema se encuentra en el Anexo 13: Manual de operación del sistema.

4.7. Propuesta de calendario para el uso ordenado del sistema de riego.

Se propone que el sistema sea usado de acuerdo a la tabla 4.1.

Lunes	LA CRUZ ZONA 1	19.14	SALACOTA ZONA 1	21.21
Martes	PATADEL ZONA 1	13.33	LA CRUZ ZONA 2	19.14
Miércoles	SALACOTA ZONA 2	21.21	TRANCAPATA ZONA 1	10.48
Jueves	MEMBRILLO ZONA 1	18.84	SALACOTA ZONA 3	21.21
Viernes	LA CRUZ ZONA 3	19.14	MEMBRILLO ZONA 2	18.84
Sábado	PATADEL ZONA 2	13.33	TRANCAPATA ZONA 2	10.48

Tabla 4.1.: Propuesta de calendarización para las comunidades de La Cruz, Patadel, Salacota, Membrillo, La Cruz y Patadel.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Conclusiones

Mediante el presente estudio se ha contribuido al desarrollo social y económico de una de las zonas productivas de nuestro país, es por ello que los habitantes de la zona se mostraron muy receptivos y colaborativos en los procesos de socialización del proyecto.

Para el capítulo 3, relacionado con el diseño del sistema, se parte de los estudios de suelos y aguas realizados, y con la información recopilada en el capítulo 1 y 2, se puede decir que el suelo sobre el cual se intervino es de clase textual franco-arenoso-arcilloso con las siguientes propiedades: densidad promedio de 1.25 gr/cm^3 , capacidad de campo promedio de $0.36 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$, y punto de marchitez permanente promedio de $0.23 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$, también se obtuvo que el agua a ser utilizada para el sistema de riego es apta y no presenta ninguna restricción, según los parámetros establecidos por el INIAP.

En función de los cultivos predominantes y los parámetros de diseño establecidos se obtuvo una necesidad máxima de riego de 2.82 mm/día para el cultivo de papa durante el mes de agosto, ya que en estas fechas se registraron las precipitaciones más bajas en todo el año. Por lo tanto, en el diseño agronómico se pudo definir el caudal mínimo diario de 35.10 l/s para poder dotar de riego a todas las comunidades, para ello se realizó una propuesta de calendarización que se mostró en la tabla 3.16, decidiéndose hacer 6 días de riego a la semana, dividiendo a las comunidades en las siguientes zonas de riego: Trancapata 2 zonas, Patadel 2 zonas, Salacota 3 zonas, Membrillo 2 zonas, y La Cruz 3 zonas, de tal manera que los 60 l/s adjudicados diariamente son suficientes para cubrir cada zona.

Las redes de agua son presurizadas debido a algunos factores importantes tales como vandalismo y calidad del agua, es decir que para tener un mayor control sobre la calidad del agua que se usará y regará los cultivos de consumo humano, es importante que el flujo este protegido. Además de esto, una red presurizada garantiza el cumplimiento de presiones mínimas de trabajo.

El trazado de la red se realizó siguiendo en su mayoría la actual red de distribución que tienen las comunidades, esto para no tener inconvenientes con los usuarios y reducir a lo mínimo los impactos en el área del proyecto. Sin embargo, en algunos

casos la red a ser diseñada tuvo que alargarse, para poder llegar a ciertas parcelas que se encontraban fuera de la red actual. Mediante la modelación hidráulica del sistema se definió un rango de presiones promedio de 30 a 70 mca, para ello se instaló cámaras rompe presiones, válvulas de cierre, válvulas de aire y válvulas de purga; también se presentó una simulación para el predio tipo en el cual se definió utilizar 11 aspersores por hectárea.

Finalmente, en el último capítulo se realizó una valoración económica para poder determinar un presupuesto referencial de todo el proyecto. Se definió las especificaciones técnicas, cantidades de obra, análisis de precios unitarios, y cronograma valorado todo esto con la finalidad de que en algún momento a posteriori el proyecto sea financiado y pueda ser construido con el objetivo de beneficiar a cada uno de los habitantes del cantón Nabón. Además, se desarrolló la guía metodológica que consiste en el manual de operación del sistema, el cual incluye una propuesta de calendarización, la misma que servirá, para mantener un orden adecuado en cuanto a la utilización del sistema de riego.

