



UNIVERSIDAD DEL AZUAY
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLGIA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**Estudio de Prefactibilidad para la Tecnificación del Sistema de Riego
para el sector Raricucho, parroquia Susudel del cantón Oña, provincia
del Azuay**

Trabajo de grado previo a la obtención del título de:
INGENIERO CIVIL

Autores:

PEDRO JOSE ASTUDILLO MOREIRA
JUAN DIEGO TORRES SARMIENTO

Director:

ING. CARLOS JAVIER FERNÁNDEZ DE CÓRDOVA WEBSTER

Cotutor:

ING. DANIEL ORLANDO TENELANDA PATIÑO

Cuenca - Ecuador

2024

DEDICATORIAS

A Dios, gracias por tu guía y fortaleza en cada paso de este camino, me has dado la inspiración para alcanzar esta meta. Te agradezco infinitamente las bendiciones y oportunidades que me has brindado.

A mis padres, no hay palabras suficientes para expresar mi gratitud. Su amor incondicional y su apoyo incansable me han permitido celebrar este logro con ustedes, Gracias por enseñarme el valor de la perseverancia, el esfuerzo, la humildad y por creer siempre en mí.

A mi hermano, gracias por tu alegría, apoyo y compañía, haces que este logro sea más significativo.

A mi abuela, por sus oraciones, enseñanzas, consejos y amor.

A mi novia, por su apoyo en cada paso de esta etapa, tu compañía, tu comprensión, tu apoyo y tu amor me han dado fuerzas para seguir adelante.

Este logro es por y para ustedes.

Pedro José Astudillo Moreira.

A mi madre, por ser mi inspiración, por su amor incondicional, su apoyo constante y por enseñarme la importancia del esfuerzo y la perseverancia, tus sacrificios y enseñanzas han sido el cimiento sobre el cual he construido este logro.

A mis abuelos y tías, por creer en mí hasta el final, sin ustedes, este logro no habría sido posible.

A mi hermana, por su apoyo incondicional y por siempre estar ahí para mí, en los momentos buenos y en los difíciles, tu fortaleza y dedicación me han inspirado a seguir adelante y alcanzar mis metas.

A mis amigos, por su compañía, por las risas y por ayudarme a mantener la calma en momentos de estrés.

A todos ustedes, con todo mi cariño y gratitud.

Juan Diego Torres Sarmiento.

AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias, por ser la inspiración para superarnos y cumplir esta meta.

A la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad del Azuay, por formarnos y ayudarnos a alcanzar nuestro título profesional.

A nuestro director de tesis, Ingeniero Javier Fernández de Córdova y al Ingeniero Daniel Tenelanda, por su dedicación, tiempo, paciencia y por guiarnos con sus conocimientos y experiencia en la elaboración de esta tesis.

A la Ingeniera Patricia Palacios, tribunal del proyecto de titulación, por el tiempo dedicado a realizar las correcciones y aclaraciones necesarias.

A nuestros amigos y futuros colegas que con su apoyo y compañerismo hicieron de esta experiencia algo memorable.

Pedro José Astudillo Moreira

Juan Diego Torres Sarmiento

INDICE DE CONTENIDOS

Estudio de Prefactibilidad para la Tecnificación del Sistema de Riego para el sector Raricucho, parroquia Susudel del cantón Oña, provincia del Azuay	i
DEDICATORIAS.....	i
INDICE DE CONTENIDOS.....	iii
ANEXOS.....	vi
INDICE DE FIGURAS	vii
INDICE DE TABLAS.....	ix
RESUMEN.....	xi
PALABRAS CLAVE.....	xi
ABSTRACT	xii
KEYWORDS	xii
ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA TECNIFICACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO PARA EL SECTOR RARICUCHO, PARROQUIA SUSUDEL DEL CANTÓN OÑA, PROVINCIA DEL AZUAY	1
Introducción.....	1
Antecedentes.....	2
Justificación	2
Objetivo general	3
Objetivos específicos.....	3
1 CAPÍTULO 1: RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN SOBRE EL PROYECTO 4	
1.1 Descripción general de la zona.....	4
1.1.1 Ubicación Geográfica	6
1.1.2 Área del Proyecto	7
1.1.3 Tipo de Sistema	8
1.1.4 Uso de Suelo.....	9
1.2 Criterios de Calidad del agua.....	10

1.3	Características Físicas del Suelo	12
1.4	Clima	15
1.5	Topografía	16
2	CAPÍTULO 2: CRITERIOS DE DISEÑO	18
2.1	Diseño Agronómico.....	18
2.1.1	Precipitaciones.....	18
2.1.2	Evapotranspiración	20
2.1.3	Necesidades netas de riego	25
2.1.4	Parámetros de riego	26
2.1.5	Caudal necesario.....	28
2.1.6	Riego por aspersión	29
2.2	Diseño Hidráulico.....	33
2.2.1	Definiciones Generales.....	33
2.2.2	Hidrostática.....	33
2.2.3	Hidrodinámica	34
2.2.4	Parámetros de la línea de conducción.....	34
2.2.5	Estructuras complementarias	39
2.2.6	Elementos especiales de una instalación	41
3	CAPITULO 3: DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO PRESURIZADO	53
3.1	Diseño Agronómico.....	53
3.1.1	Estudios preliminares	53
3.1.2	Características climáticas	54
3.1.3	Evapotranspiración potencial	57
3.1.4	Características de cultivo.....	58
3.1.5	Evapotranspiración de cultivo	58
3.1.6	Necesidades netas de riego	60
3.1.7	Parámetros de riego	62

3.1.8 Caudal necesario.....	65
3.2 Diseño Hidráulico.....	66
3.2.1 Diseño hidráulico de la red de distribución.....	66
Conclusiones.....	76
Recomendaciones	77
Bibliografía.....	78
Anexos.....	81

ANEXOS

Anexo 1: Anexo_1_susudel-raricucho

Anexo 2: Anexo_2_controno_areaderiego

Anexo 3: Anexo_3_shape_civil3D

Anexo 4: Anexo_4_Válvula_de_aire

Anexo 5: Anexo_5_Tanque_rompe_presión_tramo_2

Anexo 6: Anexo_6_Tanque_rompe_presión_tramo_3

Anexo 7: Anexo_7_Tanque_rompe_presión_tramo_4

Anexo 8: Anexo_8_Tanque_rompe_presión_tramo_5

Anexo 9: Anexo_9_Tanque_rompe_presión_tramo_6

Anexo 10: Anexo_10_Tanque_rompe_presión_tramo_7.1

Anexo 11: Anexo_11_Tanque_rompe_presión_tramo_7.2

Anexo 12: Anexo_12_diseño hidráulico

Anexo 13: Anexo_13_diseño agronómico

Anexo 14: Anexo_14_Balance hídrico – Susudel-Oña

Anexo 15: Anexo_15_P70 – Susudel_Oña

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Ubicación geográfica cantón Oña y Provincia del Azuay	4
Figura 1.2 Ubicación geográfica cantón Oña	5
Figura 1.3 Mapa cantón Oña	6
Figura 1.4 Delimitación del área a servir por el sistema de riego dividida en parcelas ...	7
Figura 1.5 Área de terreno a servir por el sistema de riego.....	7
Figura 1.6 Áreas efectivas de riego dentro de cada parcela	8
Figura 1.7 Reservorios existentes en la zona de estudio	8
Figura 1.8 Cobertura vegetal cantón Oña.....	10
Figura 1.9 Triángulo de texturas del suelo	13
Figura 1.10 Isotermas en el cantón Oña	15
Figura 1.11 Tipos de climas en el cantón Oña	16
Figura 1.12 Mapa de pendientes en el cantón Oña.....	17
Figura 2.1 Tuberías de fibrocemento.....	41
Figura 2.2 Tuberías de policloruro de vinilo (PVC).....	43
Figura 2.3 Tuberías de polietileno (PE).....	44
Figura 2.4 Tipos de válvulas de check	46
Figura 2.5 Tipos de válvulas de pie	47
Figura 2.6 Tipos de válvulas de cierre.....	47
Figura 2.7 Válvula de control	48
Figura 2.8 Juntas para la unión de tuberías de fibrocemento	50
Figura 2.9 Accesorios para la unión de tuberías de PVC	51
Figura 2.10 Accesorios de polietileno para unión de tuberías de polietileno.....	52
Figura 2.11 Accesorios de latón para unión de tuberías de polietileno.....	52
Figura 3.1 Vista del área de estudio	53
Figura 3.2 Mapa geo pedológico suelo Franco Arcilloso presente en la zona	54
Figura 3.3 Datos para el programa Cropwat	58
Figura 3.4 Balance hídrico sin riego.....	61
Figura 3.5 Balance hídrico con riego.....	62
Figura 3.6 Zonas de riego del diseño agronómico.....	66
Figura 3.7 Tramos de tubería.....	67
Figura 3.8 Línea piezométrica y perfil del tramo 1	69
Figura 3.9 Línea piezométrica y perfil del tramo 2	70

Figura 3.10 Línea piezométrica y perfil del tramo 3	71
Figura 3.11 Línea piezométrica y perfil del tramo 4	72
Figura 3.12 Línea piezométrica y perfil del tramo 5	73
Figura 3.13 Línea piezométrica y perfil del tramo 6	74
Figura 3.14 Línea piezométrica y perfil del tramo 7	74

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Criterios de Calidad del agua para uso agrícola en riego	11
Tabla 1.2 Parámetros de los niveles de Calidad del Agua para riego	11
Tabla 1.3 Clasificación de las partículas del suelo	13
Tabla 2.1 Eficiencias de riego estimadas en función del método de riego.....	27
Tabla 2.2 Factores de reducción por pendiente	28
Tabla 2.3 Coeficiente de rugosidad de Darcy-Weisbach en función del material y el estado de la tubería.....	36
Tabla 2.4 Coeficiente de Hazen-Williams (C)	38
Tabla 2.5 Velocidades máximas permisibles y su correspondiente coeficiente de rugosidad de Manning.....	39
Tabla 2.6 Clasificación de las tuberías por su presión normalizada.....	41
Tabla 2.7 Espesor de tuberías de fibrocemento	42
Tabla 2.8 Espesor de tuberías de PVC	43
Tabla 2.9 Espesor de tuberías de polietileno de baja densidad	44
Tabla 2.10 Espesor de tuberías de polietileno de alta densidad	45
Tabla 3.1 Propiedades hidro-físicas de los suelos en función de su textura.....	54
Tabla 3.2 Precipitación promedio mensual	55
Tabla 3.3 Valores de la probabilidad de ocurrencia (Pr).....	55
Tabla 3.4 Precipitación efectiva mensual	57
Tabla 3.5 Temperatura promedio mensual	57
Tabla 3.6 Cultivos de la región en análisis.....	58
Tabla 3.7 Coeficientes de cultivo	60
Tabla 3.8 Balance hídrico sin riego	60
Tabla 3.9 Balance hídrico con riego	61
Tabla 3.10 Parámetros de riego	65
Tabla 3.11 Zonas de estudio	65
Tabla 3.12 Resultados tramo 1	69
Tabla 3.13 Resultados tramo 2	69
Tabla 3.14 Resultados tramo 3	70
Tabla 3.15 Resultados tramo 4	71
Tabla 3.16 Resultados tramo 5	72
Tabla 3.17 Resultados tramo 6	73

Tabla 3.18 Resultados tramo 7 74

RESUMEN

En esta tesis se realizó el estudio de prefactibilidad para un sistema de riego tecnificado a presión en el sector de Raricucho en la parroquia Susudel, cantón Oña, provincia del Azuay, se busca beneficiar aproximadamente a 52 hectáreas de terreno, de las cuales 26 son de área efectiva de riego. Todas las propiedades son de uso agrícola y ganadero. A través de un diseño agronómico se determinó las necesidades de riego de los cultivos existentes y el diseño hidráulico determinó especificaciones técnicas de las conducciones, reservorio, tanques rompe presión y tramos de tubería. Además, se brindan algunas recomendaciones para operación y mantenimiento del sistema.

PALABRAS CLAVE

riego, presión, aspersión, diseño agronómico, diseño hidráulico.

ABSTRACT

In this thesis, a prefactibility study was conducted for a pressure irrigation system in the Raricucho sector in the parish of Susudel, canton Oña, province of Azuay. Approximately 52 hectares of land will benefit, of which 26 are of effective irrigating area. All properties are for agricultural and livestock use. Irrigation needs of existing crops were determined through an agronomic design, and the hydraulic design informed technical specifications for the pipelines, reservoir, pressure-break tanks, and piping branches. In addition, some recommendations for the operation and maintenance of the system are provided.

KEYWORDS

irrigation, pressure, sprinkler, agronomic design, hydraulic design

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA TECNIFICACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO PARA EL SECTOR RARICUCHO, PARROQUIA SUSUDEL DEL CANTÓN OÑA, PROVINCIA DEL AZUAY

Introducción

Hoy en día la producción agrícola se ha visto afectada por las extensas sequías, extremos fríos e incluso abundantes lluvias, por lo tanto, para el agricultor es importante mantener sus cultivos irrigados de manera controlada, a un bajo costo y con otras consideraciones importantes para proteger su inversión, sus terrenos y sus cultivos, una forma de hacerlo es implementar un sistema de riego.

Existen muchos tipos de sistemas de riego, todos con la misma finalidad, sin embargo, no con la misma eficiencia, esto marca la diferencia dependiendo del tipo de cultivo que se quiera irrigar. Uno de los sistemas más conocidos es el sistema de riego por gravedad o superficial, este es el método más barato ya que no necesita tecnificación ni preparación del usuario, así mismo es el menos eficiente puesto que se desperdicia mucha agua en la red de distribución y en las parcelas, (Schwab et al., 1990).

Por otro lado, el sistema de riego por aspersión es uno de los más eficientes, ya que se usa tuberías que conducen el agua a presión, aprovechando los desniveles topográficos de la zona para poder accionar elementos de riego como aspersores, para satisfacer las necesidades de los usuarios, (García Arpi y Samaniego Delgado, 2019).

También existen otros sistemas de riego que suministran el agua de manera distinta, por ejemplo, el sistema por goteo que dota de pequeñas cantidades de agua a plantas individuales mediante el uso de tubos porosos que aplican el agua directamente a las raíces y evitando pérdidas por evaporación, sin embargo, se dificulta la operación de maquinaria al estar las tuberías en la superficie, (Quinde y Zhagui, 2019).

El presente trabajo de titulación tiene por objetivo realizar un estudio de prefactibilidad para un sistema de riego presurizado para el sector de Raricucho de la parroquia Susudel en el cantón Oña de la provincia del Azuay. De esta manera, se busca mejorar la eficiencia de riego actual, para contribuir el desarrollo e incremento de productividad de la zona.

Antecedentes

La comunidad de Raricucho, se ubica en la parte alta de la parroquia Susudel, es una zona de producción agrícola que cuenta con parcelas de terreno que son destinadas a distintos propósitos como: agrícolas, agropecuarios, vivienda, entre otros. Actualmente dicho sector cuenta con un sistema de riego por gravedad, el cual abastece a 72 parcelas de terreno, en los cuales existen viviendas y familias que dependen de la producción de estos. La construcción de reservorios ha sido una alternativa para almacenar el agua que proviene del sistema de riego por gravedad para ser usada durante el periodo de estiaje, en el sector existen 64 reservorios distribuidos en las diferentes propiedades de los usuarios que buscan tener agua almacenada para el riego de sus cultivos, estos reservorios han comenzado a evidenciar filtraciones y deslizamientos de tierra en la parte baja del sector por la carga constante del agua almacenada. Esto pone en riesgo terrenos y viviendas aledañas a la zona de estudio que a largo plazo podrían incluso presentar problemas más severos.

Justificación

La época de sequía es sin duda la más preocupante para los agricultores y personas dedicadas al campo en cualquier índole. El sector de Raricucho no es la excepción, debido a que en épocas de estiaje el sistema de riego por gravedad deja de proveer el servicio adecuadamente. Por lo tanto, los usuarios se ven obligados a hacer uso de reservorios construidos artesanalmente para mantener sus cultivos en estado óptimo, esto genera un esfuerzo y costo adicional de operación en las propiedades que requieren el riego.

El uso casi obligado de los reservorios no solo genera costos y esfuerzos de operación adicionales, también genera pérdidas del más valioso recurso del agricultor, el agua, debido a que en el acarreo de mangueras el agua se riega y no todo el caudal llega a los cultivos.

Por otra parte, la construcción de reservorios sin criterios técnicos conlleva un problema de estabilidad en la parte baja del sector, ya que en las vías del centro parroquial de Susudel se han comenzado a notar roturas en los ejes viales y presencia de agua. Esto puede atribuirse a la presencia de los reservorios antes mencionados, mismos que no cuentan con una adecuada impermeabilización.

En este sentido, es imprescindible contar con un adecuado sistema de riego para la comunidad, debido a que la agricultura es parte del sustento de los usuarios que actualmente dependen del uso directo de la vertiente de la quebrada Raricucho, la misma que es alimentada por las vertientes Rambran-Cucho, Huagrascachi y Agua Hermosa.

Para mejorar el sistema de riego en la comunidad se propone tecnificar el mismo, cambiando el sistema de riego a gravedad actual por un sistema tecnificado a presión. En las cercanías de la zona se ha identificado un reservorio comunal existente de gran capacidad de almacenamiento (volumen aproximado de 40.000 m³) que en invierno recoge el agua directamente de la vertiente Raricucho a través de una conducción con tubería. Por tanto, el diseño tecnificado por aspersión en este estudio se evaluará a partir de este gran reservorio comunal, para diseñar las líneas de conducción principal y secundarias hacia las diferentes parcelas, con el fin de que cuenten con el servicio de riego tecnificado. Así, a través de un estudio climatológico se evaluarán las áreas efectivas de riego con el objetivo de prescindir en el mejor de los casos de los 64 micro reservorios familiares.

Objetivo general

- Realizar estudios y diseños preliminares para un sistema de riego presurizado que sirva al sector Raricucho, parroquia Susudel del cantón Oña, provincia del Azuay.

Objetivos específicos

- Recopilar información necesaria para el diseño.
- Obtener las necesidades hídricas de los cultivos a través de un diseño climatológico agronómico.
- Realizar el diseño hidráulico para riego tecnificado a presión.

1 CAPÍTULO 1: RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN SOBRE EL PROYECTO

1.1 Descripción general de la zona

El Proyecto de tecnificación de riego se encuentra en el sector de Raricucho, situado en la parroquia Susudel perteneciente al cantón Oña, al sur de la provincia del Azuay, ubicado en las coordenadas geográficas: 3°23'59.76"S 79°11'48.90"O. Según los resultados obtenidos por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos en el 8vo censo de población y 7mo de vivienda en la provincia del Azuay, la población total a octubre de 2023 es de 801.609 habitantes, y solo en la parroquia Susudel hay 1188 habitantes. (INEC, 2023). En la figura 1.1 se puede observar la ubicación del cantón Oña dentro de la provincia del Azuay.

Figura 1.1 Ubicación geográfica cantón Oña y Provincia del Azuay



Fuente: Mapas interactivos Ecuador

El cantón Oña históricamente ha basado sus actividades productivas en cultura, turismo, agricultura y ganadería, (Prefectura del Azuay, 2013). Estas dos últimas son primordiales para su desarrollo económico, de ahí la necesidad de un adecuado sistema de riego.

El cantón Oña, como se observa en la figura 1.2 limita al Norte con el cantón Nabón, al Sur y Oeste con la provincia de Loja y al Este con la provincia de Zamora Chinchipe.

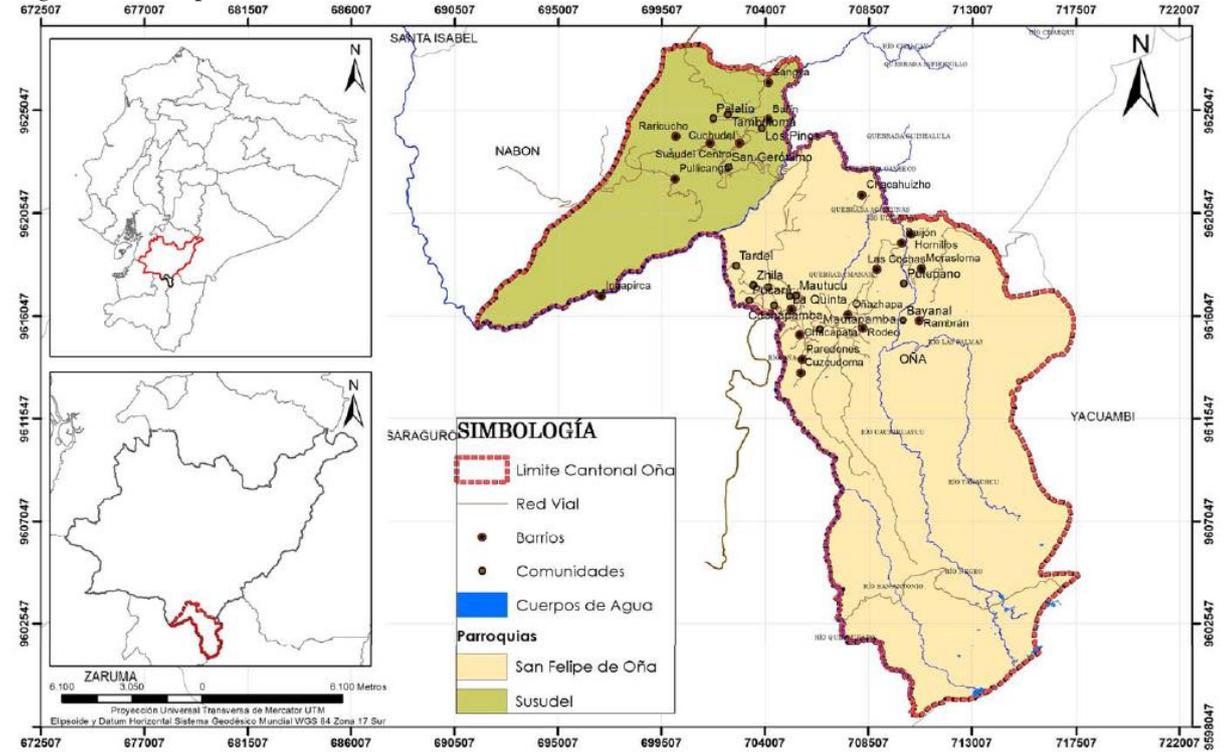
Figura 1.2 Ubicación geográfica cantón Oña



Fuente: Atlas Azuay

En la figura 1.3 está el mapa político de Oña y sus límites principales causas de agua, redes viales, barrios y comunidades.

Figura 1.3 Mapa cantón Oña



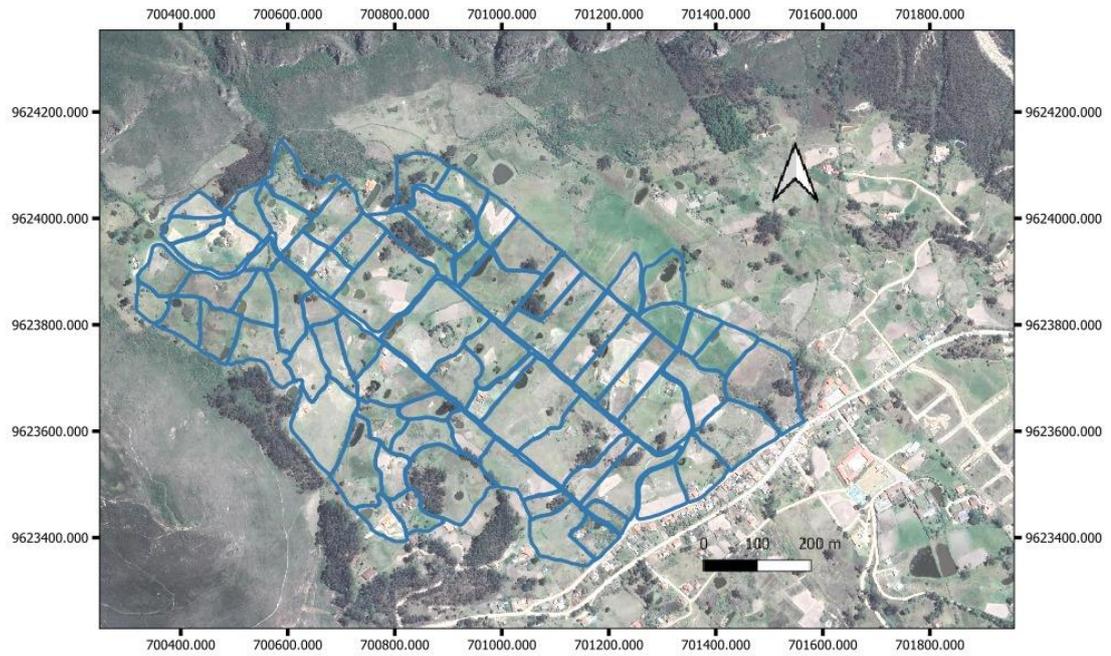
Fuente: PDOT Oña

1.1.1 Ubicación Geográfica

Raricucho es un sector de la parroquia Susudel en el cantón Oña, ubicado al sur de la provincia del Azuay. Las coordenadas UTM según el sistema WGS84 zona 17 Sur, del inicio de la conducción son las siguientes: Norte: 9624013.80. Este: 700320.30.

En la figura 1.4 se observa la delimitación del área del proyecto de riego dividida en parcelas a ejecutarse.

Figura 1.4 Delimitación del área a servir por el sistema de riego dividida en parcelas



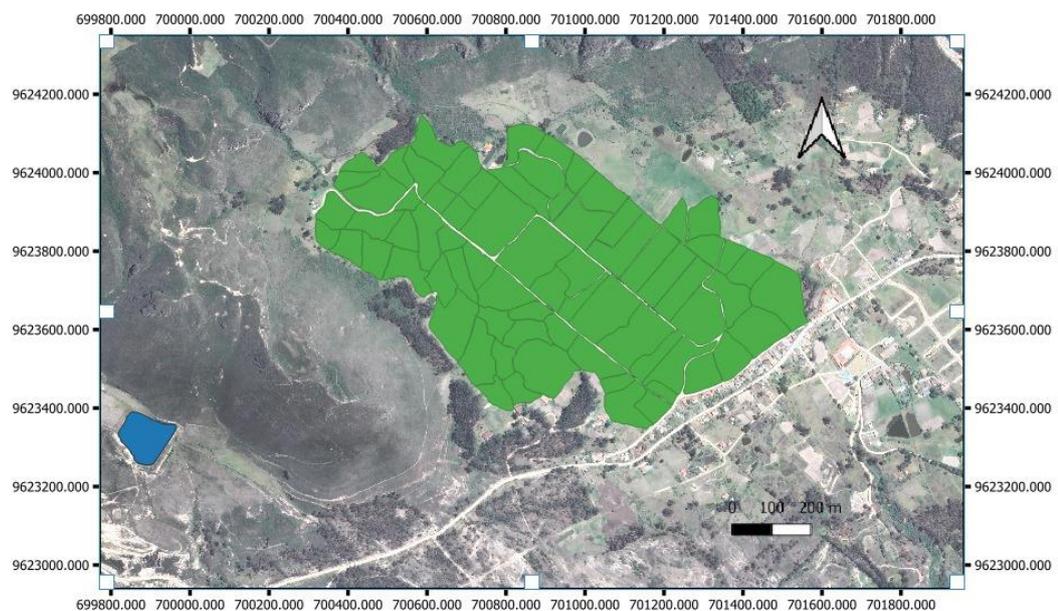
Fuente: Elaboración propia

1.1.2 Área del Proyecto

El área aproximada del proyecto es de 53 hectáreas, considerando solamente las parcelas beneficiadas, también hay que incluir el área correspondiente al reservorio y las conducciones, además de estructuras complementarias correspondientes.

En la figura 1.5 se muestra el área total del estudio dividida en parcelas y el reservorio.

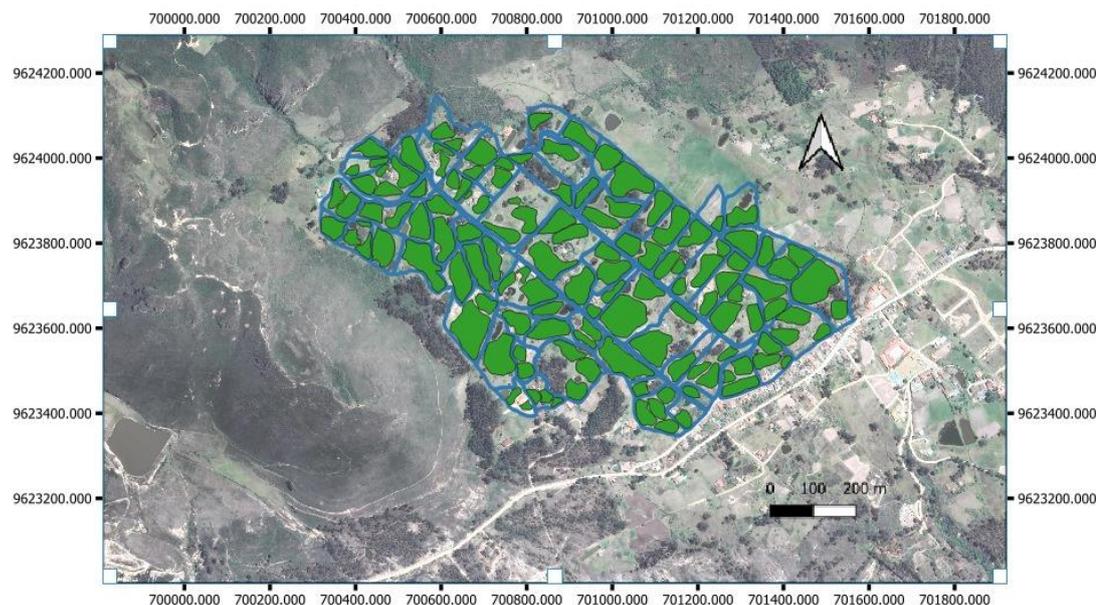
Figura 1.5 Área de terreno a servir por el sistema de riego



Fuente: Elaboración propia

En la figura 1.6 se puede observar el área efectiva de riego de las parcelas.