Recomendaciones

Para la implementación del proyecto se debe tomar como pauta el presente estudio, regirse a los planos, especificaciones técnicas y la memoria de cálculo establecida. Por lo tanto, si se desea realizar cambios a futuro en el diseño del sistema o en el proceso constructivo, se debe tener en cuenta los parámetros que se establecieron en el presente trabajo.

Es importante considerar en las etapas constructivas del proyecto la ayuda de mano de obra de los mismos habitantes de la zona con esto disminuyen los costos haciendo el proyecto más rentable para todas las partes.

Se recomienda dar buen uso al agua de riego y no desperdiciar este preciado recurso además de generar una comisión propia de la comunidad que administre el proyecto y su uso, lo cual mejorará su nivel de vida e ingresos económicos.

Anexos

Anexo 1: Resultados de encuestas

Anexo 2: Determinación del caudal

Anexo 3: Análisis de muestra de suelo disponible para riego

Anexo 4: Modelo de red propuesta para EPANET

Anexo 5: Ficheros de EPANET para cada día

Anexo 6: Resultados hidráulicos de la red

Anexo 7: Planos del sistema

Anexo 8: Especificaciones técnicas

Anexo 9: Cantidades de obra

Anexo 10: Precios unitarios

Anexo 11: Presupuesto

Anexo 12: Cronograma valorado

Anexo 13: Manual de operación del sistema

Para cumplir con la calendarización propuesta el sistema debe ser operado de la manera descrita en el siguiente manual. Las zonas servidas deben ser regadas de acuerdo con el calendario mostrado en la tabla A13.1.

Lunes	LA CRUZ ZONA 1	SALACOTA ZONA 1
Martes	PATADEL ZONA 1	LA CRUZ ZONA 2
Miércoles	SALACOTA ZONA 2	TRANCAPATA ZONA 1
Jueves	MEMBRILLO ZONA 1	SALACOTA ZONA 3
Viernes	LA CRUZ ZONA 3	MEMBRILLO ZONA 2
Sábado	PATADEL ZONA 2	TRANCAPATA ZONA 2

Tabla A13.1.: Propuesta de calendarización para las comunidades de La Cruz, Patadel, Salacota, Membrillo, La Cruz y Patadel.

Por lo tanto, las válvulas a activar cada día se indican en las imágenes A13.1-A13.7.

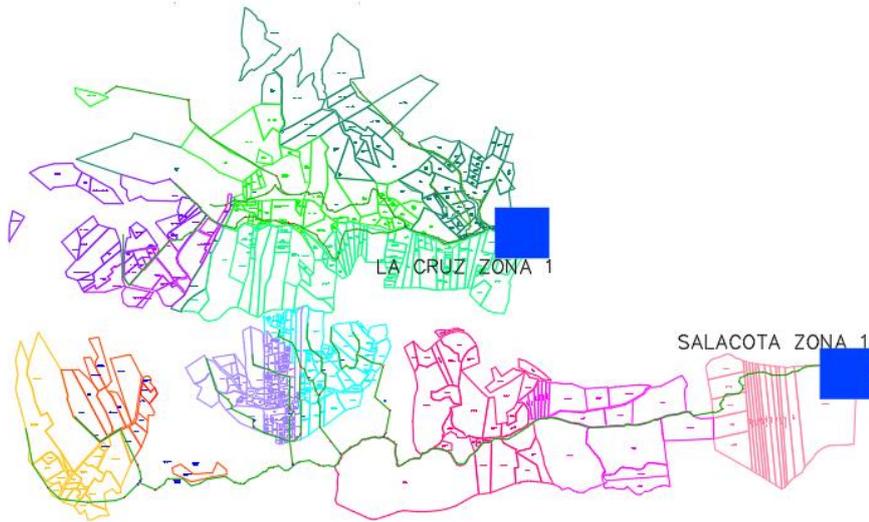


Figura A13.1.: Válvulas a activar el día lunes.