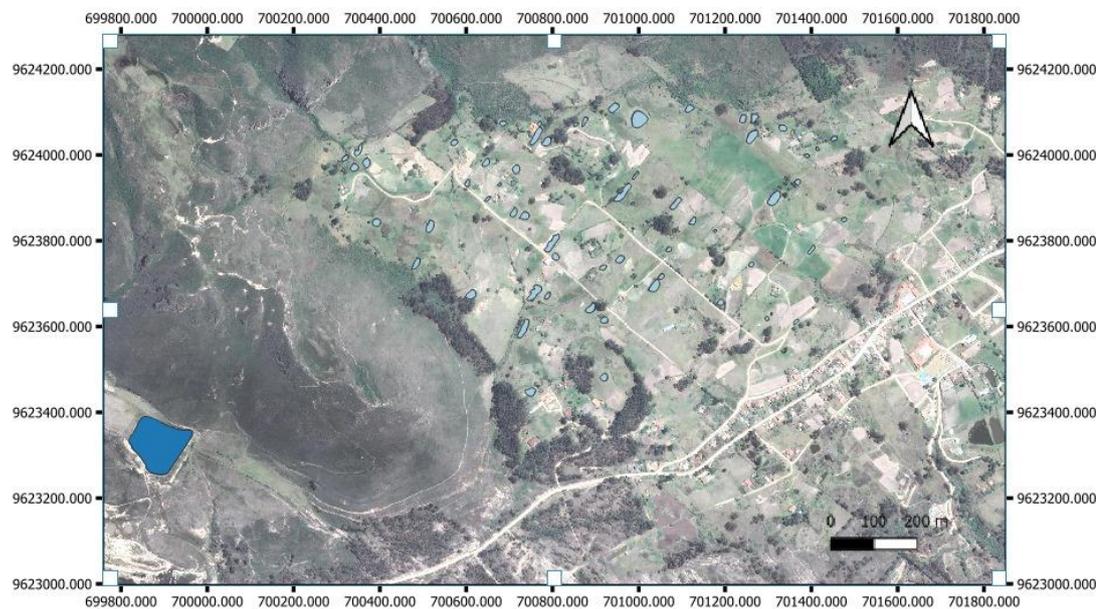
Figura 1.6 Áreas efectivas de riego dentro de cada parcela



Fuente: Elaboración propia

En la figura 1.7 se observa la cantidad de micro reservorios que existen en la zona de estudio y el reservorio principal que es el que se pretende usar.

Figura 1.7 Reservorios existentes en la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia

1.1.3 Tipo de Sistema

Actualmente existe en el sector un obsoleto sistema de riego, el cual sirve a las parcelas por la acción de la gravedad de manera ineficiente, además el uso de los 64 reservorios

existentes de abastecimiento no regulados ni técnicamente construidos genera inestabilidad en las zonas bajas del sector.

Se busca tecnificar el sistema, para que no exista desabastecimiento en época de estiaje y que el caudal llegue regulado en épocas de abundante lluvia. Es primordial tecnificar el sistema para generar una buena producción agrícola y por consiguiente mejorar la soberanía alimentaria de la población.

El objetivo del sistema nuevo es captar el agua de la quebrada Raricucho y Rambrancucho, para luego, aprovechar la diferencia de cotas y conducirla mediante tubería a presión a un reservorio de aproximadamente 40.000 metros cúbicos, eliminando los reservorios pequeños con los que cuenta cada parcela. Del reservorio general, se re-distribuye el agua de riego hacia las parcelas, para su posterior uso en riego por aspersión o por goteo.

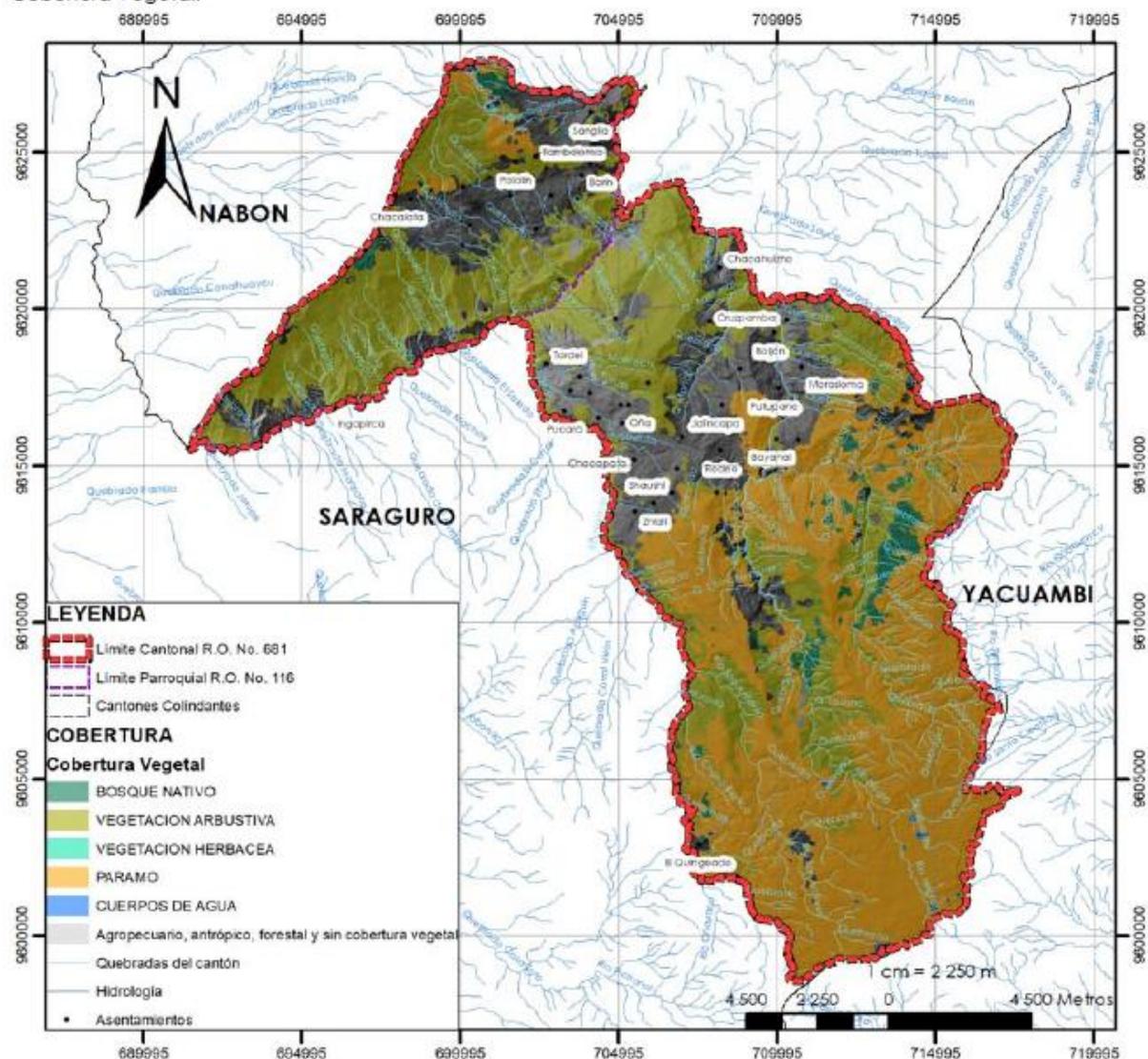
1.1.4 Uso de Suelo

El sector Raricucho se encuentra ubicado en la parte alta de la cuenca del Río León, por lo tanto, presenta un clima un poco más frío y los cultivos que ahí se producen son propios de este piso ecológico que se encuentra a una altura aproximada de 2650 a 2700 m.s.n.m.

El área para servir es de aproximadamente 53 hectáreas que se usan casi en su totalidad para producción agrícola de maíz, cebolla, legumbres, entre otros, por ende, las necesidades de riego son más específicas. En la figura 1.8 se observa la cobertura del suelo y el uso de este.

Figura 1.8 Cobertura vegetal cantón Oña

Cobertura Vegetal.



Fuente: MAGAP.

Fuente: PDOT Oña

1.2 Criterios de Calidad del agua

Es imprescindible que el agua que se usa para regar los cultivos cumpla con ciertos criterios de calidad para que las siembras no se vean afectadas por este factor. El Ministerio del Ambiente del Ecuador, en su libro 6, Anexo 1 del Texto Unificado de Legislación Secundaria, describe al agua de uso agrícola como toda agua utilizada para la irrigación de cultivos y actividades complementarias que establezcan los organismos competentes, (Ministerio del Ambiente, 2015). Por lo tanto, se prohíbe el uso de aguas servidas, a excepción de aguas servidas tratadas y que cumplan con parámetros de calidad establecidos.

En la tabla 1.1 se expresan los criterios de calidad admitidas para uso de riego.

Tabla 1.1 Criterios de Calidad del agua para uso agrícola en riego

PARAMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
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
Cromo	Cr ⁺⁶	mg/l	0.1
Flúor	F	mg/l	1.0
Hierro	Fe	mg/l	5.0
Litio	Li	mg/l	2.5
Mercurio	Hg	mg/l	0.001
Manganeso	Mn	mg/l	0.2
Molibdeno	Mo	mg/l	0.01
Niquel	Ni	mg/l	0.2
Ph	pH		6-9
Plomo	Pb	mg/l	5.0
Selenio	Se	mg/l	0.02
Vanadio	V	mg/l	0.1
Coliformes fecales	NMP	NMP/100ml	1000
Huevos de parásitos			Ausencia
Aceites y grasas	Película visible		Ausencia
Materias flotantes	visible		Ausencia

Fuente: Texto Unificado de Legislación MAE.

En la tabla 1.2 se indica el grado de restricción para cada problema potencial o contaminante.

Tabla 1.2 Parámetros de los niveles de Calidad del Agua para riego

PROBLEMA POTENCIAL	UNIDADES	GRADO DE RESTRICCIÓN		
		NINGUNO	LIGERO MODERADO	SEVERO
Salinidad (1)				
CE (2)	milimhos/cm	0.7	0.7-3.0	>3.0
SDT (3)	mg/l	450	450-2000	>2000
Infiltración (4)				
RAS=0-3yCE=		0.7	0.7-0.2	<0.2
RAS=3-6yCE=		1.2	1.2-0.3	<0.3
RAS=6-12yCE=		1.9	1.9-0.5	<0.5
RAS=12-20yCE=		2.9	2.9-1.3	<1.3
RAS=20-40yCE=		5.0	5.0-2.9	<2.9
Toxicidad por iones específicos (5)				
Sodio				

Irrigación superficial RAS (6)	meq/l	3.0	3.0-9.0	>9
Aspersión	meq/l	3.0	3.0	
Cloruros				
Irrigación superficial	meq/l	4.0	4.0-10.0	>10
Aspersión	meq/l	3.0	3.0	
Boro	mg/l	0.7	0.7-3.0	>3
Efectos misceláneos (7)				
Nitrógeno (N-NO ₃ -)	mg/l	5.0	5.0-30.0	>30
Bicarbonato (HCO ₃ -) solo aspersión	meq/l	1.5	1.5-8.5	>8.5
pH	Rango normal		6.5-8.4	

Fuente: Texto Unificado de Legislación MAE

*es el grado de limitación, que indica el rango de factibilidad para el uso de agua.

(1): afecta la disponibilidad de agua para los cultivos.

(2): CE= conductividad eléctrica de agua de regadío.

(3): SDT= sólidos disueltos totales.

(4): afecta a la tasa de infiltración de agua en el suelo.

(5): afecta a la sensibilidad de los cultivos.

(6): RAS, relación de absorción de sodio ajustada

(7): afecta a los cultivos susceptibles

1.3 Características Físicas del Suelo

El suelo está compuesto por partículas minerales provenientes de rocas degradadas, y otras partículas que se originan de restos animales o vegetales, estas últimas conocidas como materia orgánica. Puede parecer a simple vista que estas partículas se juntan sin dejar espacios entre sí, sin embargo, dejan pequeños espacios llamados poros, (Carrazón, 2018).

Las principales características físicas del suelo son: Textura, Estructura, Porosidad. Estas afectan la retención del agua en el suelo.

Textura: Esta característica hace referencia al contenido de partículas de distinto tamaño como arenas, limos, o arcillas en el suelo (Carrazón, 2018). A partir de esto, las partículas se pueden clasificar de acuerdo con su diámetro.

Tabla 1.3 Clasificación de las partículas del suelo

PARTICULAS DE SUELO	DIAMETRO (mm)
Gravas y piedra	>2.0
Arena	0.05-2.0
Limo	0.002-0.05
Arcilla	<0.002

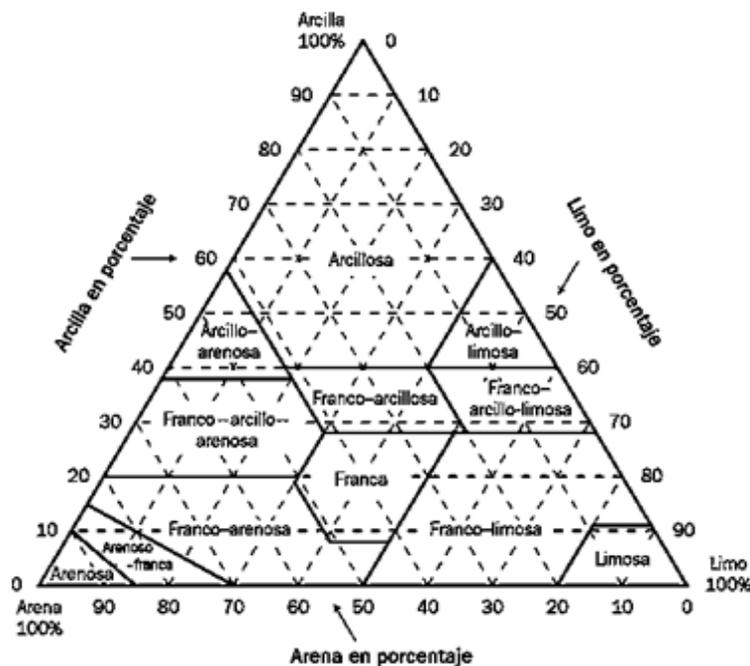
Fuente: Manual práctico de Miniriego FAO.

En la tabla 1.3 se aprecia la clasificación del suelo y los diámetros de cada uno de sus componentes.

En base a un análisis granulométrico se puede clasificar el suelo en base a su curva granulométrica y a la mayor cantidad de material que este tenga en su composición.

La figura 1.9 es un triángulo de las texturas del suelo que se define a partir del análisis granulométrico antes mencionado.

Figura 1.9 Triángulo de texturas del suelo



Fuente: Manual práctico de Miniriego FAO

Estructura: Se refiere a la disposición de partículas de un suelo para formar otras de mayor tamaño llamadas agregados. El tamaño de estos depende de la presión a la que son sometidos y a su composición, además de como sea manejado el terreno en cuanto a compactación, consolidación y buenas prácticas de cultivo, este último está relacionado con el uso de maquinaria pesada agrícola que desgarrar el terreno para la siembra y daña los agregados, (Fuentes, 1996).

Porosidad: Se define como la fracción de volumen de suelo no ocupada por materia sólida, es decir la cantidad de espacios vacíos existentes entre partícula y partícula, (Fuentes, 1996). Cuando el suelo está seco, los poros existentes, suelen ser ocupados por aire, pero cuando está mojado estos se llenan con agua. Los suelos arcillosos tienden a esponjarse cuando están mojados, así cierran sus poros por el mismo hecho de estar saturados. (Carrazón, 2018).

Densidad aparente: Hace referencia a la densidad de un suelo, incluyendo el volumen ocupado por los poros. Se determina dividiendo el peso de una muestra de suelo seco entre el volumen total, (Fuentes, 1996).

En los sistemas de riego es importante conocer el valor de la densidad aparente, pues determina la capacidad de almacenaje de agua en el suelo, varía de acuerdo con los cambios que se produzcan como la disminución de materia orgánica o el labrado del terreno. (Carrazón, 2018).

Contenido de agua en el suelo: Es una reserva de agua en el suelo para las plantas, además permite calcular cuánto regar y con qué magnitud hacerlo (Carrazón, 2018).

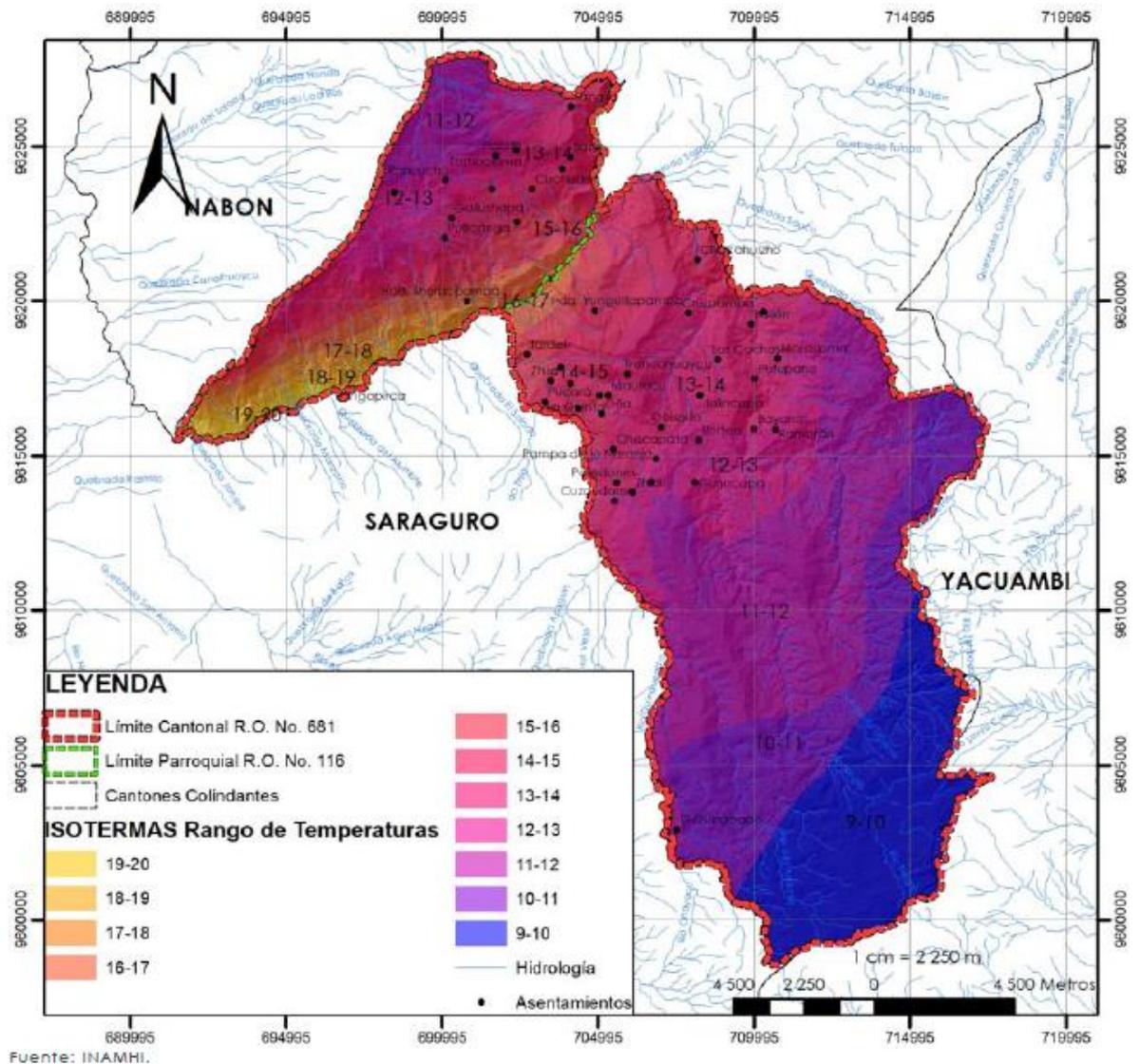
Niveles de humedad en el suelo: Conformado por 3 niveles que son:

- a) Saturación: Un suelo se satura cuando todos sus poros están llenos de agua, generalmente esto pasa luego de una lluvia o un riego excesivo, al estar el suelo mucho tiempo en este estado es posible que las plantas mueran, (Fuentes, 1996).
- b) Capacidad de Campo (CC): Es el nivel máximo de humedad que el suelo puede retener, es necesaria para el crecimiento de los cultivos, se suele expresar en porcentaje de volumen de agua (Carrazón, 2018)
- c) Punto de marchitez permanente (PMP): Nivel en el cual los cultivos ya no pueden utilizar más agua a pesar de que todavía exista en el suelo. Esto se debe a que el agua se pierde por percolación antes de que las plantas pudieran utilizarlo y porque el agua existente en el nivel anterior fue absorbida por las raíces o se evaporó. Al llegar a este nivel, ya no hay suficiente cantidad de agua para las plantas por lo que terminan por marchitarse y morir (Carrazón, 2018).

1.4 Clima

El cantón Oña, está en la región Sierra, por lo tanto, presenta una media de temperatura baja, sin embargo, tiene ciertos sectores en los cuales el clima llega a elevarse un poco más, debido a que tiene la cuenca baja del río León y el río Oña, además de tener fuertes vientos por su condición montañosa y su altura sobre el nivel del mar, (Prefectura del Azuay, 2013). La zona específica de estudio está en la parte alta de la cuenca del río León y su clima es ventoso y frío a pesar de estar a pocos kilómetros de una zona más cálida. El cantón tiene una temperatura que oscila de 12° C a 20° C, la mayor parte del año tiene un valor medio de 15° C como se observa en la figura 1.10 su estación de lluvias está presente de enero a mayo.

Figura 1.10 Isotermas en el cantón Oña
Isotermas en el cantón San Felipe de Oña.

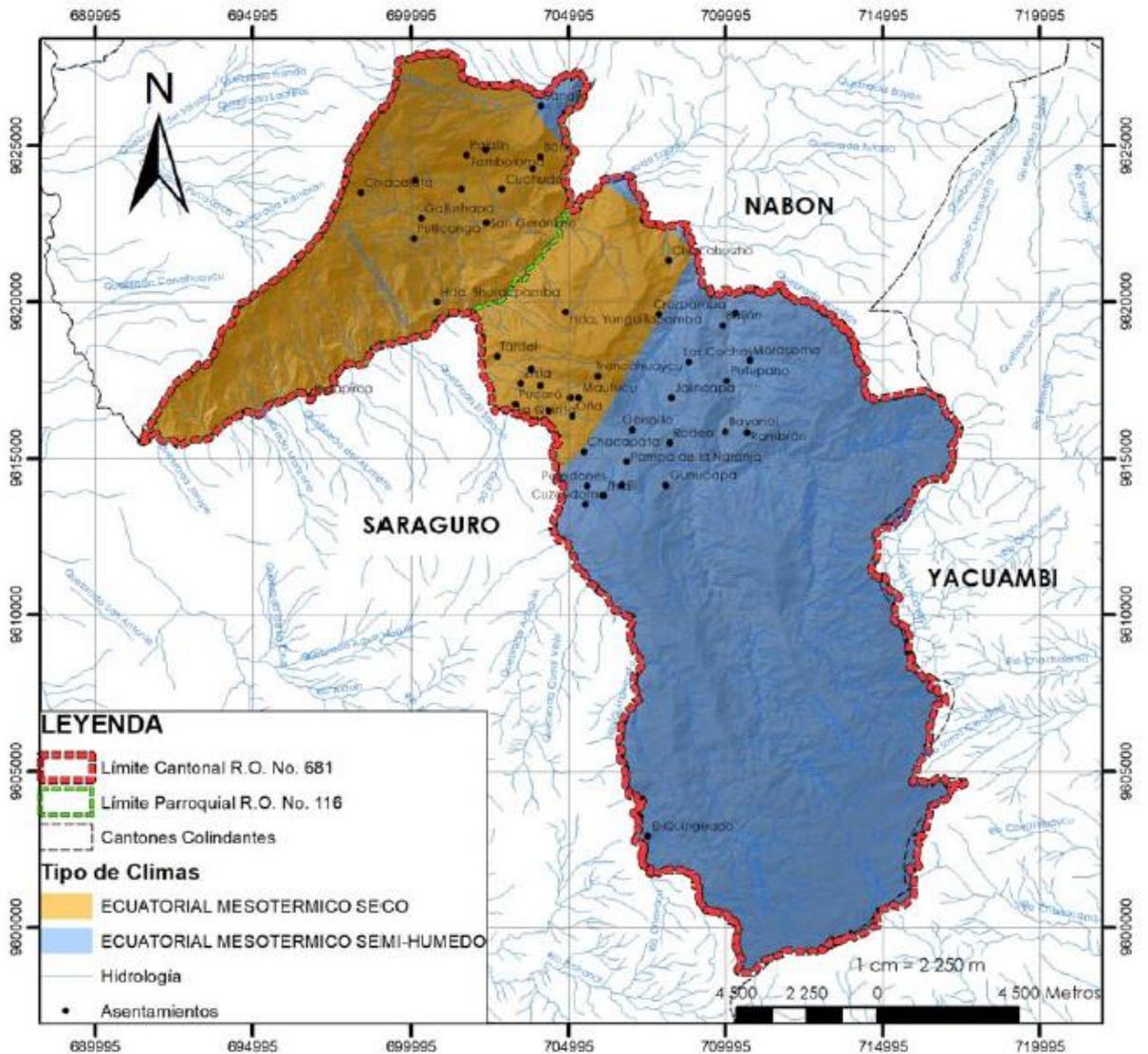


Fuente: PDOT Oña

En la figura 1.11 se muestra los tipos de climas del cantón San Felipe de Oña.

Figura 1.11 Tipos de climas en el cantón Oña

Tipos de Climas en el cantón San Felipe de Oña.



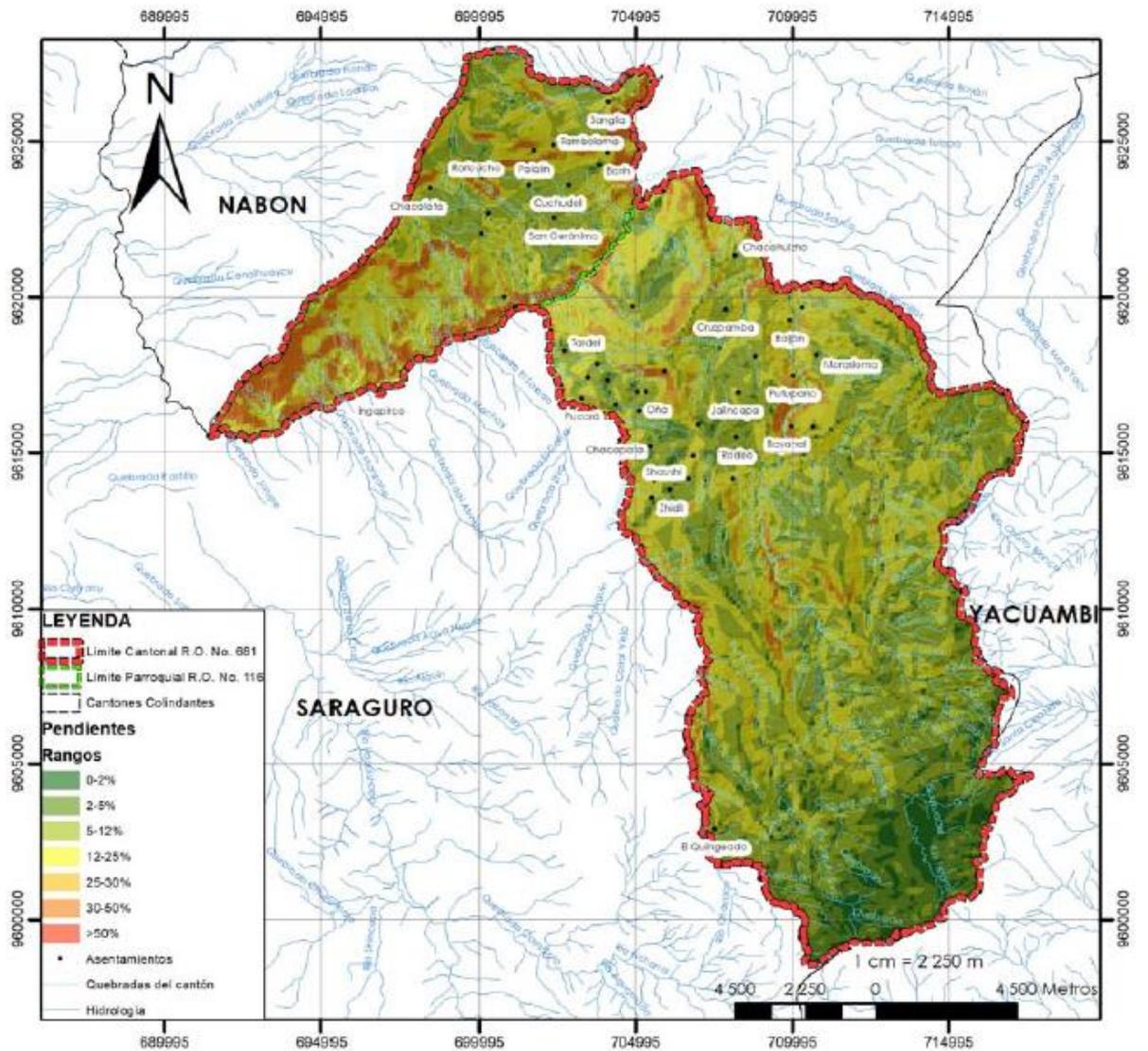
Fuente: Base de datos MAE.

Fuente: PDOT Oña

1.5 Topografía

El cantón Oña está ubicado en la región interandina, presenta un terreno ondulado a inclinado, por lo tanto, es de esperarse pendientes pronunciadas y terrenos ondulados, (GAD de Oña, 2023). En la figura 1.12 se muestra un mapa con rangos de pendientes dentro del cantón.

Figura 1.12 Mapa de pendientes en el cantón Oña
Análisis de Pendientes en el cantón.



Fuente: IGM

Fuente: PDOT Oña

2 CAPÍTULO 2: CRITERIOS DE DISEÑO

2.1 Diseño Agronómico

El diseño agronómico permite determinar la cantidad de agua necesaria para regar una superficie determinada, el prediseño y el cálculo del sistema de riego que va a servir al sector de Raricucho se basa en el Manual práctico de Miniriego publicado a través de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO), por sus siglas en inglés, de Julián Carrazón Alocén, Ingeniero agrónomo y socio del Programa Especial para la Seguridad Alimentaria (PESA).

2.1.1 Precipitaciones

Las precipitaciones son de los fenómenos atmosféricos más comunes y notables, se presenta en forma líquida o sólida (granizo o nieve) o de ambas formas al mismo tiempo. Las precipitaciones se producen cuando el aire con vapor asciende y se enfría a 20 o 30 °C bajo cero y se condensa, aparecen pequeños cristales de hielo y gotas de agua, que, por la saturación de las nubes, las gotas aumenten su tamaño y por la gravedad caen hacia la tierra.

2.1.1.1 Precipitación probable

En climas variables es recomendable trabajar con precipitaciones probables y no promedios, contrario a lo que generalmente indica la literatura para el cálculo de las necesidades de riego, ya que existe la posibilidad de que un valor semejante o superior se presente cada tantos años, (Carrazón, 2018).

Se recomienda trabajar con distintas probabilidades de precipitaciones dependiendo del valor económico que tenga el cultivo, por ejemplo, para cultivos de alto valor económico se recomienda trabajar con precipitaciones con un 90% de probabilidad, 70% de probabilidad para cultivos de autoconsumo y 60% de probabilidad para cultivos de bajo valor económico.

La precipitación probable se determina con la ecuación 1:

$$P_{pm} = I_p * P_p \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

P_{pm} = Precipitación probable mensual (mm)

I_p = Índice de precipitación

P_p = Precipitación promedio anual (mm)

En función de la probabilidad con la que se vaya a trabajar dependiendo del valor económico del cultivo, se define el índice de precipitación.

1. Cuando se tiene datos completos de alguna estación meteorológica cercana al proyecto, es decir, se cuenta con datos mensuales de los últimos años. Para este caso se calcula de la siguiente manera el índice de precipitación.

- Se ordena los datos de precipitación anual de mayor a menor
- Se calcula el índice de precipitación de cada dato con la ecuación 2.

$$I_p = \frac{P}{P_p} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde:

I_p = Índice de precipitación

P = Precipitación de cada año (mm)

P_p = Precipitación promedio anual (mm)

- Se determina la probabilidad de ocurrencia de cada valor de precipitación anual con la ecuación 3.

$$P_r = \frac{2 * m - 1}{2 * N} * 100 \quad (\text{Ecuación 3})$$

Donde:

P_r = Probabilidad de ocurrencia (mm)

m = Número de orden de cada valor de precipitación anual

N = Número de años de la serie de datos

- El índice de precipitación para la probabilidad buscada se obtiene con la ecuación 4.

$$I_p \text{ buscado} = I_p \text{ mayor} - \frac{P_r \text{ buscado} - P_r \text{ menor}}{P_r \text{ mayor} - P_r \text{ menor}} * (I_p \text{ mayor} - I_p \text{ menor}) \quad (\text{Ecuación 4})$$

2. Cuando se cuenta con datos de precipitación probable de una estación climática cercana.
3. Cuando no se cuenta con datos de alguna estación meteorológica cercana, se usa datos teóricos del índice de precipitación.

2.1.1.2 Precipitación efectiva

La precipitación efectiva es una fracción de la precipitación total, anual o estacional y se usa para satisfacer las necesidades de agua que tiene el cultivo.

(Carrazón, 2018), propone las siguientes ecuaciones dependiendo de la precipitación probable mensual (P_{pm}):

1. Para P_{pm} menor a 250 mm, se propone la ecuación 5.

$$P_e = (125 - 0.2 * P_{pm}) * \frac{P_{pm}}{125} \quad (\text{Ecuación 5})$$

2. Para P_{pm} mayor o igual a 250 mm =, se propone la ecuación 6.

$$P_e = 0.1 * P_{pm} + 125 \quad (\text{Ecuación 6})$$

Donde:

P_e = Precipitación efectiva (mm)

P_{pm} = Precipitación probable mensual (mm)

2.1.2 Evapotranspiración

El término es la combinación de dos procesos separados, la evaporación y la transpiración, (Quinde y Zhagui, 2019). La evaporación es el proceso por el cual el agua líquida se transforma en vapor de agua y se retira de la superficie. La transpiración, consiste en la pérdida de vapor de agua de las plantas hacia la atmósfera, generalmente se da en las hojas a través de los poros.

2.1.2.1 Evapotranspiración Potencial (ETP)

Parámetro climático que manifiesta el poder evaporante de la atmósfera, (Allen et al., 2006). Se define como la velocidad a la que un determinado clima trata de evaporar el agua del sistema suelo vegetación, (Scheff y Frierson, 2014). Es un parámetro imprescindible para un proyecto de riego, (Quinde & Zhagui, 2019).

Para determinarla se usó la ecuación del método de Penman Monteith de la Organización para la Agricultura y Alimentos de las Naciones Unidas, (FAO) por sus siglas en inglés. (SiAR, 1990). En dicha ecuación se usan algunos parámetros como son:

- Calor latente de vaporización:

$$\lambda = 2.501 - (2.361 \times 10^{-3}) * T \quad (\text{Ecuación 7})$$

Donde:

λ = Calor latente de vaporización (MJ Kg⁻¹)

T = Temperatura del aire (°C)

- Pendiente de la curva de presión de vapor

$$\Delta = \frac{4098 e_a}{(T + 237.3)^2} \quad (\text{Ecuación 8})$$

Donde:

Δ = Pendiente de la curva de presión de vapor (KPa °C⁻¹)

e_a = Presión de vapor de saturación a temperatura T (KPa)

T = Temperatura del aire (°C)

- Constante psicrométrica

$$\gamma = 0.00163 \frac{P}{\lambda} \quad (\text{Ecuación 9})$$

Donde:

γ = Constante psicrométrica (KPa °C⁻¹)

P = Presión atmosférica (KPa)

λ = Calor latente de vaporización (MJ Kg⁻¹)

- Presión Atmosférica

$$P = 101.3 \left(\frac{293 - 0.0065z}{293} \right)^{5.26} \quad (\text{Ecuación 10})$$

Donde:

P = Presión atmosférica a una cota z (KPa)

z = Altura sobre el nivel del mar (cota) (m)

- Densidad atmosférica

$$\rho = 3.486 \frac{P}{T_{kv}} \quad (\text{Ecuación 11})$$

Donde:

ρ = Densidad atmosférica (Kg m³)

P = Presión atmosférica a una cota z (KPa)

T_{kv} = Temperatura (K)

$$T_{kv} = T_k \left(1 - 0.378 \frac{e_d}{P}\right)^{-1} \quad (\text{Ecuación 12})$$

Donde:

T_k = Temperatura absoluta (K) 27+T°C

e_d = Presión de vapor en el punto de rocío (KPa)

P = Presión atmosférica a una cota z (KPa)

- Presión de vapor de saturación

$$e_a = 0.611 \exp\left(\frac{17.27 T}{T + 237.3}\right) \quad (\text{Ecuación 13})$$

Donde:

e_a = Presión de vapor de saturación (KPa)

T = Temperatura (°C)

- Presión de vapor actual

$$e_d = \frac{e_d(T_{min}) + e_d(T_{max})}{2} \quad (\text{Ecuación 14})$$

Donde:

e_d = Presión de vapor actual

T_{min} = Temperatura a primera hora de la mañana

T_{max} = Temperatura a primera hora de la tarde

- Radiación extraterrestre

$$R_a = \frac{24 * 60}{\pi} G_{sc} d_r (\omega_s \sin\varphi \sin\delta + \cos\varphi \cos\delta \sin\omega_s) \quad (\text{Ecuación 15})$$

Donde:

R_a = Radiación extraterrestre (MJ m⁻² d⁻¹)

G_{sc} = Constante solar (0.0820)

d_r = Distancia relativa tierra – sol

δ = Declinación solar (rad)

φ = Latitud (rad)

ω_s = Ángulo a la hora de la puesta del sol (rad)

- Horas de luz

$$N = \frac{24}{\pi} \omega_s \quad (\text{Ecuación 16})$$

Donde:

N = Horas de luz (h)

ω_s = Ángulo a la hora de la puesta del sol (rad)

- Resistencia aerodinámica

$$r_a = \frac{208}{U_2} \quad (\text{Ecuación 17})$$

Donde:

R_a = Resistencia aerodinámica (s/m)

U_2 = velocidad del viento a 2 metros de altura (m/s)

- Flujo térmico del suelo

$$G = c_s d_s \left(\frac{T_n - T_{n-1}}{\Delta t} \right) \quad (\text{Ecuación 18})$$

Donde:

G = Flujo térmico del suelo ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$)

T_n = Temperatura °C en el día o mes n

T_{n-1} = Temperatura °C en el día o mes precedentes n

Δt = Longitud del periodo n (d)

c_s = calor específico para un suelo mojado medio ($\text{MJ m}^{-3} \text{°C}^{-1}$)

d_s = profundidad estimada del suelo efectivo (m)

- Ecuación de Penman Monteith

La forma original de la ecuación de Penman Monteith puede ser escrita así:

$$\lambda ET_o = \frac{\Delta(R_n - G) + \rho C_p(e_a - e_d)/r_a}{\Delta + \gamma(1 + \frac{r_c}{r_a})} \quad (\text{Ecuación 19})$$

Donde:

λET_o = Flujo de calor latente de evaporación ($\text{KJ m}^{-2} \text{s}^{-1}$)

R_n = Flujo de radiación neta en superficie ($\text{KJ m}^{-2} \text{s}^{-1}$)

G = Flujo térmico del suelo ($\text{KJ m}^{-2} \text{s}^{-1}$)

ρ = Densidad atmosférica (Kg m^{-3})

C_p = Calor específico del aire húmedo ($\text{KJ Kg}^{-1} \text{°C}^{-1}$)

$(e_a - e_d)$ = Déficit de presión de vapor (KPa)

r_c = Resistencia de la cubierta vegetal (s m^{-1})

r_a = Resistencia aerodinámica (s m^{-1})

Δ = Pendiente de la curva de presión de vapor (KPa °C^{-1})

γ = Constante psicrométrica (KPa °C^{-1})

λ = Calor latente de vaporización (MJ Kg^{-1})

2.1.2.2 Evapotranspiración de cultivo (ETC)

Se refiere a la demanda evaporativa de la atmosfera sobre los cultivos que se desarrollan en áreas grandes con condiciones óptimas de agua en el suelo, con propiedades ambientales y de manejo adecuadas que repercuten en una producción total, (Allen et al., 2006). se calcula con la ecuación 13.

$$ET_c = K_c * ET_o \quad (\text{Ecuación 20})$$

Donde:

ET_c = Evapotranspiración de cultivo (mm/mes)

K_c = Coeficiente de cultivo (adimensional)

ET_o = Evapotranspiración de referencia (mm/mes)

2.1.2.2.1 Coeficiente de cultivo

Integra las características tanto físicas como fisiológicas que distinguen a un cultivo de referencia, el mismo que tiene una apariencia uniforme y cubre en su totalidad la superficie del suelo de un cultivo tradicional de una zona, (Allen et al., 2006). Es un factor importante para la programación de riego y asignación del agua, (Shaozhong et al., n.d.).

(Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO, 2013), recomienda dos tipos de procedimiento para la determinación del coeficiente de cultivo. El procedimiento del coeficiente único de cultivo se utiliza para la planificación del riego, diseño y manejo, mientras que el sistema dual de cultivo se

suele utilizar en cálculos donde se necesitan estimaciones detalladas de evaporación de modelos de calidad del agua, proyectos de investigación, programación básica del riego y gestión del riego en tiempo real, (Quinde & Zhagui, 2019).

2.1.2.2.2 Curva del coeficiente de cultivo

Para estimar los valores de K_c en las diferentes temporadas de crecimiento, es preciso definir la duración de cada una de las fases de cultivo: inicial, desarrollo, media y final, y para cada una de ellas los coeficientes de cultivo correspondientes que se encuentran en tablas, pero que pueden ser ajustados en función de los datos del lugar del proyecto, (Allen et al., 2006).

Para generar la curva de un cultivo anual se sigue el procedimiento detallado a continuación.

- Se divide el ciclo de un cultivo en 4 fases: inicial, desarrollo, media y final.
- Deben definirse los 3 valores del coeficiente de cultivo $K_{c\text{inicial}}$, $K_{c\text{medio}}$ y $K_{c\text{final}}$.
- Al contar con la duración de las fases del cultivo y los valores de K_c , se puede dibujar la curva. En las fases inicial y media se dibujan líneas horizontales que contemplan los valores de $K_{c\text{inicial}}$ y $K_{c\text{medio}}$, en la fase de desarrollo se dibuja una diagonal ascendente desde $K_{c\text{inicial}}$, hasta $K_{c\text{medio}}$ y para la fase final una diagonal descendente desde $K_{c\text{medio}}$ hasta $K_{c\text{final}}$.
- Si las fases de cultivo han sido divididas en periodos de 10 años para ajustarlas de mejor manera, los valores de K_c correspondientes serán estimados gráficamente, (Carrazón, 2018).

2.1.3 Necesidades netas de riego

Es la cantidad de agua necesaria para lograr que el cultivo crezca al máximo ritmo posible con el fin de evitar el estrés hídrico. Se determina con la ecuación 14. Es el agua que se aplica directamente en el diseño de un sistema, sin embargo, se suele dar prioridad a un sistema controlado mediante el cual se evalúa el cultivo en función de sus fases de crecimiento, (Carrazón, 2018).

$$N_n = ET_c - P_e \quad (\text{Ecuación 21})$$

Donde:

N_n = Necesidades netas de riego (mm/mes)

ETc = Evapotranspiración de cultivo (mm/mes)

Pe = Precipitación efectiva (mm/mes)

2.1.4 Parámetros de riego

2.1.4.1 Agua utilizable para los cultivos

Es el agua que se puede extraer por el cultivo de manera potencial, para determinar la cantidad se requiere básicamente conocer el contenido de agua que un suelo puede retener luego de haber sido humedecido y también el contenido de agua en el suelo a partir del cual los cultivos dejan de extraer agua y presentan marchitez parcial o total.

Ecuación 15. (Gil, 2010).

$$AU = 10 * (CC - PMP) * d_a * p_r \quad (\text{Ecuación 22})$$

Donde:

AU = Agua utilizable por un cultivo (mm)

CC = Capacidad de campo (% g)

PMP = Punto de marchitez permanente (% g)

d_a = Densidad aparente (g/cm³)

p_r = Profundidad radicular efectiva de los cultivos (m)

2.1.4.2 Dosis neta de riego

(Carrazón, 2018), pone en manifiesto que existe un nivel de humedad del suelo a partir del cual las raíces de los cultivos presentan dificultades para extraer agua, esto se denomina déficit permisible de manejo (DPM) y se suele representar como la fracción media del AU disponible. Al producto de estos dos últimos factores se les conoce como dosis neta de riego (D_n), como se indica en la ecuación 16.

$$D_n = \frac{DPM * AU}{100} \quad (\text{Ecuación 23})$$

Donde:

D_n = Dosis neta de riego (mm)

DPM = Déficit permisible de manejo (%)

AU = Agua utilizable por un cultivo (mm)

2.1.4.3 Intervalo máximo entre riegos

Se refiere al tiempo máximo que se puede dejar entre riegos consecutivos, se debe procurar que el déficit de humedad no sea menor al déficit permisible de manejo, ecuación 17, (Carrazón, 2018).

$$I_M = \frac{D_n}{N_n} \quad (\text{Ecuación 24})$$

Donde:

I_M = Intervalo máximo entre riegos (días)

D_n = Dosis neta de riego (mm)

N_n = Necesidades netas de riego (mm/día)

Este valor se puede disminuir dependiendo del número de regantes que se pretende servir y del tipo de cultivo a regar, porque hay cultivos que necesitan mayor frecuencia de riego.

2.1.4.4 Dosis neta ajustada

En caso de haber ajustado el intervalo entre riegos en el punto anterior según la solicitud del proyecto es necesario repetir el cálculo de la dosis neta de riego. Ecuación 18.

$$D_{n\ aj} = I * N_n \quad (\text{Ecuación 25})$$

Donde:

$D_{n\ aj}$ = Dosis neta ajustada (mm)

I = Intervalo entre riegos

N_n = Necesidades netas de riego (mm/día)

2.1.4.5 Dosis bruta de riego

Depende del método de riego seleccionado y se expresa en la ecuación 19.

$$D_b = \frac{100 * D_{n\ aj}}{E_a} \quad (\text{Ecuación 26})$$

Donde:

D_b = Dosis bruta de riego (mm)

$D_{n\ aj}$ = Dosis neta ajustada (mm)

E_a = Eficiencia del sistema de aplicación (%)

Tabla 2.1 Eficiencias de riego estimadas en función del método de riego

Método de Riego	% Eficiencia
Gravedad	45-65
Aspersión	75-80
Goteo	85-90

Fuente: (Valverde, 1998)

2.1.4.6 Tiempo mínimo de aplicación

Es el tiempo mínimo que se debe regar el cultivo con el objetivo de aplicar la dosis bruta de riego, por ejemplo, en el caso de aspersores, es el tiempo que deben

permanecer encendidos para aplicar el riego adecuadamente. Este tiempo depende de dos factores importantes que se muestran en la ecuación 20.

- Pendiente del terreno
- Tasa de infiltración básica del suelo

$$t_{a \min} = \frac{100 * D_b}{I_b * f_p} \quad (\text{Ecuación 27})$$

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 (%)

En la tabla 2.2 se muestran los valores de factores de reducción en base a las pendientes del terreno.

Tabla 2.2 Factores de reducción por pendiente

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

Fuente: (Carrazón, 2018)

2.1.4.7 Necesidades brutas de riego

Volumen adicional de agua requerido por las plantas que menor cantidad de agua reciben debido a la falta de uniformidad del sistema de riego y que puedan cubrir sus necesidades netas de riego, ecuación 21.

$$N_b = \frac{100 * N_n}{E_a} \quad (\text{Ecuación 28})$$

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

Cantidad de agua necesaria para regar una superficie dada y se determina a través de la ecuación 22. Este parámetro depende el número de horas disponibles para riego. De manera general se suele tomar un valor de 21 horas considerando 3 horas para reparaciones por daños en el sistema, cambios de turno entre otros.

En algunas ocasiones se puede utilizar el valor máximo de 24 horas, pero se deben presentar las siguientes condiciones:

- Las 21 horas adoptadas al inicio deben ocasionar disminuciones en la superficie de riego.
- Si dentro del presupuesto del proyecto consta un sistema de almacenamiento.
- Si se dispone de un sistema de almacenamiento ya existente. (Carrazón, 2018).

En este proyecto no se dispone de un espacio destinado para la construcción de un sistema de almacenamiento, por este motivo se considera 21 horas como tiempo de operación del sistema.

$$Q_m = \frac{N_b * S}{3600 * t_{os}} \quad (\text{Ecuación 29})$$

Donde:

Q_m = Caudal mínimo (l/s)

N_b = Necesidades brutas de riego (mm/día)

S = Superficie regable (m^2)

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

2.1.6 Riego por aspersión

Método de riego que se suministra a las plantas en forma de lluvia artificial y puede controlarse en intensidad, frecuencia y tiempo y usa elementos como bombas, tuberías, aspersores, entre otros equipos complementarios. En este método el agua sale en forma de chorro a presión en dispositivos giratorios que llamados aspersores. (Cadena, 2016). Este tipo de sistema ofrece una alta eficiencia en el uso de agua y es apto para todos los cultivos. (Fuentes, 1996). Es recomendable usar este método en terrenos con pendiente pronunciada. Tiene ventajas como:

- Se economiza el uso de agua ya que la eficiencia en su uso está entre el 85% y 90%.
- Evita la erosión del suelo.
- Se evitan las pérdidas por conducción porque no se requieren de canales de riego.
- Tiene uniformidad en la aplicación del agua.
- El diseño se ajusta a la disponibilidad del agua.

- No se usa demasiada mano de obra para su operación.
- La velocidad de infiltración es mayor a la tasa con la que se aplica el agua, evitando pérdidas por escorrentía. (Carrazón, 2018).

2.1.6.1 Componentes de un sistema

Para (Cadena, 2016), las partes principales de un sistema de riego por aspersión son:

- Grupo de bombeo.
- Tuberías principales o de conducción.
- Tuberías secundarias o de distribución.
- Aspersores.
- Instalaciones complementarias.
- Elementos auxiliares.

2.1.6.2 Clasificación de los sistemas de aspersión

Los sistemas de riego por aspersión se clasifican en función de la movilidad de sus elementos, existen dos grandes grupos:

Estacionarios:

- Móviles.
- Semifijos: tubería móvil o fija.
- Fijos: permanente o temporal.

Desplazamiento continuo:

- Alas desplazables: pivot, lateral de avance frontal, ala sobre carro.
- Aspersor gigante: cañones viajeros.

2.1.6.3 Selección del aspersor

Cada aspersor puede trabajar de manera óptima dependiendo de la presión disponible en el sistema, teniendo un rendimiento de caudal y alcance diferente. Existen aspersores pequeños que trabajarán bien con presiones entre 15 y 30 mca (metros de columna de agua), mientras que habrá más grandes que trabajarán óptimamente con presiones entre 25 y 70 mca. (Carrazón, 2018).

Los aspersores tienen un tiempo de vida útil y deberán ser reemplazados en algún momento, es recomendable usar aspersores de buena calidad para que los reemplazos sean menos frecuentes y se disminuyan pérdidas en el rendimiento del riego por la falta de uniformidad.

2.1.6.3.1 Procedimiento de selección

- a) Elegir marcas de aspersores disponibles en el mercado

- b) Verificar la presión en el sistema
- c) El número de aspersores que van a funcionar simultáneamente deberán tener en conjunto un caudal aproximado al caudal disponible. Ecuación 23.

$$n_{asp} = \frac{Q}{q_{asp}} \quad (\text{Ecuación 30})$$

Donde:

n_{asp} = Número de aspersores

Q = Caudal disponible (l/s)

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

En la ecuación 24 se muestra el déficit de caudal y no debe ser menor de 5%

$$\text{déficit (\%)} = \frac{n_{asp} - q_{asp} - Q}{Q} * 100 \quad (\text{Ecuación 31})$$

- d) Los aspersores se deben traslapar para tener una uniformidad en el riego, la separación entre los aspersores está dada en la ecuación 25.

$$s(m) \leq 0.6 * D_h \quad (\text{Ecuación 32})$$

Donde:

s = Separación entre aspersores (m)

D_h = Diámetro húmedo de los aspersores (m)

- e) Pluviometría de un aspersor. Es la tasa de precipitación generada por los aspersores. (Genova et al., n.d.) Ecuación 26.

$$Pluv_{asp} = \frac{q_{asp} * 3600}{S^2} \quad (\text{Ecuación 33})$$

Donde:

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

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

S = Separación entre aspersores (m)

La pluviometría del aspersor no deberá ser mayor a la multiplicación de la infiltración básica del suelo por el factor de reducción de la pendiente. Ecuación 27.

$$Pluv_M = I_b * \frac{f_p}{100} \quad (\text{Ecuación 34})$$

Donde:

$Pluv_M$ = Pluviometría máxima (mm/h)

I_b = Infiltración básica (mm/h)

f_p = Factor de reducción por la pendiente (%)

2.1.6.3.2 Tiempo de aplicación

No puede ser mayor al tiempo de operación del sistema en ningún caso. Ecuación 28.

$$t_a = \frac{D_b}{Pluv_{asp}} \quad (\text{Ecuación 35})$$

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

Es al área que se puede regar cuando todos los aspersores funcionan simultáneamente.

(Carrazón, 2018). Ecuación 29.

$$S_{post} = n_{asp} * S^2 \quad (\text{Ecuación 36})$$

Donde:

S_{post} = Superficie regada por postura (m^2)

n_{asp} = Número de aspersores

S = Separación entre aspersores(m)

2.1.6.3.4 Número de posiciones por día

Este factor se puede determinar mediante la ecuación 30.

$$n_{post} = \frac{t_{os}}{t_a} \quad (\text{Ecuación 37})$$

Donde:

n_{post} = Número de posiciones 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

Este factor se puede determinar mediante la ecuación 31.

$$S_d = S_{post} * n_{post} \quad (\text{Ecuación 38})$$

Donde:

S_d = Superficie regada por día (m^2)

S_{post} = Superficie regada por postura (m^2)

N_{post} = Número de posturas

2.2 Diseño Hidráulico

2.2.1 Definiciones Generales

Captación: Es el proceso de recolección de agua procedente de una fuente natural, siendo el origen del proceso de abastecimiento de agua.

Líneas de conducción: Sistema compuesto de tuberías que trabajan a presión, distribuidas de acuerdo con la topografía.

Tubería primaria: Sección que inicia desde la captación hacia los módulos componentes del sistema.

Tubería secundaria: Sección que inicia desde la tubería primaria con el objetivo de conducir el caudal hacia un módulo en específico.

Tubería terciaria: Sección que finaliza en los laterales de riego.

Laterales de riego: Sección final de tuberías en las cuales se conectan los emisores para riego.

Emisor de riego: Componente principal del sistema encargado de para disipar la presión del agua en la tubería y descargarla con un caudal determinado (Ruiz & Molina, 2010).

2.2.2 Hidrostática

Es el estudio de las propiedades de los fluidos en equilibrio o reposo, basada principalmente en la primera y tercera ley de Newton.

Presión estática: Se conoce como la fuerza que ejerce un fluido (contenido en un recipiente) sobre cualquier objeto que esté en contacto con el fluido, dependerá de la altura a la que se encuentra de la superficie libre (Afif, 2004)

Criterios para considerar en la presión estática:

- La resistencia a la presión determinara el espesor de la tubería en el punto determinado.
- El nivel estático es constante para un sistema a presión, a no ser que

entre en contacto con la atmósfera. (Carrazón, 2018)

2.2.3 Hidrodinámica

Estudio en la mecánica de fluidos enfocado en el análisis de los fluidos en movimiento, teniendo en cuenta factores como la velocidad en el espacio de las partículas (Díaz, 2006)

Presión dinámica: Diferencia entre la presión estática y las pérdidas de carga, altura de las columnas de agua en movimiento.

Línea piezométrica o línea de gradiente hidráulico: Es la línea imaginaria que resultaría al unir los puntos hasta los que el fluido podría ascender si se colocaran piezómetros en diferentes lugares de la tubería y varía de acuerdo con el diámetro de esta.

Cota geométrica: Mediante estudio topográfico se obtiene coordenada z.

Cota piezométrica: Suma de la cota geométrica más la presión dinámica (Carrazón, 2018)

Gradiente hidráulico(i)

Definido a través de la ecuación 32.

$$i = \frac{C_i - C_f}{D} \quad (\text{Ecuación 39})$$

Donde:

C_i = Cota inicial de un tramo de tubería (m.s.n.m).

C_f = Cota final de un tramo de tubería (m.s.n.m).

D= Distancia del tramo de la tubería (m).

2.2.4 Parámetros de la línea de conducción

Para razones de inspección y mantenimiento es recomendable que las líneas de conducción sigan el perfil del terreno.

2.2.4.1 Caudal

Cantidad de fluido que circula a través de una sección por unidad de tiempo y se estima en base al diseño agronómico condicionado por la superficie a regar, la necesidad de riego y el tiempo de operación del sistema.

2.2.4.2 Pérdidas de carga

2.2.4.2.1 Pérdidas de carga singulares debido a las estructuras

Se presentan en casos como válvulas, pozos de revisión o en cambios de sección de tuberías (Brière, 2005). En casos donde la tubería entre puntos singulares tenga una longitud que exceda en 1000 veces el valor de diámetro este valor puede ser despreciado (Carrazón, 2018).

2.2.4.2.2 Pérdidas de carga por fricción

Parámetro fundamental para el diseño y estimación de tuberías y distribución que analiza la fricción entre el agua y las tuberías o mangueras existentes (Brière, 2005).

Número de Reynolds

Si se conoce la magnitud del número de Reynolds es posible pronosticar el flujo laminar o turbulento conociendo parámetros como la velocidad promedio del flujo, viscosidad, su densidad y el diámetro de la tubería.

Si el número de Reynolds es grande tiende a ser flujos turbulentos con velocidades elevadas y viscosidad baja, mientras que si el número de Reynolds es bajo tiende a ser flujo laminar con velocidades bajas y viscosidad alta (Mott & Untener, 2015)

La ecuación 33, permite determinar el valor del número de Reynolds (Carrazón, 2018).

$$Re = \frac{4 * Q}{\pi * D * \nu} \quad (\text{Ecuación 40})$$

Donde:

Re = Numero de Reynolds (adimensional).

Q = Caudal (m^3).