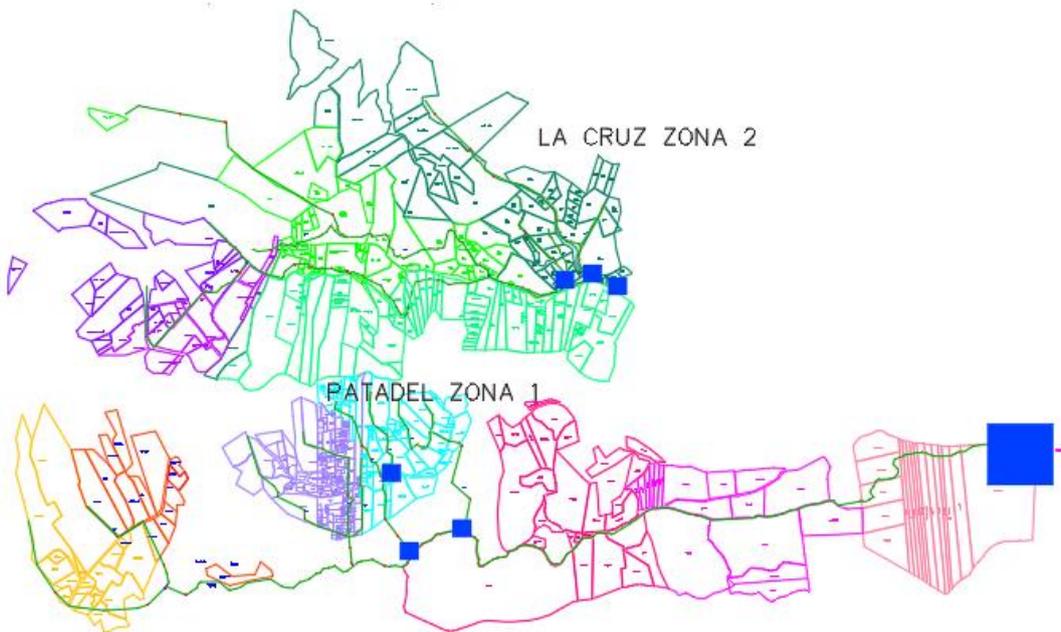


Figura A13.2.: Válvulas a activar el día martes.

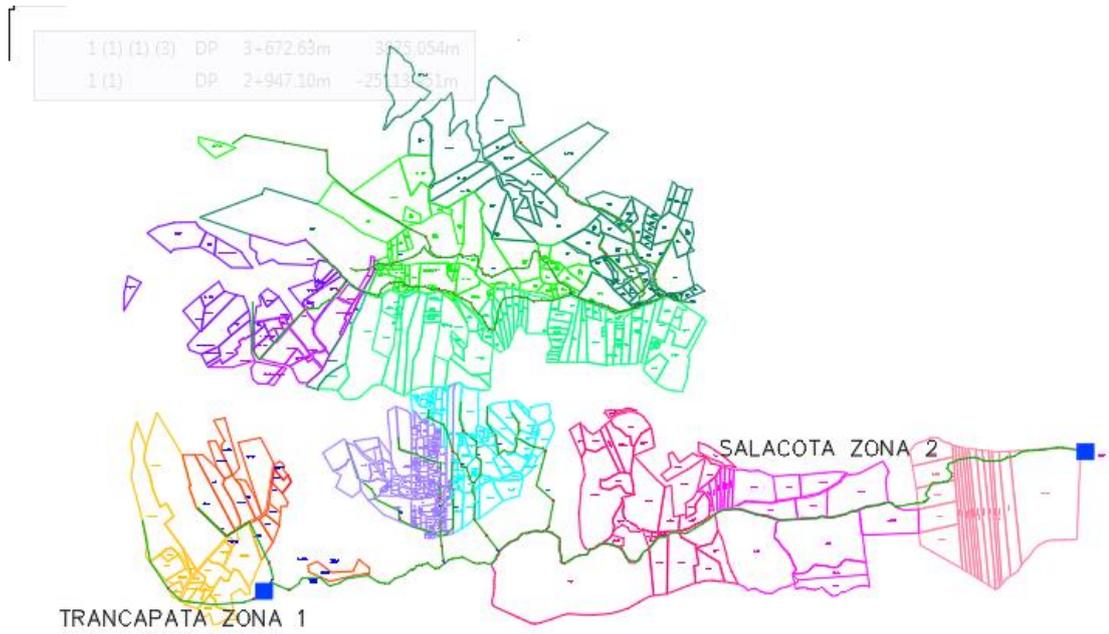


Figura A13.3.: Válvulas a activar el día miércoles.

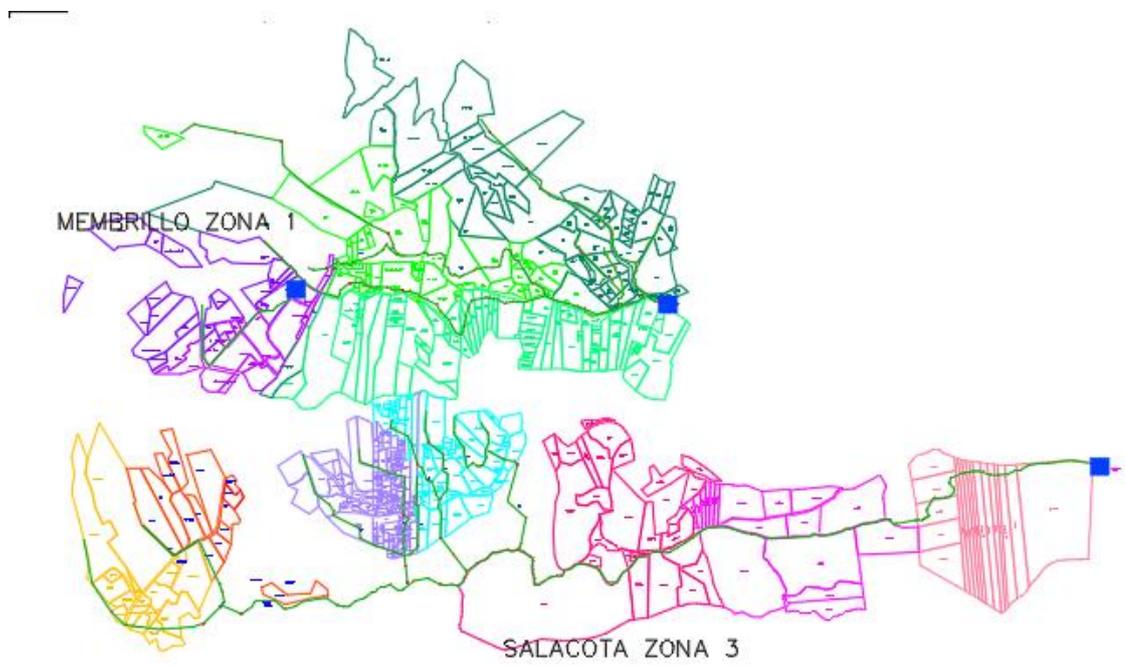


Figura A13.4.: Válvulas a activar el día jueves.

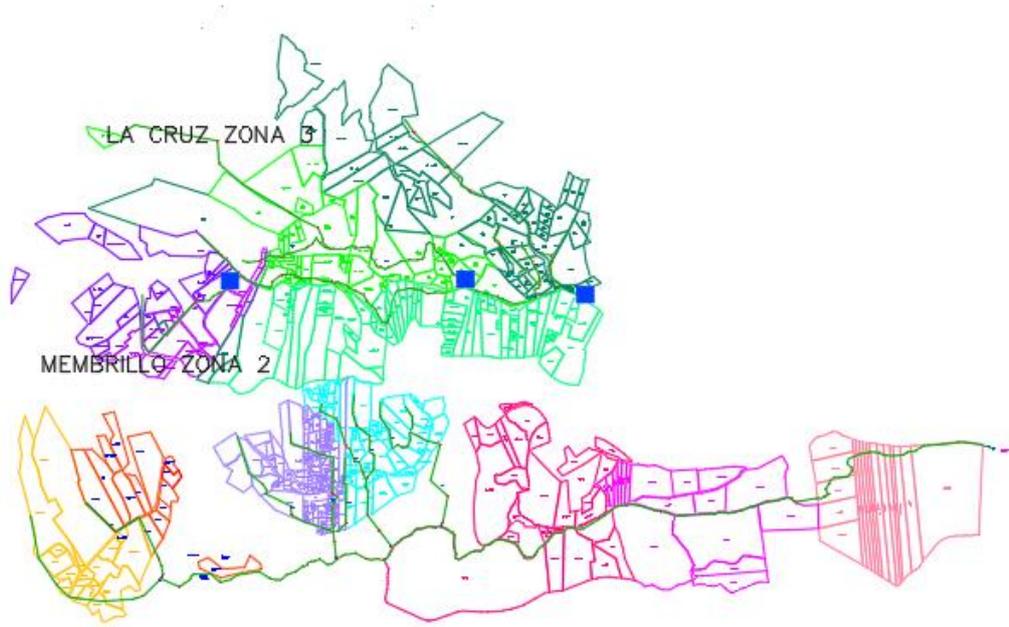


Figura A13.5.: Válvulas a activar el día viernes.