D = Diámetro interior (m).

ν = Viscosidad cinemática del agua ($1.01 \times 10^{-6} m^2/s$) a 20 OC.

Fórmula de Darcy-Weisbach

La ecuación de Darcy es un método para calcular la pérdida de energía debido a la fricción existente en las secciones rectilíneas y largas de tubos redondos, y se utiliza tanto para flujos turbulentos como laminares (Mott & Untener, 2015).

$$h_L = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2 * g} \quad (\text{Ecuación 41})$$

Donde:

h_L = Pérdida de carga por fricción (mca).

f =Factor de fricción (adimensional).

L = Longitud de la tubería (m).

D = Diámetro de la tubería (m).

v = Velocidad promedio del flujo (m/s).

g = Aceleración de la gravedad (9.81 m/ s²).

El factor de fricción f se calcula de la siguiente manera:

- Para $Re \leq 2000$, para un régimen laminar, a través de la ecuación 35:

$$f = \frac{64}{Re} \quad (\text{Ecuación 42})$$

- Para $Re \geq 2000$, para un régimen turbulento, a través de la ecuación 36:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 * \log\left(\frac{2.51}{Re * \sqrt{f}} + \frac{k}{3.71 * D}\right) \quad (\text{Ecuación 43})$$

Donde:

f =Factor de fricción (adimensional).

Re = Número de Reynolds (adimensional).

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

D = Diámetro interior de la tubería (mm).

En la tabla 2.3 se presentan los valores del coeficiente de rugosidad en función del material y estado de la tubería.

Tabla 2.3 Coeficiente de rugosidad de Darcy-Weisbach en función del material y el estado de la tubería

Material y estado de la tubería	K(mm)
Tuberías de plástico:	
• Polietileno (PE)	0.002
• PVC	0.02
Tuberías metálicas:	
Acero o hierro galvanizado:	
• Nuevas, buena galvanización	0.07 - 0.10

• Galvanización ordinaria	0.10 - 0.15
Fundición:	
Nuevas	0.25 – 1.0
• Nuevas con revestimiento bituminoso	0.10 - 0.15
• Asfaltadas	0.12 - 0.30
• Después de varios años en servicio	1.0 - 4.0
Hormigón y fibrocemento:	
Hormigón:	
• Superficie muy lisa	0.3 - 0.8
• Condiciones medias	2.5
• Superficie rugosa	3.0 – 9.0
• Hormigón armado	2.5
Fibrocemento	
• Nuevas	0.05 – 0.10
• Después de varios años de uso	0.6

Fuente: (Carrazón, 2018)

Fórmula de Hazen Williams

Fórmula para el cálculo de las pérdidas por fricción, ecuación 37.

$$h_f = 10.70 \frac{L * Q^{1.852}}{C^{1.85} * D^{4.87}} \quad (\text{Ecuación 44})$$

Donde:

H_f= Pérdida de carga por fricción (m/m).

L= Longitud de la tubería (m).

C= Coeficiente de Hazen-Williams (adimensional).

Q= Caudal requerido en la tubería (m³/s)

Di= Diámetro interior de la tubería (m).

En la tabla 2.4 se presentan los valores para el coeficiente de Hazen – Williams en función del material de la tubería.

Tabla 2.4 Coeficiente de Hazen-Williams (C)

Material	Coeficiente de Hazen – Williams (C)
Asbesto - cemento (nuevo)	135
Cobre y latón	130
Ladrillo de saneamiento	100
Hierro fundido, nuevo	130
Concreto, acabado liso	130
Concreto, acabado común	120
Acero galvanizado (nuevo y usado)	125
PVC y PE	140

Fuente:(Caiza & Paredes, 2020)

Ecuación de Bernoulli

Expresa el comportamiento de un fluido en movimiento a lo largo de un conducto cerrado manteniendo su energía constante, relaciona los cambios de presión con los cambios en la velocidad y la altura a lo largo de una línea de corriente, ecuación 38 (Cabrera, 2016).

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + h_f \quad (\text{Ecuación 45})$$

Donde:

Z = Cota del punto de elevación (m).

P=Presión (kg/m²).

γ = Peso específico del fluido.

Para el caso del agua:

$\gamma = 1000$ (kg/m³).

g = Aceleración de la gravedad:

$g = 9.81$ (m/s²).

h_f = Pérdida de carga de un punto a otro (m)

2.2.4.3 Velocidad

Para controlar el flujo en las tuberías se utiliza la ecuación 39 de Manning (Cabrera, 2016).

$$V = \frac{R^{2/3} * S_o^{1/2}}{n} \quad (\text{Ecuación 46})$$

Donde:

V = Velocidad (m/s).

R = Radio hidráulico, ecuación 40.

$$R = \frac{D}{4} \quad (\text{Ecuación 47})$$

D = Diámetro útil de la tubería.

S_o = Pendiente de carga de la línea de alturas piezométricas (m/m), ecuación 41

$$S_o = \frac{h_f}{L} \quad (\text{Ecuación 48})$$

h_f = Pérdida de carga por fricción (m).

L = Longitud de la tubería (m).

n = Coeficiente de rugosidad de Manning.

En la tabla 2.5 se presentan valores de velocidades máximas para el escurrimiento de agua de acuerdo con el tipo de material de la tubería, y sus respectivos coeficientes de rugosidad.

Tabla 2.5 Velocidades máximas permisibles y su correspondiente coeficiente de rugosidad de Manning

Tubería	Velocidad Máxima Permisible (m/s)	Coeficiente de rugosidad de Manning (n)
Concreto simple con diámetro ≤ 0.4 m	3	0.011
Concreto reforzado con diámetro ≥ 0.6 m	3	0.011
Fibrocemento	5	0.01
Acero galvanizado	5	0.014
Acero sin revestimiento	5	0.014
Acero con revestimiento	5	0.011
Polietileno de alta densidad	5	0.009
PVC (policloruro de vinilo)	5	0.009

Fuente:(Cabrera, 2016)

2.2.5 Estructuras complementarias

Cámaras rompe-presión

Cuando se presenta un fuerte desnivel entre la captación y algunos puntos a lo largo de la línea de conducción, pueden generarse presiones por encima de la máxima que puede soportar la tubería. En este caso es recomendable la construcción de cámaras rompe-presión que permiten disipar la energía y reducir la presión relativa a cero (presión atmosférica), con el objetivo de evitar daños en las tuberías (Quesquén Bances, 2016).

Estará compuesto por dos cámaras secas, en las cuales constaran las válvulas de entrada y salida, una cámara húmeda y una tubería de desborde. La altura de la cámara húmeda se determina en función de la carga de agua requerida (H) mediante la ecuación 42.

$$H = 1.65 * \frac{V^2}{2g} \quad (\text{Ecuación 49})$$

Donde:

H= Carga de agua(m).

V = Velocidad del flujo (m/s), ecuación 43.

$$V = 1.9735 * \frac{Q}{D} \quad (\text{Ecuación 50})$$

g = Aceleración gravitacional

La altura total de la cámara rompe-presión se obtiene a través de la ecuación 44.

$$HT = H + A + B + L \quad (\text{Ecuación 51})$$

Donde:

HT = Altura total de la cámara rompe-presión.

H = Carga de agua.

A= Altura mínima de salida (10 cm).

B*L = Resguardo a borde libre (40cm).

Es recomendable una sección interna de 0.60 x 0.60 m para cámaras secas y húmedas por facilidades constructivas. La tubería de desborde se calcula mediante la ecuación 45.

$$D = 4.63 * \frac{Q^{0.38}}{C^{0.38} * S^{0.21}} \quad (\text{Ecuación 52})$$

Donde:

D = Diámetro de la tubería (pulg).

Q = Caudal (l/s).

C = Coeficiente de rugosidad = 150

S = Pérdida de carga unitaria (m/m), se considera = 0.010.

2.2.6 Elementos especiales de una instalación

2.2.6.1 Tubería

Conformada por una sucesión de elementos de sección circular y piezas especiales formando un conducto cerrado. Si no presenta ramificaciones y mantiene un diámetro constante se denomina tubería simple (Martínez Cañadas, 1993).

Ventajas

- Conduce el agua directamente hacia los puntos de aplicación.
- No se producen pérdidas de agua.
- Debido a que va enterrada no dificulta las operaciones de maquinaria ni interrumpe el tránsito vehicular.
- Bajo costo de mantenimiento (Ramos R. & Báez R., 2013).

Según (Martínez Cañadas, 1993), las tuberías más utilizadas en sistemas de riego son las siguientes:

2.2.6.1.1 Tuberías de fibrocemento

Son el producto de la mezcla de fibras de amianto, cemento y agua. Una vez endurecidos adquieren sus capacidades de soportar presiones mayores a las de servicio, figura 2.1.

Figura 2.1 Tuberías de fibrocemento



Fuente: (Grupo Martín Lorenzo, 2023)

Se clasifican según a su presión normalizada, tabla 2.6.

Tabla 2.6 Clasificación de las tuberías por su presión normalizada

CLASE	PS (kg/cm ²)	PN (kg/cm ²)	PR (kg/cm ²)
A		5	10
B	5	10	20

C	7.5	15	30
D	10	20	40
E	12.5	25	50
F	15	30	60
PN/PS = 2		PR/PN = 2	

Fuente:(Martínez Cañadas, 1993)

PS: Presión de servicio.

PN: Presión de prueba en fábrica.

PR: Presión de rotura.

Diámetros internos para cada clase de tubería, ver tabla 2.7.

Tabla 2.7 Espesor de tuberías de fibrocemento

D(mm)	Espesor en mm para diferentes clases de tuberías					
	A	B	C	D	E	F
50	-	8	8	8	8	8
60	-	8	8	8	8	8
70	-	8	8	8	9	9
80	-	9	9	9	10	10
100	8	9	9	11	12	12
125	9	9	10	12	15	15
150	10	10	12	14	18	18
175	10	11	14	16	21	21
200	11	12	16	18	24	24
250	11	15	17	21	25	30
300	12	17	20	25	30	36
350	14	19	24	29	35	42
400	16	21	27	34	40	48
450	18	23	30	38	45	54
500	20	25	34	42	50	60
600	22	30	40	50	60	72
700	24	35	-	-	-	-
800	26	40	-	-	-	-
900	28	45	-	-	-	-
1000	30	50	-	-	-	-

Fuente:(Martínez Cañadas, 1993)

2.2.6.1.2 Tuberías de policloruro de vinilo (PVC)

Son producidas a partir de resinas de PVC, estabilizantes, lubricantes y colorantes calentados a temperaturas cercanas a los 140 °C mediante un proceso de extrusión.

Figura 2.2.

Figura 2.2 Tuberías de policloruro de vinilo (PVC)



Fuente:(AGRCsistemas, n.d.)

En función del diámetro y presión nominal se encuentra una gran variedad de espesores, tabla 2.8.

Tabla 2.8 Espesor de tuberías de PVC

Dn(mm)	Espesor en (mm) para las presiones nominales en kg/cm ²				
	4	6	10	16	25
6	-	-	-	-	1.0
8	-	-	-	-	1.0
10	-	-	-	1.0	1.2
16	-	-	-	1.2	1.8
20	-	-	-	1.5	2.3
25	-	-	1.5	1.9	2.8
32	-	-	1.8	2.4	3.6
40	-	1.8	2.0	3.0	4.5
50	-	1.8	2.4	3.7	5.6
63	1.8	1.9	3.0	4.7	7.0
75	1.8	2.2	3.6	5.6	-
90	1.8	2.7	4.3	6.7	-
110	2.2	3.2	5.3	8.2	-
125	2.5	3.7	6.0	9.3	-
140	2.8	4.1	6.7	10.4	-
160	3.2	4.7	7.7	11.9	-
180	3.6	5.3	8.6	13.4	-
200	4.0	5.9	9.6	14.8	-
225	4.5	6.6	10.8	16.8	-
250	4.9	7.3	11.9	18.5	-
280	5.5	8.2	13.4	20.8	-
315	6.2	9.2	15.0	23.4	-
355	7.0	10.4	16.9	26.3	-

400	7.9	11.7	19.1	29.7	-
450	8.8	13.1	21.5	33.4	-
500	9.8	14.6	23.9	37.1	-

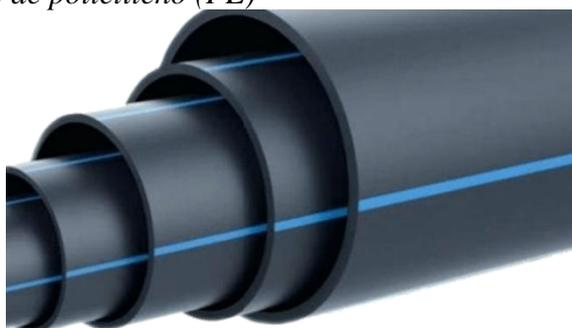
Fuente:(Martínez Cañadas, 1993)

Para tubos de 16 a 63 mm se asumirán longitudes comerciales de 5 m y para 75mm longitudes de 6m.

2.2.6.1.3 Tuberías de polietileno (PE)

Son el producto de la polimerización del etileno, uno de los plásticos más comunes gracias a su simple proceso de fabricación y su bajo costo. Existen dos tipos comerciales de tuberías la de polietileno de baja densidad (LDPE) de $\leq 0.93\text{gr/cm}^3$ producido con presiones de hasta 1500 atm y a temperaturas de hasta 300 °C, mientras que el polietileno de alta densidad (HDPE), de $\geq 0.94\text{ gr/cm}^3$ es producto de procesos mediante catalizadores a menores temperaturas. Ver figura 2.3.

Figura 2.3 Tuberías de polietileno (PE)



Fuente:(ABN Pipe Systems, 2021)

En las tablas 2.9 y 2.10 se muestran los espesores de las tuberías de alta y baja densidad de tuberías de polietileno en función de la presión nominal.

Tabla 2.9 Espesor de tuberías de polietileno de baja densidad

Dn (mm)	Polietileno baja densidad (LPDE) espesor (mm)		
	Presión nominal (kg/cm ²)		
	4	6	10
10	-	-	2.0
12	-	-	2.0
16	-	2.0	2.2
20	-	2.0	2.8
25	2.0	2.3	3.5
32	2.0	2.9	4.4
40	2.4	3.7	5.5
50	3.0	4.6	6.9
63	3.8	5.8	8.6

75	4.5	6.8	10.3
90	5.4	8.2	12.3
110	6.6	10.0	15.1
125	7.4	11.4	17.1
140	8.3	12.7	19.2
160	9.5	14.6	21.9
180	10.7	16.4	24.6
200	11.9	18.2	27.3

Fuente:(Martínez Cañadas, 1993)

Tabla 2.10 *Espesor de tuberías de polietileno de alta densidad*

Dn (mm)	Polietileno alta densidad (HDPE) espesor (mm)		
	Presión nominal (kg/cm ²)		
	4	6	10
10	-	-	2.0
12	-	-	2.0
16	-	-	2.0
20	-	-	2.0
25	-	2.0	2.3
32	-	2.0	2.9
40	2.0	2.4	3.7
50	2.0	3.0	4.6
63	2.4	3.8	5.8
75	2.9	4.5	6.8
90	3.5	5.4	8.2
110	4.2	6.6	10.0
125	4.8	7.4	11.4
140	5.4	8.3	12.7
160	6.2	9.5	14.7
180	6.9	10.7	16.4
200	7.7	11.9	18.2

Fuente:(Martínez Cañadas, 1993)

2.2.6.2 Válvulas

Según (Acedo Sánchez, 2003), la productividad de todo proyecto aumenta por medio de la optimización. En consecuencia, las propiedades a controlar no se mantienen constantes.

En el caso de los sistemas de riego a presión es importante que la válvula de control funcione de manera estable de tal manera que garantice que:

- Sea estable a lo largo del recorrido
- No opere sobre los límites extremos
- Sea lo suficientemente rápida para corregir perturbaciones.

Para (Ramos R. & Báez R., 2013) las válvulas principales son las siguientes:

2.2.6.2.1 Válvulas check

Conocidas también como válvulas de retención o antirretorno, su función es impedir el vaciado de la tubería permitiendo una operación rápida y segura del sistema cuyo objetivo es evitar la descarga del agua en dirección a la bomba. Este tipo de válvulas operan de manera automática mediante el cierre y apertura debido a las presiones, figura 2.4.

Figura 2.4 Tipos de válvulas de check



Fuente:(Petroquimex, 2019)

- **Válvula tipo swing:** Válvula de tipo disco de acero inoxidable que permite el flujo en una sola dirección, evitando el contraflujo en la línea y su mecanismos a resorte le permite funcionar tanto vertical como horizontalmente (Rudmex, 2023b).
- **Válvula tipo disco oblicuo:** Diseñada para aprovechar la capacidad de emplear la presión del fluido proveniente de la tubería para mejorar la acción de sellado con una junta metálica o de grafito precargada ubicada en el cuerpo y el bonete(WALWORTH, 2024).
- **Válvula tipo pistón:** Diseñada con confianza para utilizarse en aplicaciones de alta temperatura y alta presión gracias a los anillos de anti empuje en el disco guiado por el cuerpo que elimina el desgaste por roce (Flowserve, 2024).

2.2.6.2.2 Válvulas de pie

Diseñadas para mantener la línea de succión cerrada cuando la bomba esta sobre el nivel del agua, evitando así daños en la bomba que cuenta con una barrera de protección mediante filtros que impiden el paso de elementos extraños.

Existen tres tipos de válvulas de pie, figura 2.5.

Figura 2.5 Tipos de válvulas de pie



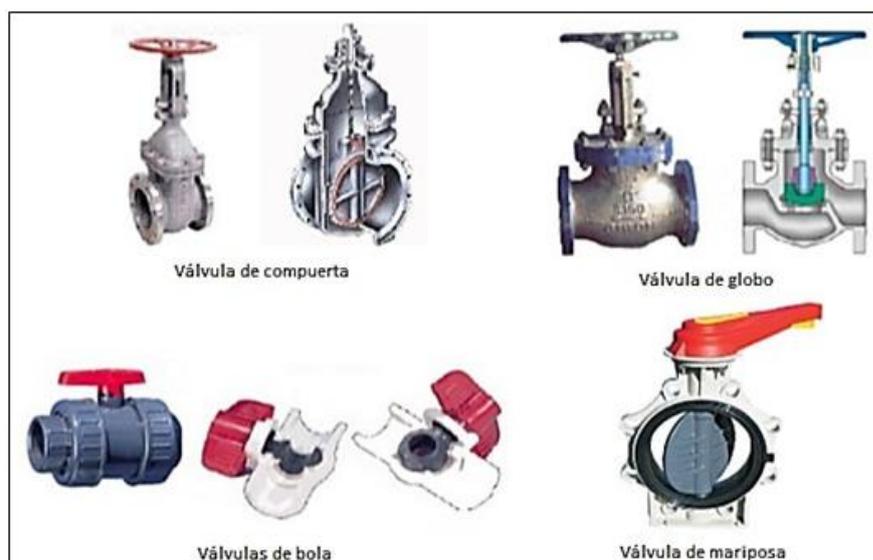
Fuente:(Ramos R. & Báez R., 2013)

- **Válvula de obturador:** Actúa por acción de la fuerza de la presión negativa y la presión de la columna del líquido cuando se detiene.
- **Válvula oscilante:** Su diseño es similar a las válvulas check oscilantes con eje totalmente excéntrico, su funcionamiento es parecido a la válvula de pie de obturador.
- **Válvula de bola:** Se utiliza en diámetros de hasta 90 mm, presenta pérdidas similares al tipo obturador.

2.2.6.2.3 Válvulas de cierre

Permiten o cierran el paso del agua hacia las tuberías del sistema, comúnmente usadas en sistemas de riego, en función del mecanismo de cierre existen varios tipos disponibles en el mercado, entre las que se distinguen en la figura 2.6.

Figura 2.6 Tipos de válvulas de cierre



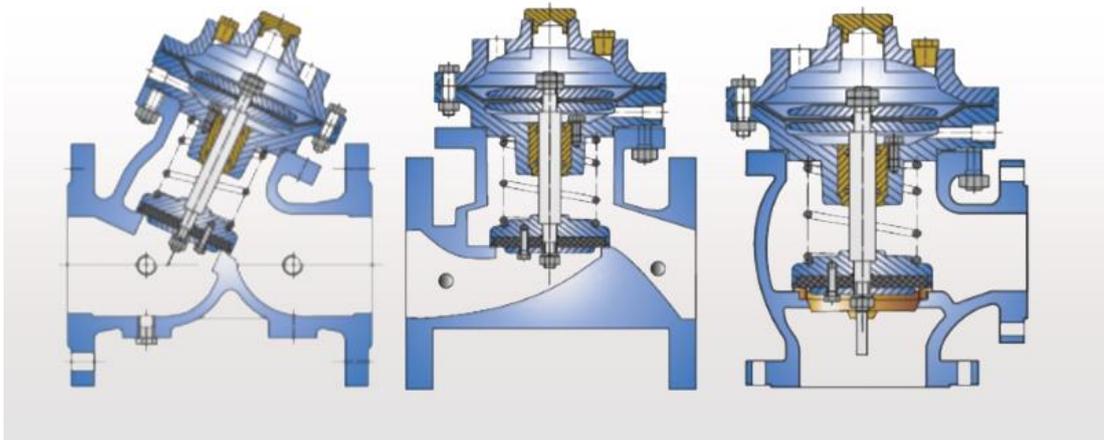
Fuente:(Ramos R. & Báez R., 2013)

- **Válvulas de compuerta:** El cierre se produce mediante un disco vertical de cara plana deslizándose en ángulos rectos sobre la base, estos mecanismos deben permanecer abiertos o cerrados durante la operación del sistema.
- **Válvulas de globo:** El cierre se logra mediante un tapón para regular el flujo del agua, diseñadas para que cuando el flujo pase se produzca un cambio en la dirección incrementando así su resistencia en función de la posición de cierre.
- **Válvulas de bola:** Fabricadas en materiales plásticos resistentes a químicos usados frecuentemente en sistemas de cultivo y riego, el cierre se logra con una esfera perforada de diámetro igual al del conducto, la apertura se produce por un giro a 90 °.
- **Válvulas mariposa:** El cierre se produce mediante un disco circular que gira a 90 ° para abrir o cerrar el paso del agua, se acciona mediante una palanca para fijar el giro entre 0° y 90 °.

2.2.6.2.4 Válvulas de control

El cierre o apertura se produce por la presión hidráulica, a través de un pistón o diafragma que cierra la salida del fluido se logra al limitar el grado de apertura del pistón, figura 2.7.

Figura 2.7 Válvula de control



Fuente:(Rudmex, 2023a)

Se clasifican según:

Tipo de operación

- Manual
- Eléctrico

- Hidráulico

Acciones que realizan

- Cierre y apertura
- Reductoras de presión
- Sostenedoras de presión
- Limitadoras de caudal
- Antirrotura o anti drenaje (Ramos R. & Báez R., 2013)

2.2.6.3 Bombas

Constituyen máquinas hidráulicas donde se genera un cambio de momentum angular de un impulsor rotativo por la acción de un motor que impulsa energía mecánica misma que se convierte en energía hidráulica (Corcho & Duque, 1993). Existen varios tipos de bombas de acuerdo con su función, la bomba comúnmente utilizada para actividades agropecuarias es la hidráulica con el objetivo de garantizar la distribución eficiente de agua a los cultivos.

Bombas hidráulicas: Constituyen máquinas que receiptan el trabajo mecánico generado por una fuente de accionamiento y lo convierten en energía de presión y velocidad, logrando de esta manera la captación y elevación del agua desde una fuente y su conducción hasta el lugar de descarga (García et al., 2003)

2.2.6.4 Accesorios

Conjunto de piezas de diversos materiales como: PVC, polietileno, acero, entre otros, que se utilizan para la instalación de tuberías de igual o distinto diámetro, conectar filtros, válvulas, generar derivaciones, etc.(Asociación de Agrónomos Índigenas del Cañar, 2004).

Accesorios de fijación

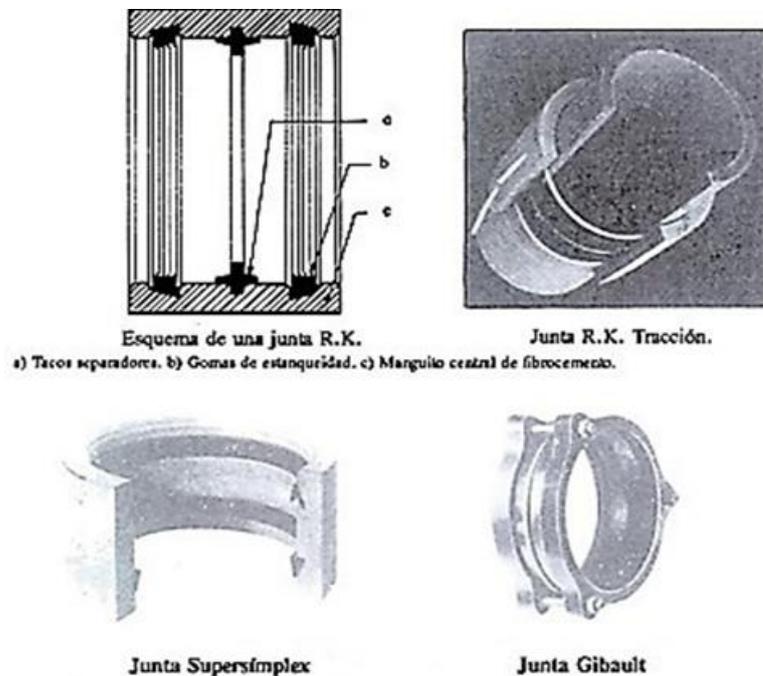
A continuación, se presentan los accesorios empleados para las tuberías de sistemas de riego mencionadas con anterioridad.

Para el caso de tuberías de fibrocemento, la unión puede realizarse mediante tres tipos de juntas, como se presenta en la figura 2.8.

- **Junta RK:** Constituida por un manguito de amianto-cemento, gomas de estanqueidad y tacos de goma.

- **Junta RK tracción:** Conformada de varillas de anclaje que se alojan en canales provistos en el manguito y en el tubo, de manera que impiden su separación.
- **Junta supersimplex:** Conformada por un manguito de fibrocemento y dos anillos de estanqueidad de caucho.
- **Junta Gibault:** Dispone de un manguito central y dos bridas laterales de fundición, en donde se alojan aros de caucho de sección circular que forma una junta estanca cuando los bulones son presionados paulatinamente (Martínez Cañadas, 1993).

Figura 2.8 Juntas para la unión de tuberías de fibrocemento



Fuente: (Martínez Cañadas, 1993)

En el caso de las tuberías de PVC, su conexión se realiza mediante el encolado con pegamentos especiales. Para su instalación se debe seguir las indicaciones de los fabricantes de la tubería, accesorios y del pegamento utilizado.

A continuación, se presentan los accesorios de unión para tuberías de PVC, figura 2.9.

Figura 2.9 Accesorios para la unión de tuberías de PVC



Fuente:(López, 2018)

Para el caso de tuberías de polietileno PE, la conexión se puede realizar mecánicamente, utilizando accesorios de polietileno o latón, se debe considerar la presencia de fugas con el paso del tiempo por lo que es fundamental su proceso de instalación, en las figuras 2.10 y 2.11 se muestran los accesorios de polietileno y latón.

Figura 2.10 Accesorios de polietileno para unión de tuberías de polietileno

Enlace	Enlace de reparación	Enlace reducido	Enlace mixto rosca M	Enlace mixto rosca M de latón	Enlace mixto rosca H
Enlace mixto rosca HG	Enlace mixto minero Codo de 45°	Tapón	Codo de 90°	Codo de 90° reducido	Codo mixto de 90° rosca M
Codo mixto de 90° rosca M de latón	Codo mixto de 90° rosca H	Codo de 45°	Codo mixto de 45° rosca M	Codo mixto de 90° spigot	Codo mixto de 90° mural
T igual	T igual de reparación	T igual alargada	T reducida	T mixta con salida rosca M	T mixta reducida con salida rosca H
T mixta con salida rosca H	Enlace mixto con derivación de 90° rosca M	T de 45°	Portabrida de compresión (con brida de metal)	Portabrida spigot (con brida de metal)	Brida de metal
Adaptador rosca M	Adaptador rosca M de latón	PLASS4 - Enlace universal	PLASS4 - Codo universal	Y rosca M	Cruz salida rosca H

Fuente:(López, 2018)

Figura 2.11 Accesorios de latón para unión de tuberías de polietileno

Codo 90° HH	Codo 90 °C/rosca H	Codo 90 °C/rosca M	T igual HHH	T HHH c/rosca H	Manguito c/rosca M
Manguito recto HH	Manguito c/rosca H	Codo placa HH	Codo 90° HH	Codo 90° c/rosca H	Codo 90° c/rosca M
T igual HH	T HHH c/rosca H	Manguito c/rosca M	Manguito recto HH	Manguito c/rosca H	

Fuente:(López, 2018)

3 CAPITULO 3: DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO PRESURIZADO

3.1 Diseño Agronómico

3.1.1 Estudios preliminares

3.1.1.1 Delimitación del área de estudio

Dentro del alcance de este estudio, se contempla la prefactibilidad de la presurización del riego para aproximadamente 52 hectáreas de terreno, de las cuales 26 hectáreas serán consideradas como áreas efectivas de riego. Todas estas propiedades son de uso agrícola y ganadero, y se encuentran al pie de un cerro como se observa en la figura 3.1.

Figura 3.1 Vista del área de estudio



Fuente: Viajes vistalsur

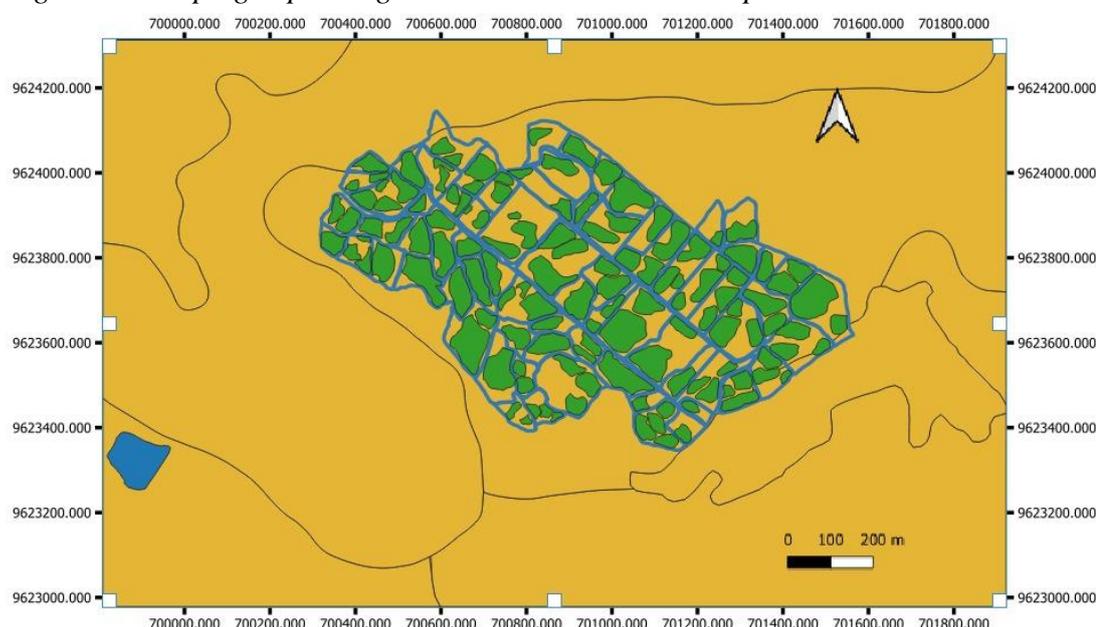
3.1.1.2 Análisis de suelos

Se obtuvo una descripción del análisis de suelos a partir de la tabla 3.1 que es un resumen de las propiedades hidro-físicas de los suelos en función de su textura, muy útil con los parámetros que contempla y que nos servirá para cálculos posteriores. En la figura 3.2 se observa un mapa geopedológico del suelo Franco Arcilloso presente en la zona de estudio.

Tabla 3.1 Propiedades hidro-físicas de los suelos en función de su textura

Textura del suelo	Densidad aparente (g/cm ³)	Capacidad de campo (% θ_g)	Punto de marchitez permanente (% θ_g)	Infiltración básica (mm/h)
Arenoso	1.65	9	4	50
Franco-arenoso	1.50	14	6	25
Franco	1.40	22	10	13
Franco-arcilloso	1.35	27	13	8
Arcilloso	1.25	35	17	5

Fuente: Mihajlovich (1979)

Figura 3.2 Mapa geo pedológico suelo Franco Arcilloso presente en la zona

Fuente: MAG (2019)

3.1.2 Características climáticas

Los datos de temperatura y precipitación se han extraído del anuario del INAMHI, de la estación meteorológica de Nabón de código M420, (INAMHI, 2024). Debido a que es la más cercana a la zona de estudio con coordenadas UTM WGS84: Latitud: 3°20'18.3" S Longitud: 79°03'57.9" W y Altitud: 2390 msnm. Estos datos corresponden al período entre 1964 y 2008, en los años en los que no se cuente con información se usará la información de estaciones cercanas.

3.1.2.1 Precipitación

La pluviosidad media anual basada en los datos históricos a los cuales se tiene acceso de la estación de Susudel que tiene influencia sobre el sector de Raricucho es de 275.088 mm/año. Los valores más altos están en los meses de: marzo y abril con 53.5 mm y 48.6 mm respectivamente, mientras que los más bajos se encuentran en los meses de: julio y agosto con 3.0 mm y 4.2 mm respectivamente. Como se puede ver en la tabla 3.2.

Tabla 3.2 Precipitación promedio mensual

MES	En	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Se	Oct	Nov	Dic	Total
P promedio (mm/mes)	25.4	42.2	53.5	48.6	18.2	9.5	3.0	4.2	9.2	17.4	20.6	23.3	275.08

Fuente: INAMHI

3.1.2.1.1 Precipitación probable

En este estudio se va a trabajar con datos de precipitación probable ya que varía mucho el clima en la zona a lo largo del año.

En la tabla 3.3 se muestra la probabilidad de ocurrencia de las distintas precipitaciones anuales, según la INAMHI, durante el periodo 1964 a 2008.

Tabla 3.3 Valores de la probabilidad de ocurrencia (Pr)

N de orden	Precipitación anual (mm)	Probabilidad de ocurrencia Pr (%)
1	164.6	97.83%
2	218.3	95.65%
3	80.4	93.48%
4	196.9	91.30%
5	123.5	89.13%
6	312.2	86.96%
7	265.4	84.78%
8	415.4	82.61%
9	270.3	80.43%
10	271.2	78.26%
11	271.1	76.09%
12	586.1	73.91%
13	311.7	71.74%
14	233.9	69.57%

15	220.7	67.39%
16	530.8	65.22%
17	181.4	63.04%
18	112.4	60.87%
19	246.6	58.70%
20	328.5	56.52%
21	405.7	54.35%
22	76.1	52.17%
23	123.8	50.00%
24	146.9	47.83%
25	511.1	45.65%
26	398.0	43.48%
27	239.7	41.30%
28	100.9	39.13%
29	183.9	36.96%
30	312.7	34.78%
31	348.5	32.61%
32	190.5	30.43%
33	314.2	28.26%
34	325.0	26.09%
35	390.9	23.91%
36	571.5	21.74%
37	349.5	19.57%
38	257.0	17.39%
39	190.9	15.22%
40	151.0	13.04%
41	152.5	10.87%
42	210.4	8.70%
43	288.9	6.52%
44	322.7	4.35%
45	475.4	2.17%

Fuente: Autores

3.1.2.1.2 Precipitación efectiva

La precipitación efectiva ha sido determinada en función de los resultados de la precipitación probable mensual. Tabla 3.4.

Tabla 3.4 Precipitación efectiva mensual

MES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Pe(mm/mes)	11.3	12.7	24.30	27.51	6.66	1.98	0	0	1.70	4.48	4.58	9.77
)	0	5										

Fuente: Autores

3.1.2.2 Temperatura

La temperatura promedio mensual de acuerdo con los datos obtenidos de la estación meteorológica cercana varían entre los 15° y 19 °C como se muestra en la tabla 3.5.

Tabla 3.5 Temperatura promedio mensual

MES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
T prom °C	19.0	19.5	19.6	19.7	18.2	17.0	15.6	16.9	17.5	18.0	19.3	18.4

Fuente: INAMHI

3.1.3 Evapotranspiración potencial

Se calculó mediante el método Penman Monteith Mensual de la FAO con los datos recopilados de la estación meteorológica cercana. Estos datos se introdujeron en el programa Cropwat, como se muestra en la figura 3.3. El programa tiene procedimientos para el cálculo de la evapotranspiración y requerimientos de agua en los cultivos.

Figura 3.3 Datos para el programa Cropwat

The screenshot shows the 'ETo Penman-Monteith Mensual' software interface. At the top, there are input fields for 'País' (Ecuador), 'Estación' (M420), 'Altitud' (2800 m), 'Latitud' (3.00 °S), and 'Longitud' (79.00 °W). Below these is a table with 8 columns: Mes, Temp Min (°C), Temp Max (°C), Humedad (%), Viento (km/día), Involación (horas), Rad (MJ/m²/día), and ETo (mm/día). The table contains monthly data from January to December, with a 'Promedio' row at the bottom.

Mes	Temp Min °C	Temp Max °C	Humedad %	Viento km/día	Involación horas	Rad MJ/m²/día	ETo mm/día
Enero	13.0	24.9	79	5	6.3	19.0	3.60
Febrero	13.0	25.9	77	5	6.6	18.3	3.56
Marzo	13.1	26.1	77	5	6.8	20.2	3.87
Abril	13.4	25.9	78	5	6.5	18.9	3.63
Mayo	11.7	24.6	79	5	8.7	20.8	3.74
Junio	11.2	22.7	80	5	5.7	15.8	2.87
Julio	10.1	21.1	85	6	7.1	18.1	3.08
Agosto	9.9	23.9	84	6	6.0	17.6	3.17
Septiembre	9.3	25.6	84	6	6.6	19.5	3.62
Octubre	10.6	25.3	83	5	7.0	20.4	3.79
Noviembre	12.0	26.5	83	5	9.4	23.8	4.45
Diciembre	9.2	27.5	82	5	8.6	22.2	4.15
Promedio	11.4	25.0	81	5	7.0	19.5	3.63

Fuente: Autores

3.1.4 Características de cultivo

3.1.4.1 Cultivos predominantes

En la Tabla 3.6 presenta los principales cultivos de la región en análisis, datos recopilados en la zona de estudio.

Tabla 3.6 Cultivos de la región en análisis

Cultivo predominante	Porcentaje
Maíz - Cebada	45%
Pasto - Alfalfa	15%
Papa	25%
Hortalizas	15%
Total	100%

Fuente: Autores

3.1.5 Evapotranspiración de cultivo

3.1.5.1 Coeficiente de cultivo (Kc)

El factor Kc se usa para diferenciar la evapotranspiración de un cultivo dado, de la evapotranspiración de un pasto de referencia. La diferencia del Kc no solo se da entre distintos cultivos, también se puede dar en un mismo cultivo dependiendo de la

cantidad de agua que extraiga del suelo a medida que se va desarrollando. Se suelen diferenciar cuatro estados vegetativos o fases de cultivo. (Carrazón, 2018). Se ha calculado el coeficiente de cultivo para cada etapa de crecimiento, tal como se muestra en la tabla 3.7. Para obtener este coeficiente, se deben seguir los pasos del manual práctico de miniriego de la FAO, en la sección de Determinación de la evapotranspiración de cultivo, con todos los datos que ahí se indican, tablas de referencia del mismo manual, además de estudios realizados. Obteniendo así un coeficiente promedio representativo para este estudio.

Tabla 3.7 Coeficientes de cultivo

CULTIVO / MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	% USO
Kc (PASTO-ALFALFA)	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	15%
Kc (MAIZ - CEREAL)	0,80	0,80	1,15	1,15	1,15	0,70	0,70	0,40	0,40	0,40	0,40	0,80	40%
Kc (PAPAS - CEREAL)	0,70	0,77	0,74	0,59	0,25	0,41	0,70	0,77	0,74	0,59	0,25	0,41	20%
Kc (HORTALIZAS)	0,45	0,60	1,00	0,80	0,45	0,60	1,00	0,80	0,45	0,60	1,00	0,80	15%
Kc PROMEDIO	0,75	0,81	0,99	0,90	0,73	0,69	0,86	0,76	0,66	0,66	0,68	0,77	100%
GERMINACION													
DESARROLLO VEGETATIVO													
DESARROLLO DEL FRUTO													
COSECHA													

Fuente: Autores

3.1.6 Necesidades netas de riego

Para estimar la cantidad de agua requerida para el crecimiento y desarrollo de un cultivo, se ha dividido el período vegetativo en meses durante un año, lo que facilita la determinación del coeficiente de cultivo.

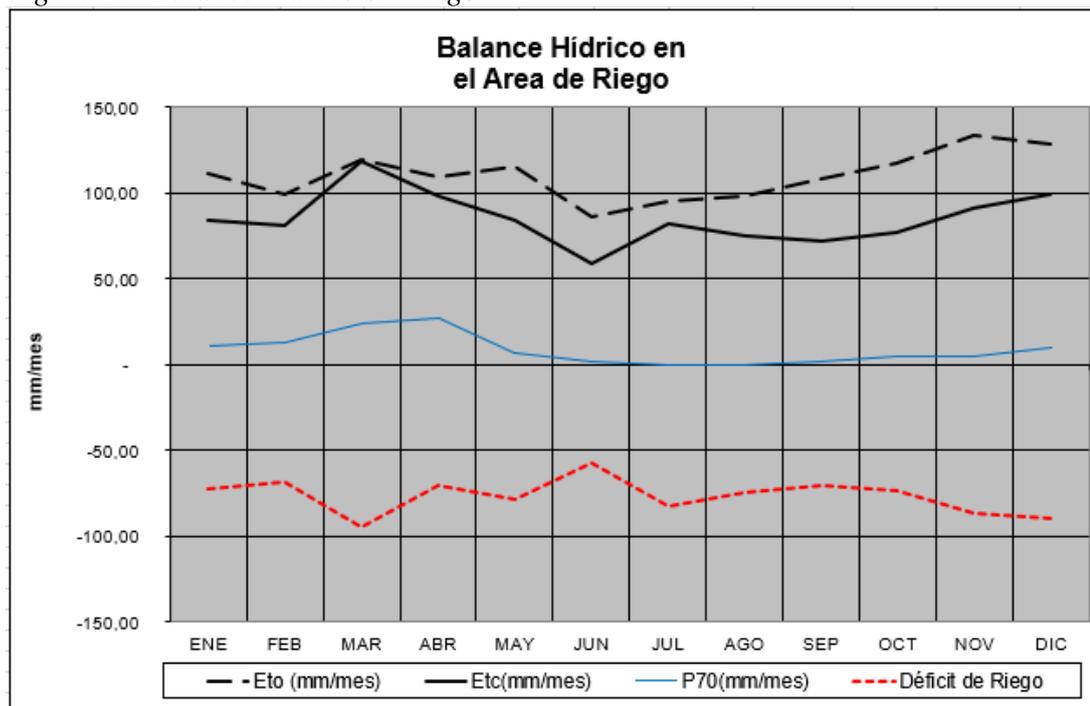
Se obtuvieron los valores de evapotranspiración de cultivo para los principales cultivos del área, los cuales se presentan juntos en la sección de requerimientos netos de riego, como se ve en la tabla 3.8. para el balance hídrico sin riego y en la tabla 3.9 para el balance hídrico con riego. Ver figuras de balance hídrico 3.4 y 3.5 sin riego y con riego, respectivamente.

Tabla 3.8 Balance hídrico sin riego

ELEMENTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
ET_o (mm/mes)	111,60	99,68	119,97	108,90	115,94	86,10	95,48	98,27	108,60	117,49	133,50	128,65	1.324,18
Coeficiente (Kc)	0,75	0,81	0,99	0,90	0,73	0,69	0,86	0,76	0,66	0,66	0,68	0,77	0,77
ET_c (mm/mes)	83,70	80,74	118,77	98,01	84,64	59,41	82,11	74,69	71,68	77,54	90,78	99,06	1.021,83
P70 (mm/mes)	11,30	12,75	24,30	27,51	6,66	1,98	0,00	0,00	1,70	4,48	4,58	9,77	105,02
Déficit Riego	-	-	-	-	-	-57,43	-82,11	-74,69	-	-	-	-	- 916,11
	72,40	67,99	94,47	70,50	77,98				69,98	73,06	86,20	89,29	

Fuente: Autores

Figura 3.4 Balance hídrico sin riego



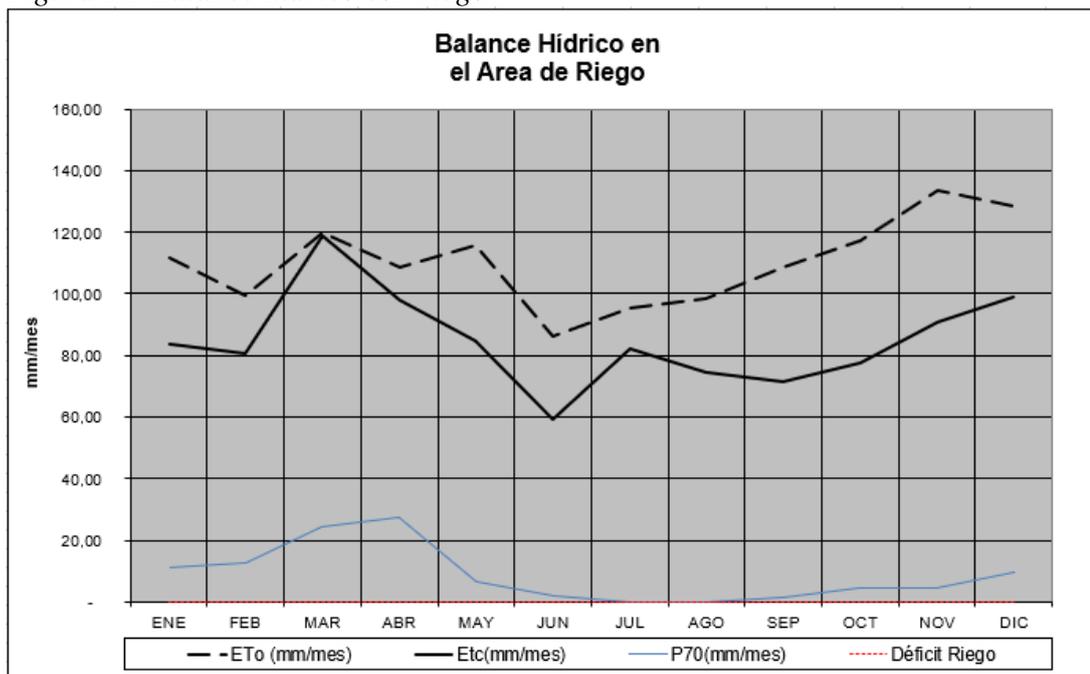
Fuente: Autores

Tabla 3.9 Balance hídrico con riego

ELEMENTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
ETo (mm/mes)	111,60	99,68	119,97	108,90	115,94	86,10	95,48	98,27	108,60	117,49	133,50	128,65	1.324,18
Coeficiente (Kc)	0,75	0,81	0,99	0,90	0,73	0,69	0,86	0,76	0,66	0,66	0,68	0,77	0,77
Etc(mm/mes)	83,70	80,74	118,77	98,01	84,64	59,41	82,11	74,69	71,68	77,54	90,78	99,06	1.021,83
P70(mm/mes)	11,30	12,75	24,30	27,51	6,66	1,98	0,00	0,00	1,70	4,48	4,58	9,77	105,02
Déficit Riego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Autores

Figura 3.5 Balance hídrico con riego



Fuente: Autores

Cuando los valores de N_n son 0mm/día, significa que durante esos periodos el cultivo no necesita ser regado

3.1.7 Parámetros de riego

La tabla 3.10 presenta los resultados de los parámetros de riego para el sistema de riego presurizado por aspersión propuesto para el sector de Raricucho. Se establece un intervalo de riego de 7 días, basándose en el turno actual del sector. Para este turno, se ha calculado una dosis bruta de riego de 40,32 mm.

- Agua utilizable (AU):

$$AU = 10 * (CC - PMP) * d_a * P_r \quad (\text{Ecuación 53})$$

$$AU = 10 * (27 - 13) * 1,35 * 0,4$$

$$AU = 75,60 \text{ mm}$$

Donde:

CC: Capacidad de campo (% θ_g)

PMP: Punto de marchitez permanente (% θ_g)

d_a : Densidad aparente (g/cm^3)

P_r : Profundidad de raíces (cebada)

- Dosis neta de riego (Dn):

$$D_n = DPM * AU/100 \quad (\text{Ecuación 54})$$

$$D_n = 40 * 75,60/100$$

$$D_n = 30,24 \text{ mm}$$

Donde:

DPM: Déficit permisible de manejo (%)

AU: Agua utilizable mm.

- Máximo intervalo entre riegos (IM):

$$I_M = D_n/N_n \quad (\text{Ecuación 55})$$

$$I_M = 30,24/3,11$$

$$I_M = 9,73 \text{ días}$$

Donde:

Dn: Dosis neta de riego (mm)

Nn: Necesidades netas de riego (mm/día)

- Dosis neta ajustada (Dna):

$$D_{naj} = I/N_n \quad (\text{Ecuación 56})$$

$$D_{naj} = 9,73/3,11$$

$$D_{naj} = 30,24 \text{ mm}$$

Donde:

I = Intervalo entre riegos (días)

Nn= Necesidad netas de riego (mm/días)

- Dosis bruta de riego (Db):

$$D_b = 100 * D_{naj} / E_a \quad (\text{Ecuación 57})$$

$$D_b = 100 * 30,24/75 / E_a$$

$$D_b = 40,32 \text{ mm}$$

Donde:

D_{naj} : Dosis neta ajustada (mm)

E_a : Eficiencia de aplicación (%) – 75 % corresponde a aspersión.

- Tiempo de aplicación (t_a):

$$t_{a \min(h)} = \frac{100 * D_b}{I_b * f_p} \quad (\text{Ecuación 58})$$

$$t_{a \min(h)} = \frac{100 * 40,32}{8 * 100}$$

$$t_{a \min(h)} = 5,04 \text{ horas}$$

Donde:

D_b : Dosis bruta de riego (mm)

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

f_p : Factor de reducción por pendiente (%)

- Necesidad bruta (N_b):

$$N_b = 100 * N_n / E_a \quad (\text{Ecuación 59})$$

$$N_b = 100 * 3,11/75$$

$$N_b = 4,14 \text{ mm.}$$

Donde:

N_n : Necesidades netas de riego (mm/días)

E_a : Eficiencia de aplicación (%) – 75 % corresponde a aspersión.

Tabla 3.10 Parámetros de riego

Descripción	Expresado como	Unidades	Valor
Agua utilizable	AU	mm	75,60
Dosis neta de riego	D_n	mm	30,24
Déficit permisible de manejo	DPM	%	40
Máximo intervalo entre riegos	I_M	días	9,73
Intervalo de riego	I	días	7
Dosis neta ajustada	D_{naj}	mm	30,24
Dosis bruta de riego	D_b	mm	40,32
Eficiencia de aplicación	E_a	%	85
Tiempo de aplicación	t_a	h	5,04
Factor de reducción por pendiente	f_p	%	100
Necesidad bruta	N_b	mm	4,14

Fuente: Autores

3.1.8 Caudal necesario

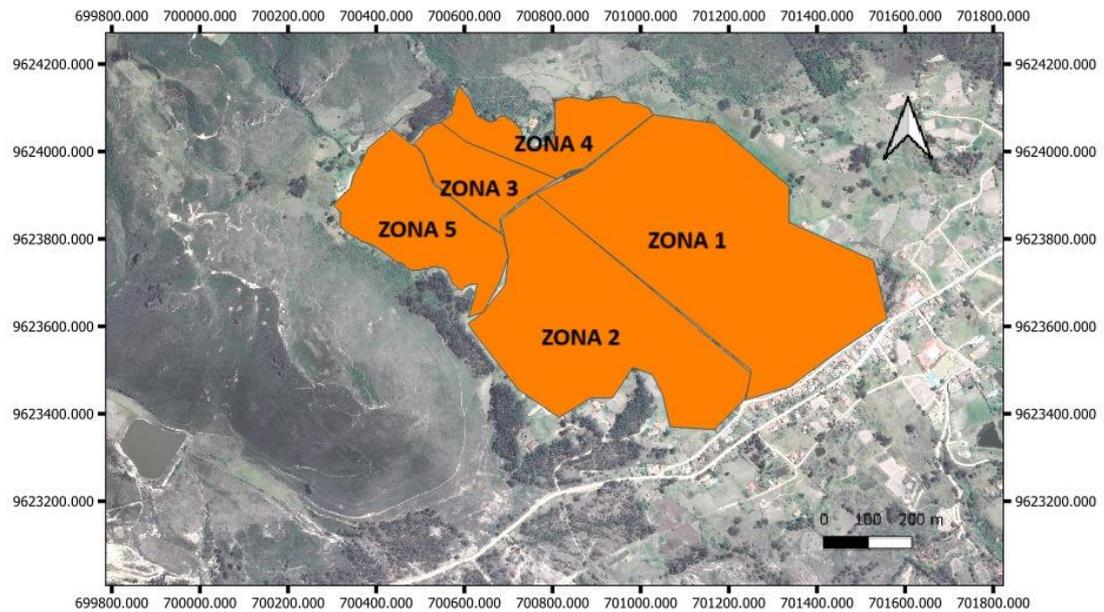
Se ha optado por dividir el sector de Raricucho en cinco zonas para proporcionar riego a toda la zona productiva. Cada zona requiere un caudal correspondiente de acuerdo con la distribución del caudal de diseño que es 7,6 l/s dividido para cada área efectiva de riego de acuerdo con la zona, según se detalla en la tabla 3.11 y como se muestra en la figura 3.6.

Tabla 3.11 Zonas de estudio

Zonas	Área (ha)	Qm (l/s)
1	25	4,3
2	17	2,92
3	4	0,68
4	4	0,68
5	8	1,37

Fuente: Autores

Figura 3.6 Zonas de riego del diseño agronómico



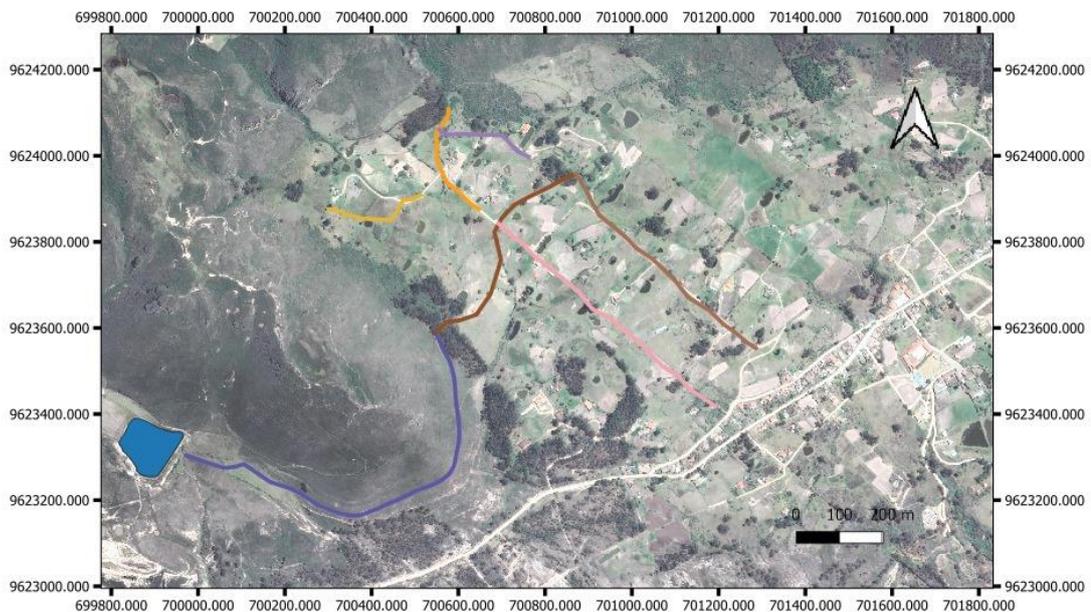
Fuente: Autores

3.2 Diseño Hidráulico

3.2.1 Diseño hidráulico de la red de distribución

Para el diseño hidráulico, el proceso inicia con la delimitación del área de riego y la demarcación de los recorridos de las tuberías, para esto, se realizó un levantamiento con el GPS GARMIN por donde irían dichas tuberías. Es importante conocer la topografía del terreno y por ende las curvas de nivel que ayudarán con la determinación de tramos y cotas. Se utilizó la herramienta informática QGIS, cuya función principal en este proyecto fue la extracción de las curvas de nivel de un modelo digital de elevaciones para obtener los perfiles de cada tramo de tubería y del perfil del proyecto, además de las áreas de las parcelas y las áreas efectivas a regarse. A través de sus herramientas se obtuvo datos de abscisas y cotas que son de utilidad para el cálculo del diseño hidráulico y servir de manera óptima a los usuarios. En la figura 3.7 se observa los tramos de tubería.

Figura 3.7 Tramos de tubería



Fuente: Autores

Además, se usó la herramienta AutoCAD Civil 3D 2022 para obtener una elevación y vista en 3D del perfil del terreno a escala.

El programa Cropwat usado para el procesamiento de datos obtenidos de las estaciones meteorológicas sirvió para la obtención de datos como el ETo en el diseño agronómico que luego son útiles en el diseño hidráulico.

La herramienta informática Excel fue de gran utilidad en este diseño, a partir de esta se obtuvieron importantes resultados, fáciles de interpretar y de manera ordenada.

3.2.1.1 Consideraciones generales

- a. En la red se usó tuberías de PVC propias para el fin.
- b. Los catálogos de las marcas escogidas presentan datos de presión, diámetros internos y externos de las tuberías, longitud, material, etc.
- c. A partir de los cálculos y la bibliografía se proponen velocidades que no permitan el sedimento por baja velocidad ni el desgaste por fricción debido a la alta velocidad de circulación.
- d. En base al catálogo de tuberías de PVC se plantean velocidades mínimas de 0.25 m/s y máximas de 3 m/s.
- e. Teniendo en cuenta los diámetros de tuberías se contemplan presiones entre 0 y 1.25 MPa.