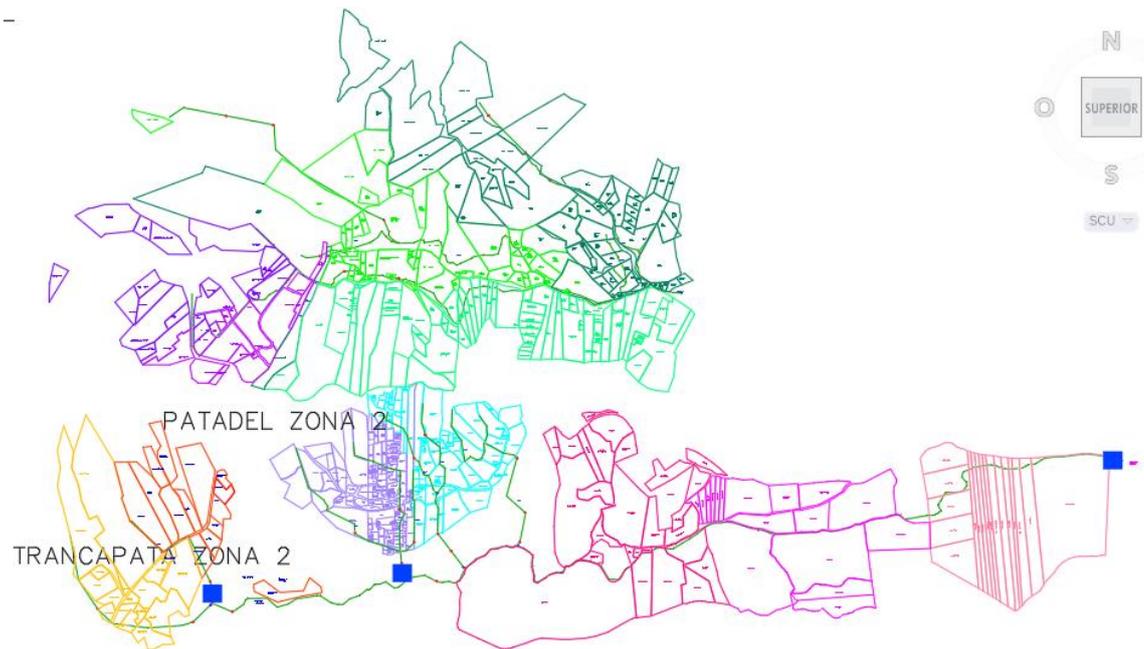


Figura A13.6.: Válvulas a activar el día sábado.

Las válvulas de purga han sido colocadas en zonas bajas y cóncavas de la tubería donde es probable la acumulación de sólidos, porque deben ser abiertas el domingo para realizar la limpieza.

Bibliografía

Alocén, J. C. (2007). *Manual práctico para el diseño de sistemas de minirriego*. Honduras.

FUCASA FUNDICIÓN CENTROAMERICANA S.A. (30 de enero de 2018). *FUCASA.com*. Obtenido de <http://www.fucasapanama.com/productos/infraestructura-acueductos/accesorios-de-tuberia-de-acueducto/accesorios-pvc-sch-40>

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2001). *Ecuador en Cifras*.

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2001). *Anuario Meteorológico 2001*. Quito: INAMHI.

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2002). *Anuario Meteorológico 2002*. Quito: INAMHI.

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2003). *Anuario Meteorológico 2003*. Quito: INAMHI.

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2004). *Anuario Meteorológico 2004*. Quito: INAMHI.

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2005). *Anuario Meteorológico 2005*. Quito: INAMHI.

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2006). *Anuario Meteorológico 2006*. Quito: INAMHI.

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2007). *Anuario Meteorológico 2007*. Quito: INAMHI.

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2008). *Anuario Meteorológico 2008*.

Quito: INAMHI.

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2009). *Anuario Meteorológico 2009*.

Quito: INAMHI.

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2010). *Anuario Meteorológico 2010*.

Quito: INAMHI.

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2011). *Anuario Meteorológico 2011*.

Quito: INAMHI.

León Elizalde, A. M., & Ávila Vásquez, C. P. (2018). *Evaluación y Propuesta de Mejoramiento del Sistema de Riego en las Comunidades de La Cruz,*

Membrillo, Patadel, Trancapata y Salacota, Pertenecientes al Cantón Nabón.

Cuenca.

Mott, R. L., & Untener, J. A. (2015). *Mecánica de Fluidos*. México.

Plastigama. (2015). Línea de Aspersión. *Catálogo Plastigama*, 24-25.

Thornthwaite, C. W. (1948). *An Approach toward a Rational Classification of Climate*. American Geographical Society.