- f. Se escogieron diámetros internos de tuberías de modo que la línea piezométrica no se aleje demasiado del perfil del terreno y el sistema sea lo más económico y eficiente posible.
- g. Se consideraron cajas rompe presiones en el inicio de cada tramo y cuando la presión de diseño así lo amerite, de modo que la presión en cada uno de los tramos se reinicie y dar agilidad al cálculo.
- h. Se considera la instalación de válvulas de cierre en la entrada a cada tramo, después del tanque rompe presiones para derivar el caudal a cada zona indistintamente.
- i. Se usarán válvulas de aire cada 500 metros en las cotas más altas para controlar el flujo de aire al interior de la tubería.
- j. Se busca seguir el perfil del terreno en la medida de lo posible, para que el movimiento de tierras para la instalación de la tubería sea el menor posible.
- k. Se ha buscado el mejor lugar para la colocación de la tubería, de modo que se agilice el movimiento de tierras, se minimice la molestia a los usuarios, el mantenimiento sea fácil y se abaraten costos.
- l. Para el cálculo de pérdidas parciales se usó la fórmula de Hazen Williams, la cual se usa para saber la velocidad del agua en tuberías circulares llenas que trabajan a presión.

$$hf = \frac{10.70 * L * Q^{1.852}}{D^{4.87} * C^{1.852}} \quad (\text{Ecuación 60})$$

Donde:

hf = Pérdida de carga (m)

L = Longitud de tubería (m)

Q = Caudal (m³/s)

D = Diámetro de la tubería (m)

C = coeficiente de rugosidad (para el PVC es 150)

3.2.1.2 Resultados del tramo 1

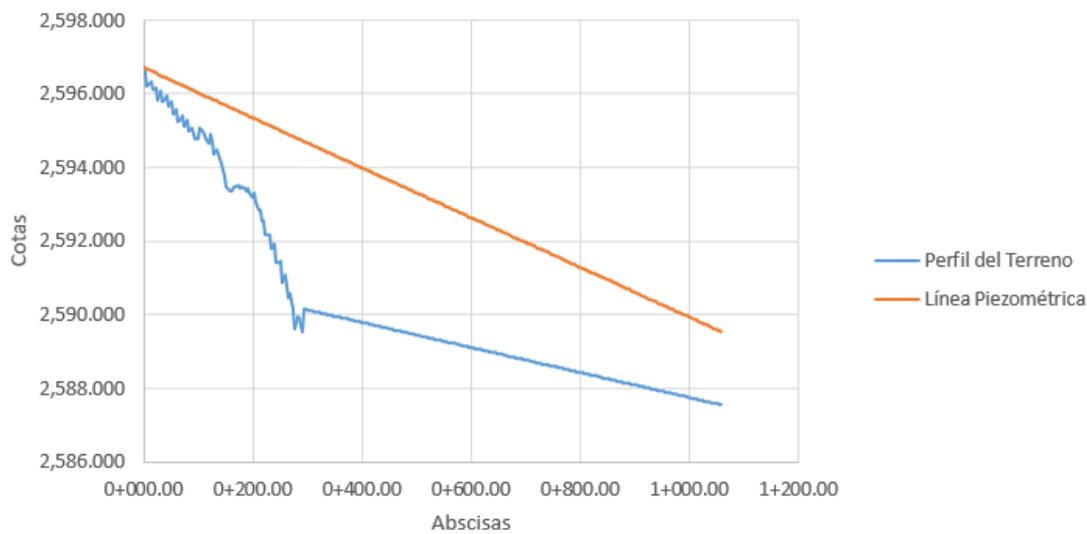
Este es un tramo principal, por lo tanto, solo conduce el agua desde el reservorio hasta el siguiente tramo.

Tabla 3.12 Resultados tramo 1

Tecnificación del sistema de Riego para el sector Raricucho								
Tramo	Abscisa inicial	Abscisa final	Cota inicial	Cota final	Demanda (l/s)	Descripción del tramo	Velocidad (m/s)	Observaciones
1	0+000.00	1+058.94	2596.72	2587.55	7.6	Tramo que conecta el reservorio con el tramo 2.	0.87	No existe tanque rompe presiones

Fuente: Autores

Figura 3.8 Línea piezométrica y perfil del tramo 1
Tramo 1



Fuente: Autores

3.2.1.3 Resultados del tramo 2

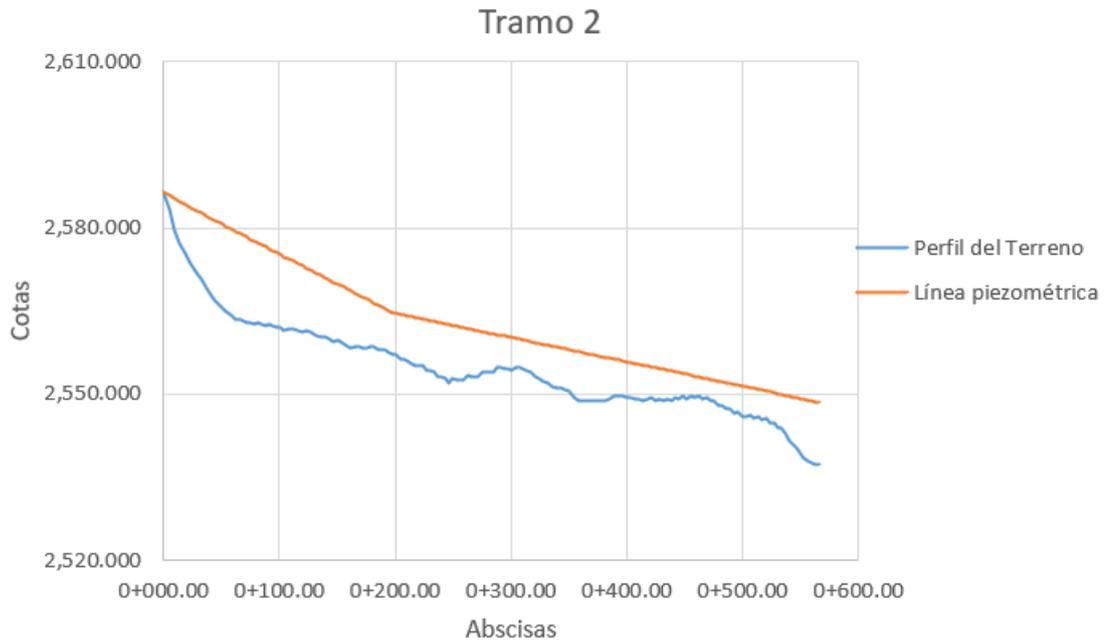
Este es un tramo principal, por lo tanto, solo conduce el agua desde el tramo anterior hasta el siguiente tramo.

Tabla 3.13 Resultados tramo 2

Tecnificación del sistema de Riego para el sector Raricucho								
Tramo	Abscisa inicial	Abscisa final	Cota inicial	Cota final	Demanda (l/s)	Descripción del tramo	Velocidad (m/s)	Observaciones
2	0+000.00	0+197.78	2587.55	2557.25	7.6	Tramo que conecta el tramo 1 con las zonas 1 y 2 y los tramos 3 y 4	2.71	Al inicio de la conducción existe un tanque rompe presiones y una válvula de cierre
2	0+201.02	0+565.82	2557.12	2537.30	7.6	Tramo que conecta el tramo 1 con las zonas 1 y 2 y los tramos 3 y 4	1.87	Cambio de tubería

Fuente: Autores

Figura 3.9 Línea piezométrica y perfil del tramo 2



Fuente: Autores

3.2.1.4 Resultados del tramo 3

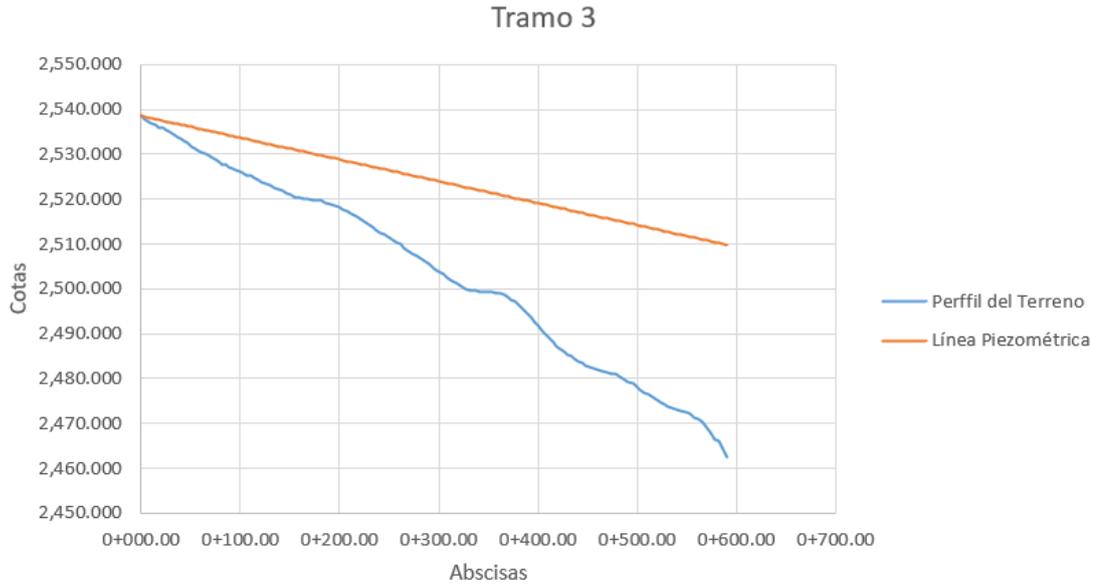
Este tramo abastece a una zona de cultivo, por lo tanto, tiene una demanda menor ya que a partir del tramo 2 se divide el caudal.

Tabla 3.14 Resultados tramo 3

Tecnificación del sistema de Riego para el sector Raricucho								
Tramo	Abscisa inicial	Abscisa final	Cota inicial	Cota final	Demanda (l/s)	Descripción del tramo	Velocidad (m/s)	Observaciones
3	0+000.00	0+590.08	2537.30	2462.46	4.3	Tramo que conecta el tramo 2 con la zona de riego 1 de 25 has.	1.7	Tanque rompe presiones y válvula de cierre al inicio de la conducción

Fuente: Autores

Figura 3.10 Línea piezométrica y perfil del tramo 3



Fuente: Autores

3.2.1.5 Resultados del tramo 4

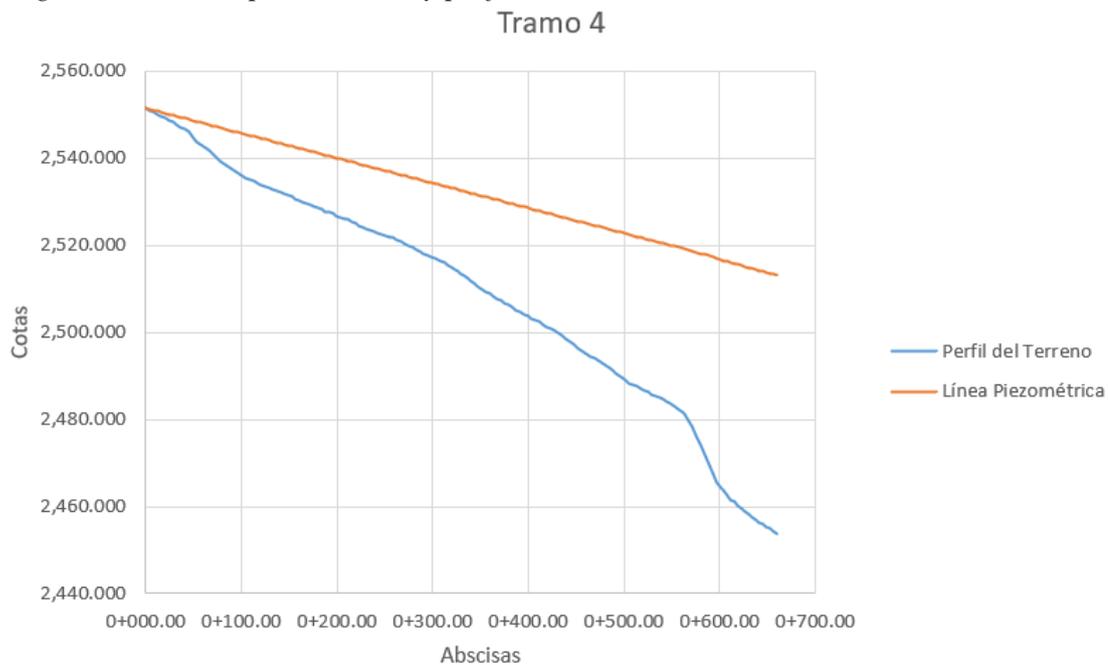
Este tramo también abastece a una zona de cultivo, por lo tanto, tiene una demanda menor de caudal ya que después del tramo 2 se divide el caudal.

Tabla 3.15 Resultados tramo 4

Tecnificación del sistema de Riego para el sector Raricucho								
Tramo	Abscisa inicial	Abscisa final	Cota inicial	Cota final	Demanda (l/s)	Descripción del tramo	Velocidad (m/s)	Observaciones
4	0+000.00	0+580.00	2551.48	2473.96	2.924	Tramo que conecta el tramo 2 con la zona 2 de 17 has.	1.66	Tanque rompe presiones y válvula de cierre al inicio de la conducción
4	0+584.50	0+660.16	2471.68	2453.61	2.924	Tramo que conecta el tramo 2 con la zona 2 de 17 has.	1.7	Cambio de tubería

Fuente: Autores

Figura 3.11 Línea piezométrica y perfil del tramo 4



Fuente: Autores

3.2.1.6 Resultados del tramo 5

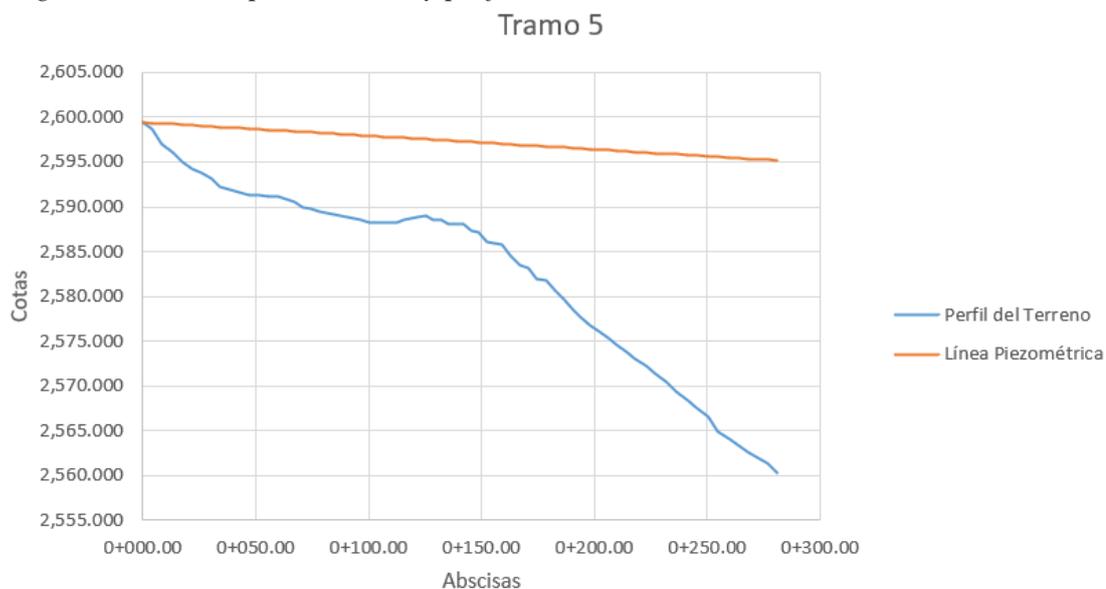
Este tramo abastece a una zona de cultivo, así que su caudal está fragmentado.

Tabla 3.16 Resultados tramo 5

Tecnificación del sistema de Riego para el sector Raricucho								
Tramo	Abscisa inicial	Abscisa final	Cota inicial	Cota final	Demanda (l/s)	Descripción del tramo	Velocidad (m/s)	Observaciones
5	0+000.00	0+281.13	2599.42	2560.30	0.688	Tramo que conecta la conducción desde la captación hasta la zona 3 de 4 has.	0.68	Tanque rompe presiones al inicio y válvula de cierre.

Fuente: Autores

Figura 3.12 Línea piezométrica y perfil del tramo 5



Fuente: Autores

3.2.1.7 Resultados del tramo 6

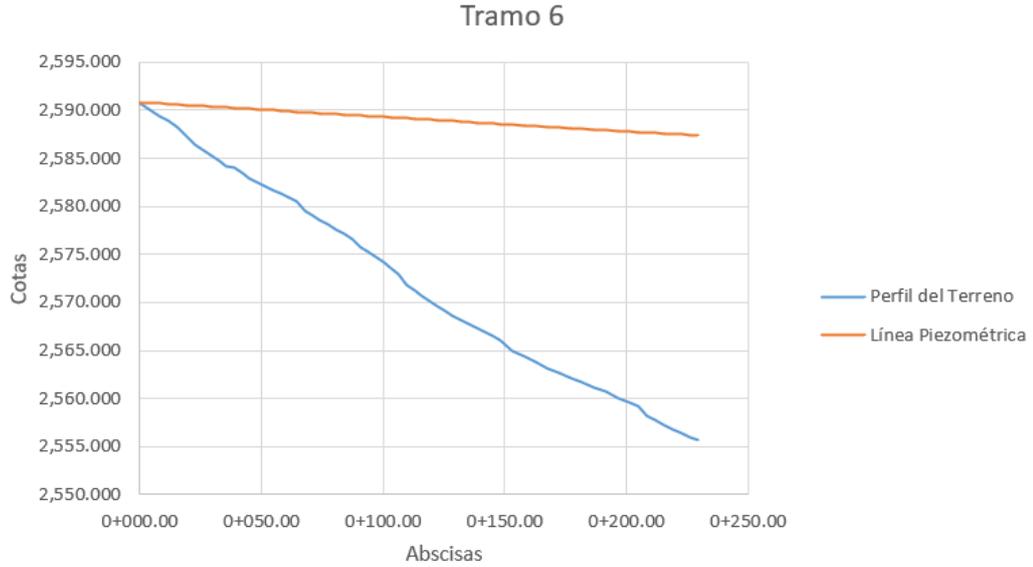
Este tramo abastece a una zona de cultivo, así que su caudal esta fragmentado.

Tabla 3.17 Resultados tramo 6

Tecnificación del sistema de Riego para el sector Raricucho								
Tramo	Abscisa inicial	Abscisa final	Cota inicial	Cota final	Demanda (l/s)	Descripción del tramo	Velocidad (m/s)	Observaciones
6	0+000.00	0+229.61	2590.82	2555.69	0.688	Tramo que conecta la conducción desde la captación hasta la zona 4 de 4 has.	0.68	Tanque rompe presiones y válvula de cierre al inicio de la conducción

Fuente: Autores

Figura 3.13 Línea piezométrica y perfil del tramo 6



Fuente: Autores

3.2.1.8 Resultados del tramo 7

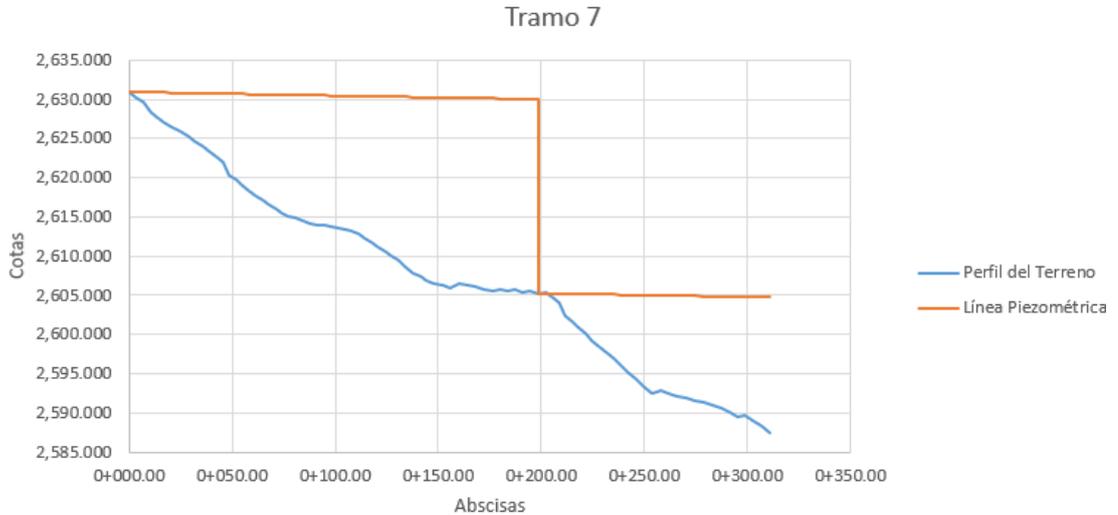
Este tramo abastece a una zona de cultivo, así que su caudal esta fragmentado.

Tabla 3.18 Resultados tramo 7

Tecnificación del sistema de Riego para el sector Raricucho								
Tramo	Abscisa inicial	Abscisa final	Cota inicial	Cota final	Demanda (l/s)	Descripción del tramo	Velocidad (m/s)	Observaciones
7	0+000.00	0+310.80	2630.94	2587.53	1.376	Tramo que conecta la conducción desde la captación hasta la zona 5 de 8 has.	0.49	Tanque rompe presiones y válvula de cierre al inicio de la conducción

Fuente: Autores

Figura 3.14 Línea piezométrica y perfil del tramo 7



Fuente: Autores

En el tramo 7 se debe construir un tanque rompe presiones en la abscisa 0+198.35 ya que la línea piezométrica en este tramo se aleja del perfil del terreno y en las abscisas finales la tubería no soportaría la excesiva presión. Por este motivo en la gráfica la línea piezométrica desciende abruptamente hasta igualar el perfil del terreno, en donde la presión se hace otra vez cero, como al inicio del tramo.

Conclusiones

- La información que describe la zona, tipo de sistema que actualmente se maneja en el sector, parámetros que se usaron para el diseño hidráulico y agronómico, clima, tipo de suelo, conducciones existentes se recopiló en el capítulo 1 y 2.
- En el capítulo 3 se realizó el estudio agronómico y se optimizó el caudal considerando la superficie para obtener un déficit de riego igual a cero.
- En el capítulo 3 se detalló la información y se obtuvo los cálculos en base a los parámetros hidro físicos del suelo Franco Arcilloso, cuya densidad aparente es 1.35 g/cm^3 , una capacidad de campo de 27%, un punto de marchitez permanente de 13% y una infiltración básica de 8 mm/h.
- Se realizaron dos estimaciones para la superficie regable, la primera, teniendo en cuenta parámetros como la evapotranspiración (ET_o) y las precipitaciones (p70). Gracias a la adición de riego mediante el balance hídrico el déficit de riego se vuelve cero, asegurando que los cultivos sean dotados de agua durante toda la etapa. La segunda estimación toma en cuenta parámetros de suelo como el agua utilizable, la dosis neta de riego, máximo intervalo entre riego, dosis neta ajustada, necesidades netas de riego, dosis bruta de riego, tiempo de aplicación y necesidad bruta, obteniendo una superficie máxima regable de 15.85 hectáreas. Se tomará el caso menos favorable, porque presenta datos más contundentes y acertados, en cuanto al cálculo.
- La ventaja de la tecnificación del sistema de riego es que cubre una mayor extensión de terreno beneficiando a más familias y parcelas, puesto que antes el caudal con el que contaban no era suficiente para cubrir las necesidades de riego de los cultivos. Por lo tanto, la gente recurría a la construcción de reservorios mal planificados.
- El sistema resulta factible, puesto que se regaría una mayor área y se eliminaría el déficit de riego que existe en la actualidad.
- Con el sistema propuesto, se aprovecha al máximo el reservorio principal que cuenta con una buena planificación para su ejecución, reemplazando así el excesivo número de reservorios construidos sin criterios técnicos.
- Al eliminar los reservorios intermedios se contribuye a evitar futuros problemas de deslizamientos de tierra en la parte baja de la zona de estudio,

garantizando así un suelo estable para la seguridad y aprovechamiento de la comunidad de Raricucho.

Recomendaciones

- La ejecución del proyecto debe ser acorde a los parámetros establecidos tanto en el diseño agronómico como hidráulico, respetando la dotación para cada zona.
- El sistema será viable siempre y cuando se dé un adecuado mantenimiento a toda la conducción, tanques rompe presiones, válvulas de cierre y de aire.
- Utilizar tuberías y accesorios de buena calidad que cumplan con la presión y solicitaciones requeridas.
- Comprobar que no exista fugas ni obstrucciones en la totalidad de la conducción.
- Las personas que van a operar el sistema deben estar capacitados para su correcta operación y mantenimiento.

Bibliografía

- ABN Pipe Systems. (2021). *Tuberías de polietileno: definición, aplicaciones y ventajas*. <https://www.abnpipesystems.com/tuberias-de-polietileno-definicion-aplicaciones-y-ventajas/>
- Acedo Sánchez, J. (2003). *Control Avanzado de Procesos* (p. 575). <https://www.diazdesantos.es/ediciones>
- Afif, E. (2004). *Apuntes de hidráulica para explotaciones forestales*. <https://hdl.handle.net/10651/71416>
- AGRCsistemas. (n.d.). *Tubería pvc*. <https://agrosistemas.com.ec/manguera-pe-tuberia-pvc/tuberia-pvc.html>
- Allen, R., Pereira, L., Raes, D., & Smith, M. (2006). Evapotranspiración. *Serie Didáctica, Facultad de Agronomía y Zootecnia, Universidad Nacional de Tucuman, 45*.
- Asociación de Agrónomos Indígenas del Cañar. (2004). *El cultivo del tomate riñón en invernadero*. https://digitalrepository.unm.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1366&context=abya_yala
- Brière, F. (2005). *Distribución de agua potable y colecta de desagüe y de agua lluvia*. 412. <https://www.presses-polytechnique.ca/en/distribucion-de-agua-potable-y-colecta-de-desaguees-y-de-agua-de-lluvia>
- Cabrera, M. (2016). Ampliación del sistema de agua potable para las comunidades de Banguir y San Martín de la parroquia San José de Raranga, en el cantón Sígsig. *Universidad Del Azuay, 136*.
- Cadena, V. H. (2016). Hablemos de riego. In *Congope* (Vol. 1, Issue 2). <http://www.congope.gob.ec/wp-content/uploads/2017/03/HABLEMOS-DE-RIEGO-LOW.pdf>
- Caiza, A., & Paredes, B. (2020). DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN, INCORPORANDO ESTRUCTURAS DE TRATAMIENTO

PREVENTIVO, CON UN MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO, EN LA COMUNIDAD “EL GALPÓN”, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI. *Repositorio Institucional de La Universidad Técnica de Ambato, La lecto escritura y su influencia en el proceso de enseñanza*, 55. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/12640>

Carrazón, J. (2018). Manual práctico para el diseño de sistemas de minirriego.

Programa Especial Para La Seguridad Alimentaria (PESA), 9(5), 5876–5891.

Corcho, F., & Duque, J. I. (1993). *Acueductos: teoría y diseño* (p. 639).

Díaz, J. (2006). *Mecánica de los fluidos e hidráulica*.

<https://books.google.co.ve/books?id=3jHhWwwQqp4C&printsec=copyright&hl=es#v=onepage&q&f=false>

Flowserve. (2024). *Válvulas de retención de pistón (elevación) - Univalve*.

<https://www.flowserve.com/es/products/products-catalog/valves/check-valves/piston-lift-check-valves-univalve/>

Fuentes. (1996). *Técnicas de Riego en la Agricultura*.

<https://www.scribd.com/document/384267334/Tecnicas-de-Riego-Fuentes-Yague-Garcia-Legaspi>

GAD de Oña. (2023). *PDOT OÑA*.

García Arpi, J. S., & Samaniego Delgado, I. M. (2019). *Estudios para el mejoramiento del sistema de riego en las comunidades de Villastana, San José, Morasloma, Lluchín y Hermano Miguel pertenecientes al cantón Nabón, sustitución de canal abierto por tuberías a presión*.

García, C., Robaina, A. D., & Calgaro, M. (2003). *Selección de bombas para riego*. 132, 11.

Genova, L., Etcheverry, M., Andreau, R., Etchevers, P., Chale, W., Calvo, L., & Ramos, F. (n.d.). *Equipo docente : Hf □ Ks * L * Vm Dn*. 1–26.

Gil, R. (2010). *El agua del suelo* . 1–10.

- Grupo Martín Lorenzo. (2023). *Aislamiento de tuberías de fibrocemento*.
<https://desamianto.org/aislamiento-de-tuberias-de-fibrocemento/>
- INAMHI. (2024). *Estaciones INAMHI*. <http://www.inamhi.gob.ec/visor/estaciones>
- INEC. (2023). El Nuevo Rostro del Azuay. *Ecuador En Cifras*, 2–3.
- López, J. (2018). *Curso de fontanería paso a paso*.
- Martínez Cañadas, M. Á. (1993). *Hidráulica aplicada a proyectos de riego* (p. 312).
https://books.google.com.ec/books?id=__kzM0ey4ckC&pg=PA33&dq=tipos+de+flujos+en+hidraulica&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwj7mbyp15X8AhVDmYQIHSTmCXsQ6AF6BAgMEAI#v=onepage&q&f=false
- Ministerio del Ambiente. (2015). Revisión del anexo 1 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. *Registro Oficial No. 387, 97*, 1–40. <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu155128.pdf>
- Mott, R., & Untener, J. (2015). *Mecánica de fluidos*.
https://www.academia.edu/43741728/Mecanica_de_Fluidos_7a_ed_Mott
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO. (2013). Captación Y Almacenamiento De Agua De Lluvia. In *Santiago de Chile*. <https://www.fao.org/3/i3247s/i3247s.pdf>
- Petroquimex. (2019). *Selección Adecuada de Válvulas de Retención (Check)*.
<https://petroquimex.com/seleccion-adeuada-de-valvulas-de-retencion-check/>
- Prefectura del Azuay. (2013). *Plan de desarrollo y Ordenamiento Territorial*.
- Quesquén Bancos, J. (2016). *EJORAMIENTO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA LOCALIDAD DE PIYAY, DISTRITO DE PATAYPAMPA, PROVINCIA DE GRAÚ-REGIÓN APURIMAC*.
- Quinde, P., & Zhagui, J. (2019). Diseño de un sistema de riego presurizado para el sector Pungoloma de la comunidad de Quilloac del cantón Cañar, provincia de

Cañar. *Universidad Del Azuay*.

Ramos R., M., & Báez R., D. (2013). *Diseño Y Construcción De Un Sistema De Riego Por Aspersión En Una Parcela Demostrativa En El Cantón Cevallos*. 53–55.

Rudmex. (2023a). *Tipos de válvulas de control*.

<https://www.rudmex.com/blog/conoce-nuestros-tipos-de-valvulas-automaticas-de-control>

Rudmex. (2023b). *Válvula Swing Check*. <https://www.rudmex.com/valvula-swing-check>

Ruiz, A., & Molina, J. M. (2010). *Automatización y Telecontrol de Sistemas de Riego*. [http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10169/2/04 MEL 082 TRABAJO GRADO.pdf](http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10169/2/04_MEL_082_TRABAJO_GRADO.pdf)

Scheff, J., & Frierson, D. M. W. (2014). Scaling potential evapotranspiration with greenhouse warming. *Journal of Climate*, 27(4), 1539–1558.
<https://doi.org/10.1175/JCLI-D-13-00233.1>

Schwab, G., Frevert, R., Edminster, T., & Barnes, K. (1990). *Manual de Conservación de Suelos y Aguas*. México.

Shaozhong, K., Binjie, G., Taisheng, D., & Jianhua, Z. (n.d.). *Crop coefficient and ratio of transpiration to evapotranspiration of winter wheat and maize in a semi-humid region*.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378377402001506>

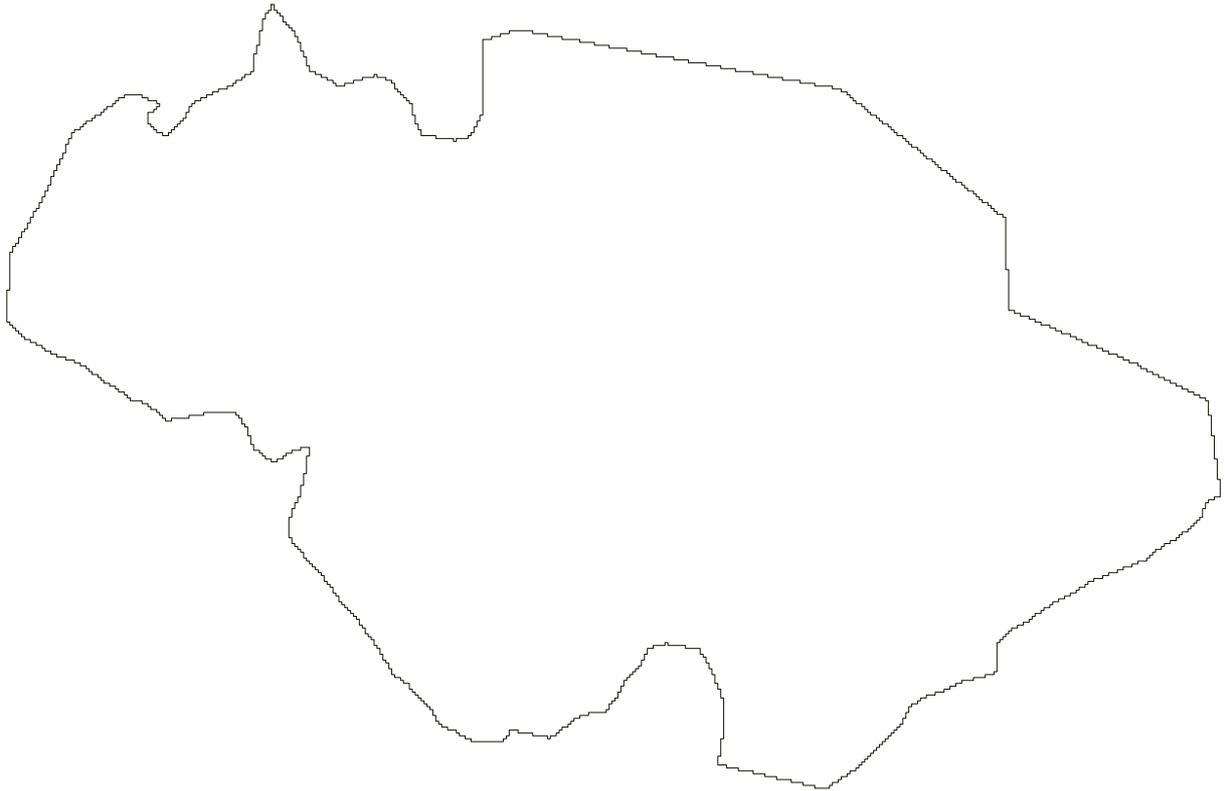
SiAR. (1990). *Cálculo de ET 0 : MÉTODO DE PENMAN-MONTEITH*. 1–13.

WALWORTH. (2024). *Válvula de retención tilting disc*.
https://walworth.com/retencion_tilting.php

Anexos



Anexo_2_contorno_areaderiego



PROYECTO DE TECNIFICACION DE SISTEMAS DE RIEGO EN LA PROVINCIA DEL AZUAY

SISTEMA DE RIEGO RARICUCHO

Contorno área de riego

FECHA:
Junio 2024

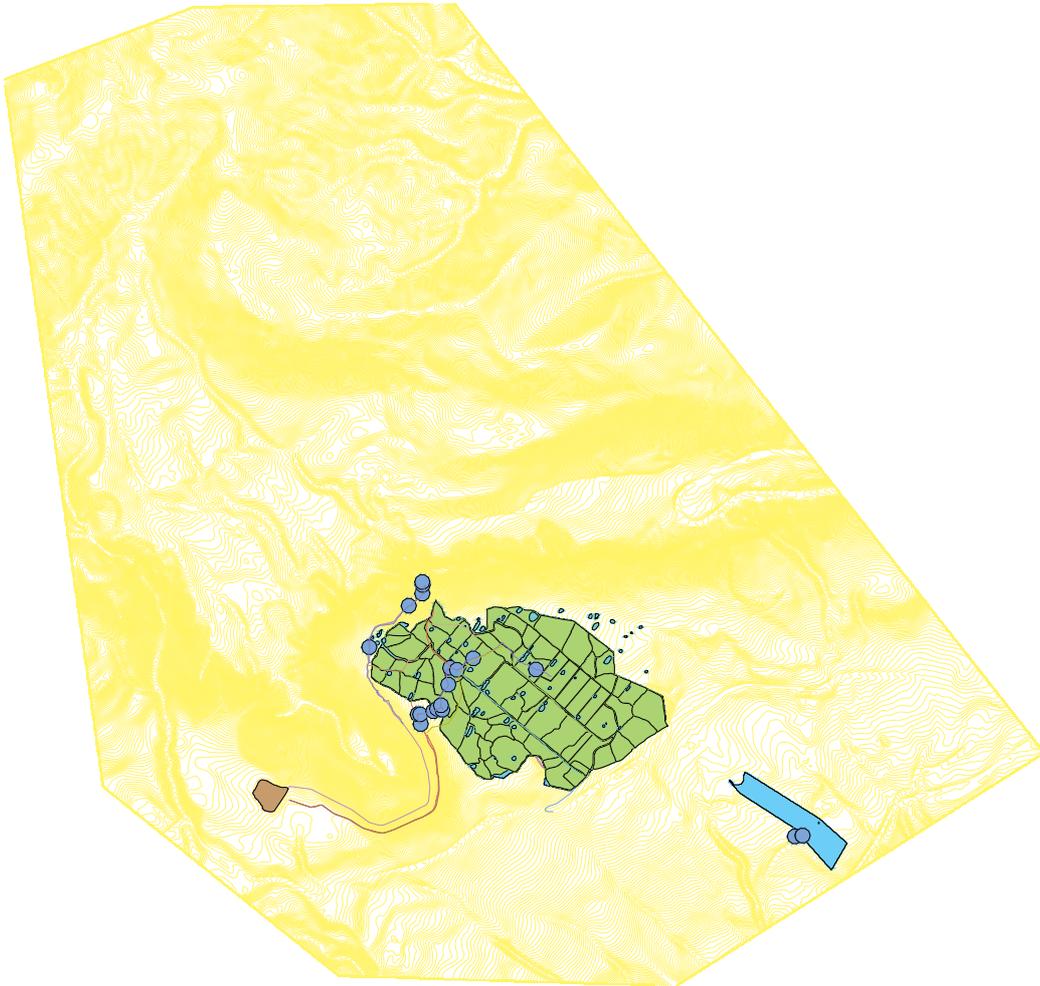
ESCALA:
1 :20

LAMINA:
1 de 1

DISEÑO:

REVISIÓN:

Anexo_3_shape_civil3D



PROYECTO DE TECNIFICACION DE SISTEMAS DE RIEGO EN LA PROVINCIA DEL AZUAY

SISTEMA DE RIEGO RARICUCHO

Shape Raricucho

FECHA:
Junio 2024

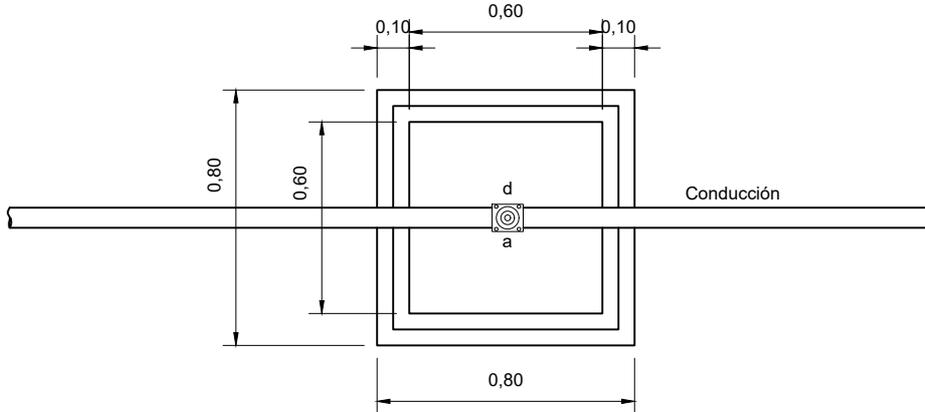
ESCALA:
1 :20

LAMINA:
1 de 1

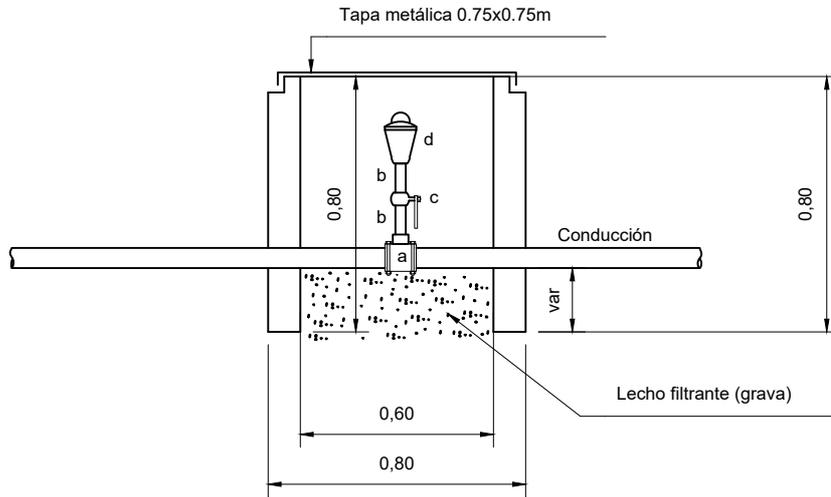
DISEÑO:

REVISIÓN:

Anexo_4_Válvula_de_aire



PLANTA



PERFIL LONGITUDINAL

LISTADO DE ACCESORIOS PARA VALVULA DE AIRE			
CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
a	Collarín PVC 63mmx3/4"	1	u
b	Neplo HG 3/4" x 10cm	1	u
c	Válvula esférica 3/4"	1	u
d	Válvula de aire 3/4" doble acción	1	u

PROYECTO DE TECNIFICACION DE SISTEMAS DE RIEGO EN LA PROVINCIA DEL AZUAY

SISTEMA DE RIEGO RARICUCHO

Válvula de Aire

FECHA:
Junio 2024

ESCALA:
1 :20

LAMINA:

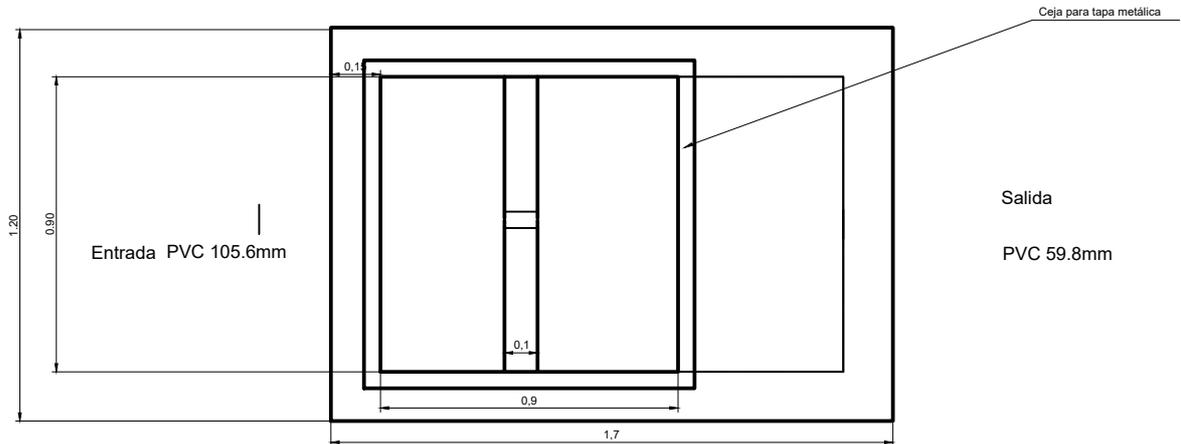
1 de 1

DISEÑO:

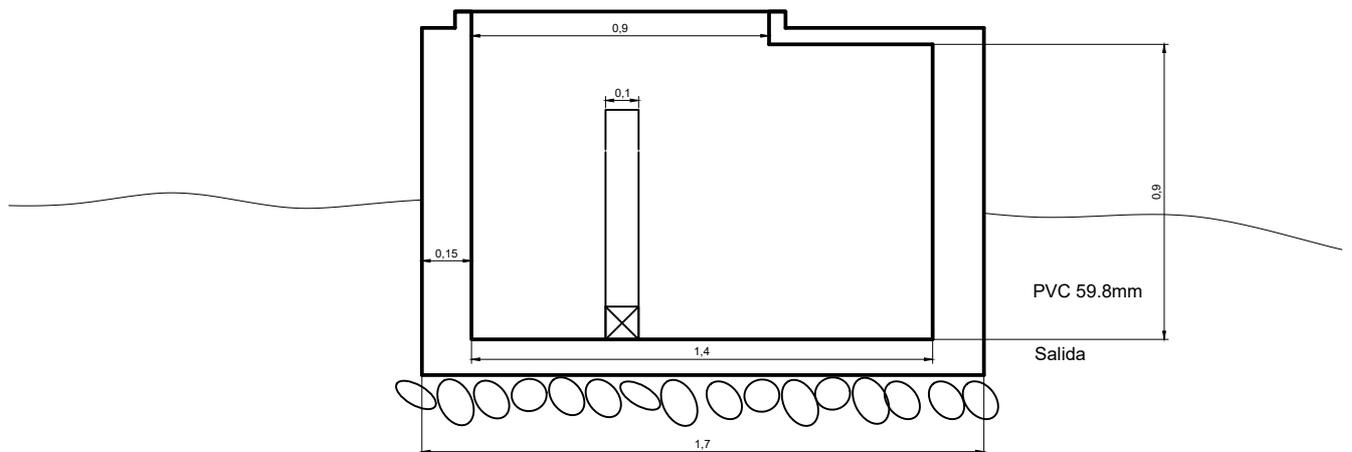
APROBADO:

Anexo_5_Tanque_rompe_presión_tramo_2

PLANTA



CORTE
Tapa de tool 1.05x1.05



PROYECTO DE TECNIFICACION DE SISTEMAS DE RIEGO EN LA PROVINCIA DEL AZUAY

SISTEMA DE RIEGO RARICUCHO

Tanque Rompe Presión Tramo 2

FECHA: Junio 2024

ESCALA: 1 :20

LAMINA:

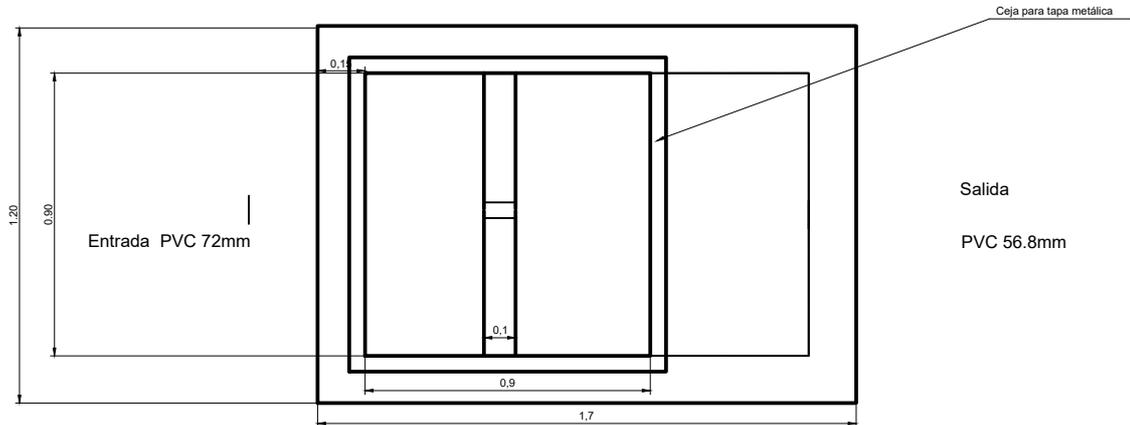
1 de 1

DISEÑO:

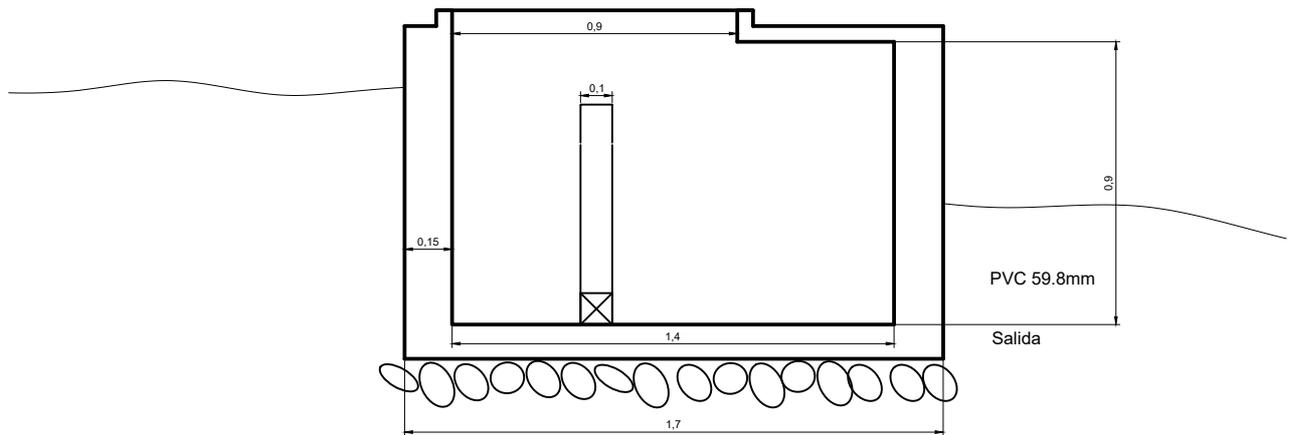
REVISIÓN:

Anexo_6_Tanque_rompe_presión_tramo_3

PLANTA



CORTE
Tapa de tool 1.05x1.05



PROYECTO DE TECNIFICACION DE SISTEMAS DE RIEGO EN LA PROVINCIA DEL AZUAY

SISTEMA DE RIEGO RARICUCHO

Tanque Rompe Presión Tramo 3

DISEÑO:

FECHA: Junio 2024

ESCALA: 1 :20

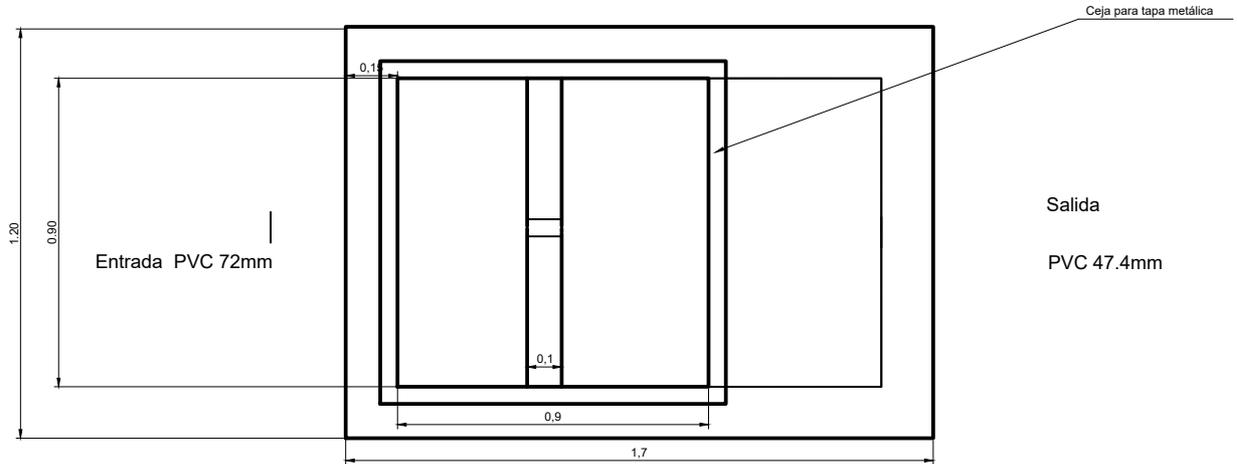
REVISIÓN:

LAMINA:

1 de 1

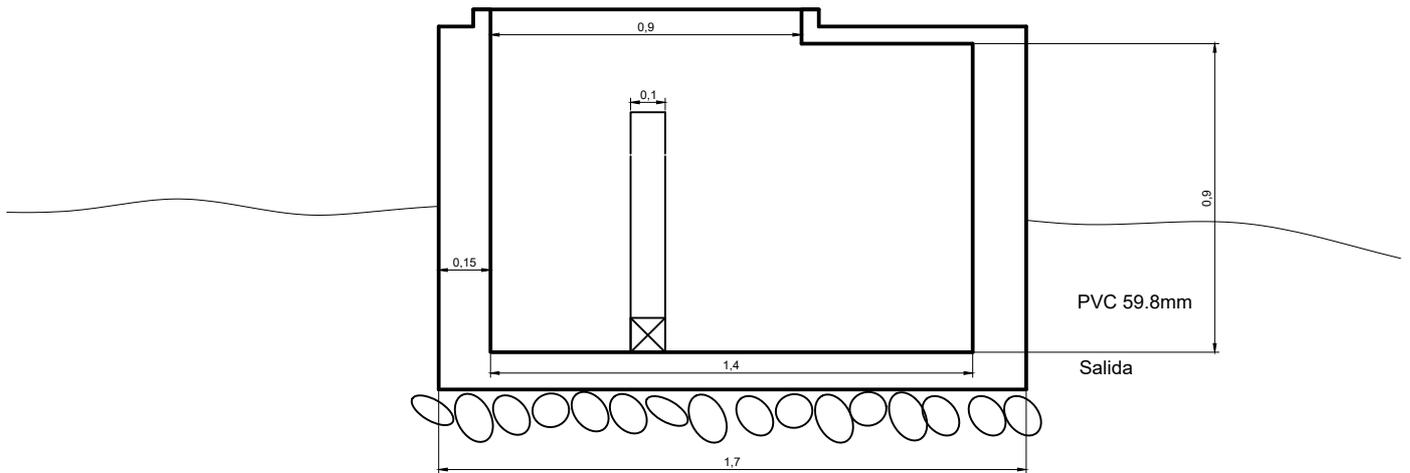
Anexo_7_Tanque_rompe_presión_tramo_4

PLANTA



CORTE

Tapa de tool 1.05x1.05



PROYECTO DE TECNIFICACION DE SISTEMAS DE RIEGO EN LA PROVINCIA DEL AZUAY

SISTEMA DE RIEGO RARICUCHO

Tanque Rompe Presión Tramo 4

FECHA: Junio 2024

ESCALA: 1 :20

LAMINA:

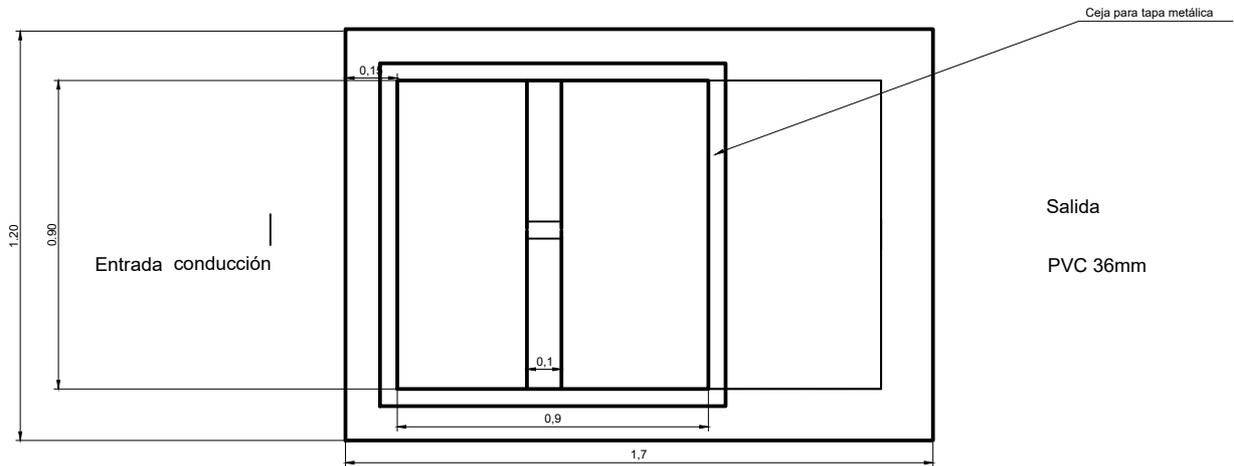
1 de 1

DISEÑO:

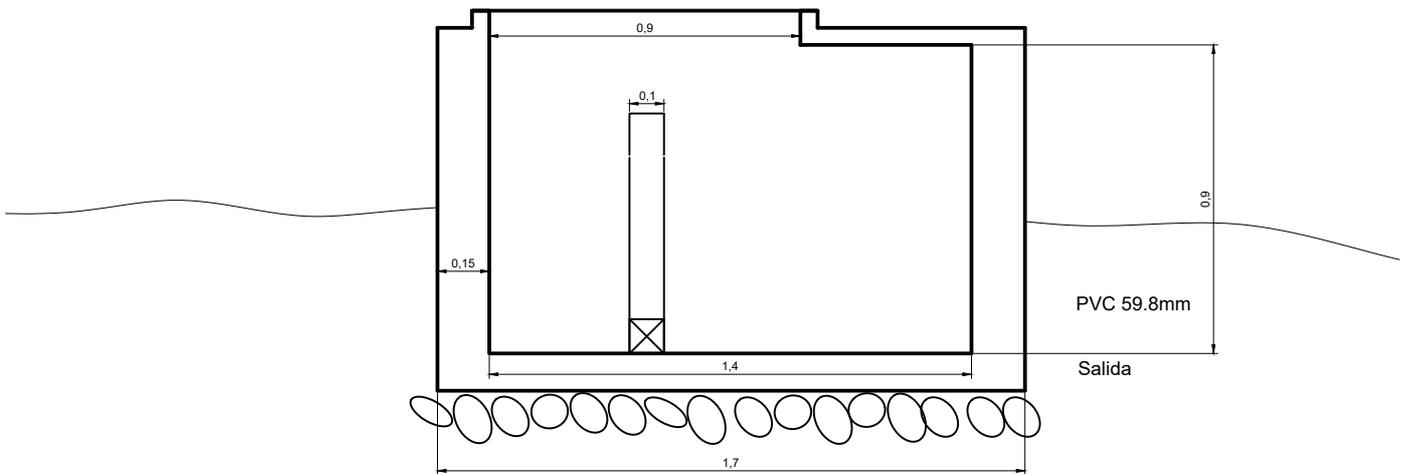
REVISIÓN:

Anexo_8_Tanque_rompe_presión_tramo_5

PLANTA



CORTE
Tapa de tool 1.05x1.05



PROYECTO DE TECNIFICACION DE SISTEMAS DE RIEGO EN LA PROVINCIA DEL AZUAY

SISTEMA DE RIEGO RARICUCHO

Tanque Rompe Presión Tramo 5

FECHA:
Junio 2024

ESCALA:
1 :20

LAMINA:

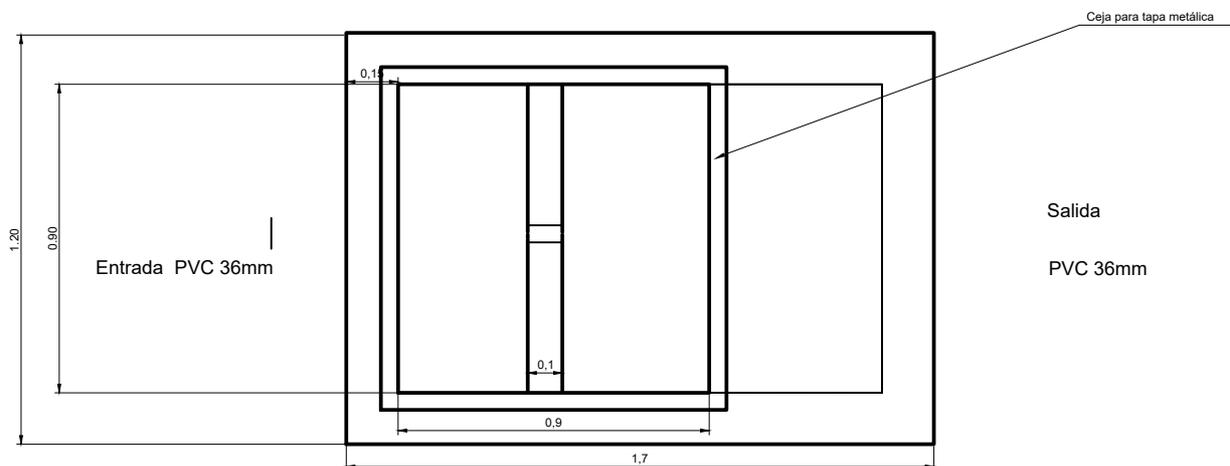
1 de 1

DISEÑO:

REVISIÓN:

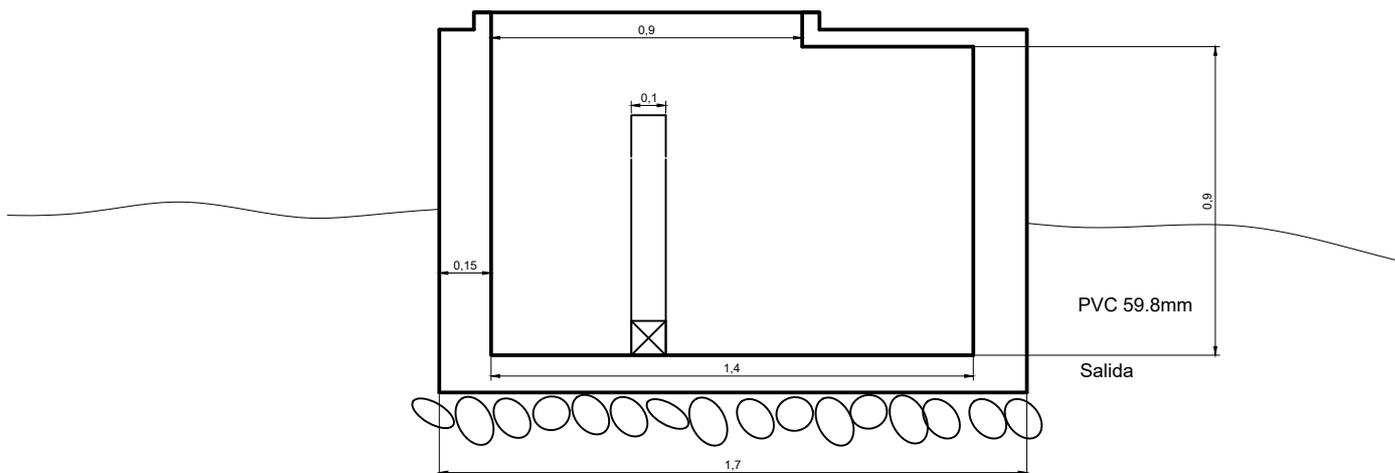
Anexo_9_Tanque_rompe_presión_tramo_6

PLANTA



CORTE

Tapa de tool 1.05x1.05



PROYECTO DE TECNIFICACION DE SISTEMAS DE RIEGO EN LA PROVINCIA DEL AZUAY

SISTEMA DE RIEGO RARICUCHO

Tanque Rompe Presión Tramo 6

FECHA:
Junio 2024

ESCALA:
1 :20

LAMINA:

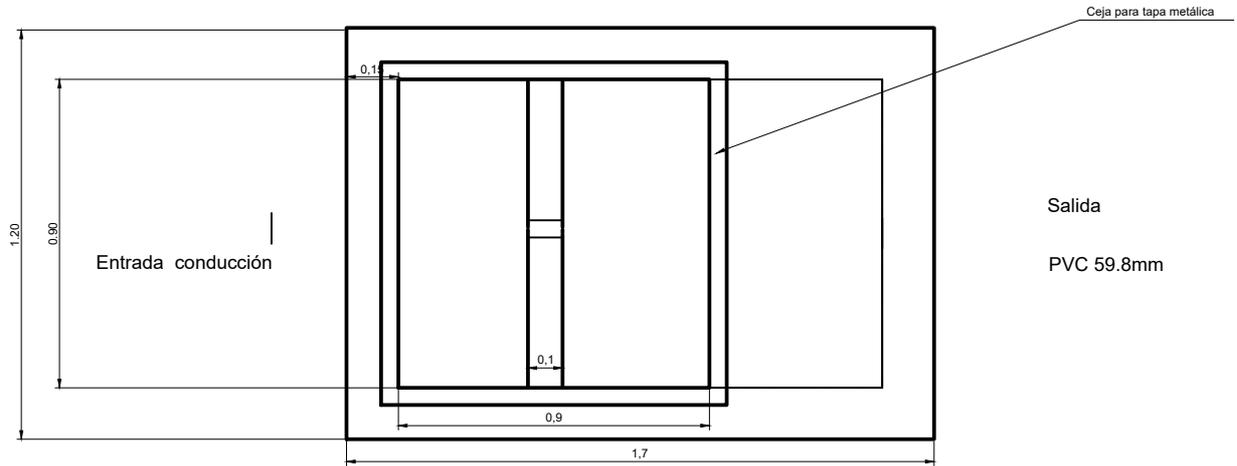
1 de 1

DISEÑO:

REVISIÓN:

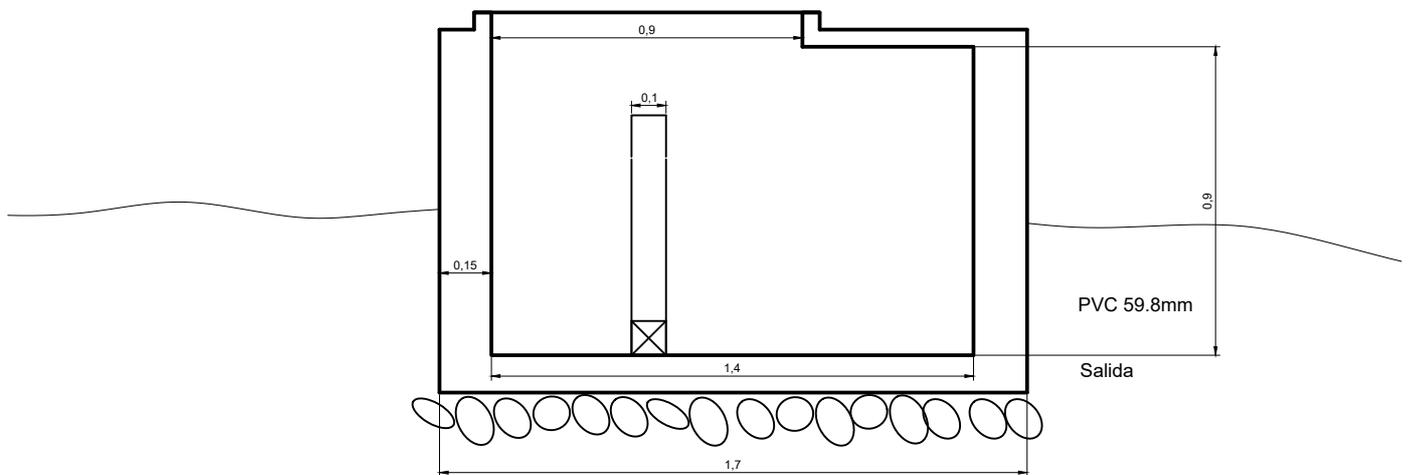
Anexo_10_Tanque_rompe_presión_tramo_7.1

PLANTA



CORTE

Tapa de tool 1.05x1.05



PROYECTO DE TECNIFICACION DE SISTEMAS DE RIEGO EN LA PROVINCIA DEL AZUAY

SISTEMA DE RIEGO RARICUCHO

Tanque Rompe Presión Tramo 7.1

DISEÑO:

FECHA: Junio 2024

ESCALA: 1 :20

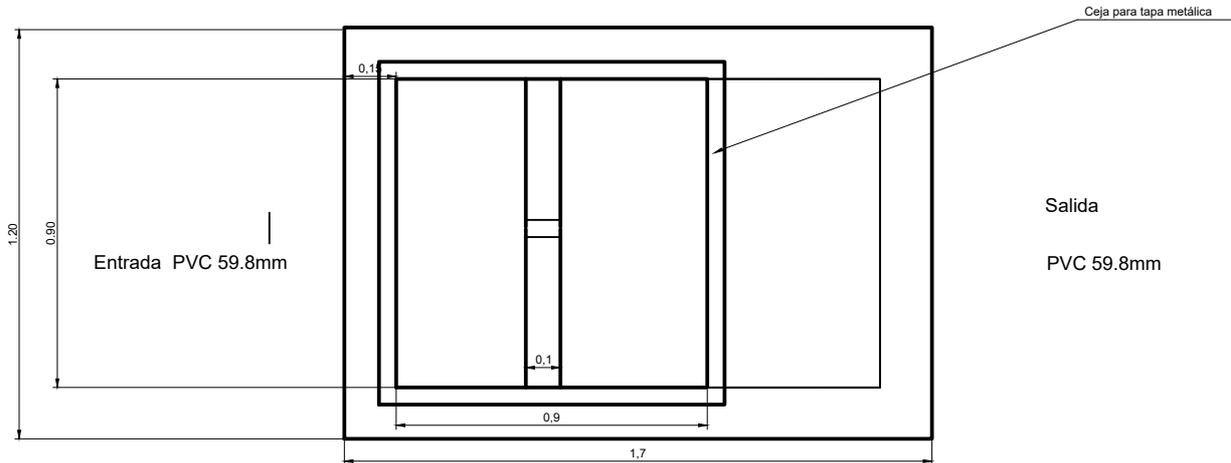
REVISIÓN:

LAMINA:

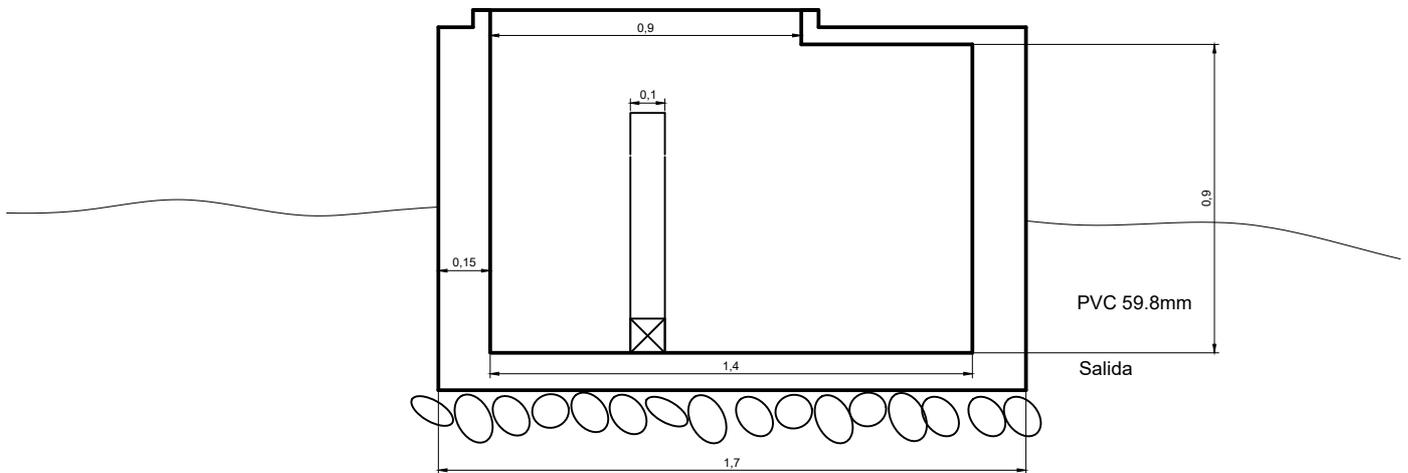
1 de 1

Anexo_11_Tanque_rompe_presión_tramo_7.2

PLANTA



CORTE
Tapa de tool 1.05x1.05



PROYECTO DE TECNIFICACION DE SISTEMAS DE RIEGO EN LA PROVINCIA DEL AZUAY

SISTEMA DE RIEGO RARICUCHO

Tanque Rompe Presión Tramo 7.2

DISEÑO:

FECHA:
Junio 2024

ESCALA:
1 :20

REVISIÓN:

LAMINA:

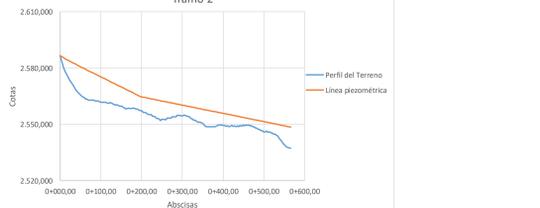
1 de 1

C (PVC) 150

hf = 10.70LQ^1.852 / D^4.75 C^1.4832

Table with columns: Abscisa, Cota (m), Diámetro (mm), Q, PÉRDIDAS (Parcial, Acumulada, Piezométrica, Estática), METROS, PRESION DE TRABAJO (kg/cm2, Mpa, PSI), Velocidad (m/s). Rows represent data points for a pipe system.

Tramo 2



C (PVC) 150

$$H_f = \frac{10.70LQ^{1.852}}{D^{4.87}C^{1.852}}$$

Abscisa	Cota (m)	DIAMETRO (mm)		Q			PERDIDAS				PRESION DE TRABAJO			Velocidad (m/s)	
		Externo	Interno	long parcial	long acum	Caudal (L/s)	Parcial	Acumulada	Piezometrica	Estatica	METROS	kgf/cm2	Mpa		PSI
0+000.00	2.538.526	63	56.8	0	4.3	0.000	0.000	2538.526	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0+003.64	2.537.761	63	56.8	3.72	3.72	4.3	0.179	0.179	2538.347	0.765	0.586	0.059	0.006	0.001	1.7
0+007.28	2.537.077	63	56.8	3.70	7.42	4.3	0.178	0.357	2538.169	1.449	1.092	0.109	0.011	0.001	1.7
0+010.92	2.536.980	63	56.8	3.64	11.06	4.3	0.175	0.532	2537.994	1.546	1.014	0.101	0.010	0.001	1.7
0+014.56	2.536.436	63	56.8	3.68	14.74	4.3	0.177	0.709	2537.817	1.261	1.382	0.138	0.014	0.001	1.7
0+018.20	2.535.915	63	56.8	3.68	18.42	4.3	0.177	0.886	2537.640	2.611	1.725	0.172	0.017	0.002	1.7
0+021.84	2.535.818	63	56.8	3.64	22.06	4.3	0.175	1.061	2537.465	2.708	1.647	0.165	0.017	0.002	1.7
0+025.48	2.535.280	63	56.8	3.68	25.74	4.3	0.177	1.238	2537.288	3.246	2.008	0.201	0.020	0.002	1.7
0+029.12	2.535.137	63	56.8	3.64	29.38	4.3	0.175	1.413	2537.113	3.389	1.976	0.198	0.020	0.002	1.7
0+032.76	2.534.365	63	56.8	3.72	33.10	4.3	0.179	1.592	2536.934	4.161	2.569	0.257	0.026	0.003	1.7
0+036.40	2.533.697	63	56.8	3.70	36.80	4.3	0.178	1.770	2536.756	4.889	3.059	0.306	0.031	0.003	1.7
0+040.04	2.533.438	63	56.8	3.65	40.45	4.3	0.176	1.946	2536.580	5.088	3.142	0.314	0.031	0.003	1.7
0+043.50	2.532.726	63	56.8	3.53	43.98	4.3	0.17	2.116	2536.410	5.800	3.684	0.368	0.037	0.004	1.7
0+046.95	2.532.460	63	56.8	3.47	47.45	4.3	0.167	2.283	2536.243	6.066	3.783	0.378	0.038	0.004	1.7
0+050.41	2.531.773	63	56.8	3.52	50.97	4.3	0.17	2.453	2536.073	6.753	4.300	0.430	0.043	0.004	1.7
0+053.87	2.531.484	63	56.8	3.47	54.44	4.3	0.167	2.620	2535.906	7.042	4.422	0.442	0.044	0.004	1.7
0+057.32	2.530.805	63	56.8	3.51	57.95	4.3	0.169	2.789	2535.737	7.661	4.872	0.487	0.049	0.005	1.7
0+060.78	2.530.576	63	56.8	3.47	61.42	4.3	0.167	2.956	2535.570	7.950	4.994	0.499	0.050	0.005	1.7
0+064.23	2.529.982	63	56.8	3.51	64.93	4.3	0.169	3.125	2535.401	8.544	5.419	0.542	0.054	0.005	1.7
0+067.69	2.529.692	63	56.8	3.47	68.40	4.3	0.167	3.292	2535.234	8.834	5.542	0.554	0.055	0.006	1.7
0+071.14	2.529.125	63	56.8	3.50	71.90	4.3	0.169	3.461	2535.065	9.402	5.941	0.594	0.059	0.006	1.7
0+074.60	2.528.868	63	56.8	3.46	75.36	4.3	0.167	3.628	2534.898	9.658	6.030	0.603	0.060	0.006	1.7
0+078.13	2.528.342	63	56.8	3.57	78.93	4.3	0.172	3.800	2534.726	10.184	6.364	0.638	0.064	0.006	1.7
0+081.67	2.527.835	63	56.8	3.57	82.50	4.3	0.172	3.972	2534.554	10.691	6.719	0.672	0.067	0.007	1.7
0+085.20	2.527.615	63	56.8	3.54	86.04	4.3	0.171	4.143	2534.383	10.911	6.768	0.677	0.068	0.007	1.7
0+088.74	2.527.127	63	56.8	3.57	89.61	4.3	0.172	4.315	2534.211	11.399	7.084	0.708	0.071	0.007	1.7
0+092.27	2.526.922	63	56.8	3.54	93.15	4.3	0.171	4.486	2534.040	11.604	7.118	0.712	0.071	0.007	1.7
0+095.81	2.526.457	63	56.8	3.57	96.72	4.3	0.172	4.658	2533.868	12.069	7.411	0.741	0.074	0.007	1.7
0+099.34	2.526.296	63	56.8	3.54	100.26	4.3	0.171	4.829	2533.697	12.230	7.401	0.740	0.074	0.007	1.7
0+102.88	2.525.825	63	56.8	3.57	103.83	4.3	0.172	5.001	2533.525	12.701	7.700	0.770	0.077	0.008	1.7
0+106.41	2.525.369	63	56.8	3.56	107.39	4.3	0.171	5.172	2533.354	13.157	7.985	0.798	0.080	0.008	1.7
0+109.95	2.525.250	63	56.8	3.54	110.93	4.3	0.171	5.343	2533.183	13.276	7.933	0.793	0.079	0.008	1.7
0+114.02	2.524.785	63	56.8	4.09	115.02	4.3	0.197	5.540	2532.986	13.741	8.201	0.820	0.082	0.008	1.7
0+118.08	2.524.315	63	56.8	4.09	119.11	4.3	0.197	5.737	2532.789	14.211	8.474	0.847	0.085	0.009	1.7
0+122.15	2.523.876	63	56.8	4.09	123.20	4.3	0.197	5.934	2532.592	14.650	8.716	0.872	0.087	0.009	1.7
0+126.22	2.523.474	63	56.8	4.09	127.29	4.3	0.197	6.131	2532.395	15.052	8.921	0.892	0.089	0.009	1.7
0+130.28	2.523.047	63	56.8	4.09	131.38	4.3	0.197	6.328	2532.198	15.479	9.151	0.915	0.092	0.009	1.7
0+134.35	2.522.640	63	56.8	4.09	135.47	4.3	0.197	6.525	2532.001	15.886	9.361	0.936	0.094	0.009	1.7
0+138.42	2.522.312	63	56.8	4.08	139.55	4.3	0.197	6.722	2531.804	16.215	9.493	0.949	0.095	0.010	1.7
0+142.48	2.521.985	63	56.8	4.08	143.63	4.3	0.197	6.919	2531.607	16.541	9.622	0.962	0.096	0.010	1.7
0+146.55	2.521.153	63	56.8	4.15	147.78	4.3	0.2	7.119	2531.407	17.373	10.254	1.025	0.103	0.010	1.7
0+150.62	2.520.841	63	56.8	4.08	151.86	4.3	0.197	7.316	2531.210	17.618	10.362	1.037	0.104	0.010	1.7
0+154.69	2.520.477	63	56.8	4.08	155.94	4.3	0.197	7.513	2531.013	18.049	10.536	1.054	0.105	0.011	1.7
0+158.75	2.520.287	63	56.8	4.07	160.01	4.3	0.196	7.709	2530.817	18.239	10.530	1.053	0.105	0.011	1.7
0+162.82	2.520.120	63	56.8	4.53	164.54	4.3	0.218	7.927	2530.599	18.406	10.479	1.048	0.105	0.011	1.7
0+167.80	2.519.971	63	56.8	4.52	169.06	4.3	0.218	8.145	2530.381	18.555	10.410	1.041	0.104	0.010	1.7
0+172.72	2.519.948	63	56.8	4.52	173.58	4.3	0.218	8.363	2530.163	18.678	10.315	1.031	0.103	0.010	1.7
0+177.64	2.519.721	63	56.8	4.52	178.10	4.3	0.218	8.581	2529.945	18.781	10.245	1.022	0.102	0.010	1.7
0+182.57	2.519.611	63	56.8	4.52	182.62	4.3	0.218	8.799	2529.727	18.915	10.116	1.012	0.101	0.010	1.7
0+187.49	2.519.510	63	56.8	4.55	187.17	4.3	0.219	9.018	2529.508	19.376	10.358	1.036	0.104	0.010	1.7
0+192.41	2.518.862	63	56.8	4.53	191.70	4.3	0.218	9.236	2529.290	19.664	10.428	1.043	0.104	0.010	1.7
0+197.33	2.518.509	63	56.8	4.42	196.12	4.3	0.213	9.449	2529.077	20.017	10.568	1.057	0.106	0.011	1.7
0+202.25	2.518.109	63	56.8	4.42	200.54	4.3	0.213	9.662	2528.864	20.417	10.755	1.075	0.108	0.011	1.7
0+207.17	2.517.683	63	56.8	4.42	204.96	4.3	0.213	9.875	2528.651	20.760	10.968	1.097	0.110	0.011	1.7
0+212.09	2.517.233	63	56.8	4.43	209.39	4.3	0.213	10.088	2528.438	21.303	11.215	1.121	0.112	0.011	1.7
0+216.94	2.516.738	63	56.8	4.43	213.82	4.3	0.213	10.301	2528.225	21.789	11.488	1.149	0.115	0.012	1.7
0+221.83	2.516.201	63	56.8	4.44	218.26	4.3	0.214	10.515	2528.011	22.325	11.810	1.181	0.118	0.012	1.7
0+226.72	2.515.494	63	56.8	4.46	222.72	4.3	0.215	10.730	2527.796	23.032	12.302	1.230	0.123	0.012	1.7
0+231.64	2.514.832	63	56.8	4.45	227.17	4.3	0.214	10.944	2527.582	23.694	12.750	1.275	0.128	0.013	1.7
0+236.56	2.514.315	63	56.8	4.37	231.64	4.3	0.211	11.155	2527.371	24.141	13.076	1.308	0.131	0.013	1.7
0+241.48	2.513.659	63	56.8	3.99	235.13	4.3	0.192	11.327	2527.199	24.867	13.540	1.354	0.135	0.014	1.7
0+246.40	2.513.044	63	56.8	3.99	239.12	4.3	0.192	11.519	2527.007	25.482	13.963	1.396	0.140	0.014	1.7
0+251.32	2.512.434	63	56.8	3.99	243.11	4.3	0.192	11.711	2526.815	26.092	14.381	1.438	0.144	0.014	1.7
0+256.24	2.511.998	63	56.8	3.96	247.07	4.3	0.191	11.902	2526.624	26.528	14.626	1.463	0.146	0.015	1.7
0+261.16	2.511.412	63	56.8	3.98	251.05	4.3	0.192	12.094	2526.432	27.114	15.020	1.502	0.150	0.015	1.7
0+266.08	2.510.833	63	56.8	3.98	255.03	4.3	0.192	12.286	2526.240	27.680	15.403	1.540	0.154	0.015	1.7
0+271.00	2.510.447	63	56.8	3.96	258.99	4.3	0.191	12.477	2526.049	28.079	15.600	1.560	0.156	0.016	1.7
0+275.92	2.509.873	63	56.8	3.98	262.97	4.3	0.192	12.669	2525.857	28.653	15.984	1.598	0.160	0.016	1.7
0+280.84	2.509.498	63	56.8	4.05	267.02	4.3	0.195	12.864	2525.662	29.579	16.715	1.671	0.167	0.017	1.7
0+285.76	2.508.365	63	56.8	3.98	271.00	4.3	0.192	13.056	2525.470	30.162	17.106	1.711	0.171	0.017	1.7
0+290.68	2.507.772	63	56.8	4.44	275.44	4.3	0.214	13.270	2525.256	30.754	17.484	1.748	0.175	0.018	1.7
0+295.60	2.507.162	63	56.8	4.45	279.89	4.3	0.214	13.							

C (PVC) 150

$$hf = \frac{10.70LQ^{1.852}}{D^{4.87}C^{1.852}}$$

Abscisa	Cota (m)	DIAMETRO (mm)		Q		PERDIDAS				PRESION DE TRABAJO								
		Externo	Interno	long parcial	long acum	Caudal (L/s)	Parcial	Acumulada	Piezometrica	Estatica	METROS	kgf/cm2	Mpa	Psi	Velocidad (m/s)			
0+000.00	2.551.488	50	47.4		0	2.924	0.000	0.000	2551.488	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0+004.09	2.551.039	50	47.4	4.11	4.11	2.924	0.234	0.234	2551.254	0.449	0.449	0.015	0.022	0.002	0.000	1.66	0.001	1.66
0+008.17	2.550.555	50	47.4	8.22	8.22	2.924	0.468	0.468	2551.000	0.893	0.893	0.030	0.043	0.005	0.001	1.66	0.001	1.66
0+012.26	2.550.091	50	47.4	12.33	12.33	2.924	0.702	0.702	2550.786	1.397	1.397	0.045	0.061	0.007	0.001	1.66	0.001	1.66
0+016.34	2.549.638	50	47.4	16.44	16.44	2.924	0.936	0.936	2550.552	1.850	1.850	0.060	0.081	0.009	0.001	1.66	0.001	1.66
0+020.43	2.549.177	50	47.4	20.55	20.55	2.924	1.170	1.170	2550.318	2.311	2.311	0.075	0.101	0.011	0.001	1.66	0.001	1.66
0+024.52	2.548.699	50	47.4	24.67	24.67	2.924	1.404	1.404	2550.084	2.797	2.797	0.090	0.120	0.014	0.001	1.66	0.001	1.66
0+028.60	2.548.171	50	47.4	28.79	28.79	2.924	1.638	1.638	2549.850	3.217	3.217	0.105	0.138	0.017	0.002	1.66	0.002	1.66
0+032.69	2.547.637	50	47.4	32.91	32.91	2.924	1.872	1.872	2549.616	3.651	3.651	0.120	0.156	0.020	0.002	1.66	0.002	1.66
0+036.78	2.547.076	50	47.4	37.03	37.03	2.924	2.106	2.106	2549.382	4.012	4.012	0.135	0.172	0.023	0.002	1.66	0.002	1.66
0+040.86	2.546.595	50	47.4	41.14	41.14	2.924	2.340	2.340	2549.148	4.393	4.393	0.150	0.188	0.025	0.003	1.66	0.003	1.66
0+044.95	2.546.098	50	47.4	45.28	45.28	2.924	2.574	2.574	2548.914	4.795	4.795	0.165	0.204	0.027	0.003	1.66	0.003	1.66
0+049.03	2.545.567	50	47.4	49.43	49.43	2.924	2.808	2.808	2548.676	5.219	5.219	0.180	0.220	0.029	0.004	1.66	0.004	1.66
0+053.12	2.545.057	50	47.4	53.59	53.59	2.924	3.042	3.042	2548.434	5.663	5.663	0.195	0.236	0.031	0.005	1.66	0.005	1.66
0+057.21	2.544.523	50	47.4	57.74	57.74	2.924	3.276	3.276	2548.188	6.126	6.126	0.210	0.252	0.033	0.005	1.66	0.005	1.66
0+061.29	2.544.091	50	47.4	61.99	61.99	2.924	3.510	3.510	2547.938	6.609	6.609	0.225	0.268	0.035	0.006	1.66	0.006	1.66
0+065.38	2.543.759	50	47.4	66.14	66.14	2.924	3.744	3.744	2547.684	7.113	7.113	0.240	0.284	0.037	0.006	1.66	0.006	1.66
0+069.47	2.543.315	50	47.4	70.25	70.25	2.924	3.978	3.978	2547.426	7.637	7.637	0.255	0.299	0.039	0.007	1.66	0.007	1.66
0+073.52	2.542.929	50	47.4	74.33	74.33	2.924	4.212	4.212	2547.164	8.181	8.181	0.270	0.314	0.041	0.007	1.66	0.007	1.66
0+077.57	2.542.457	50	47.4	78.35	78.35	2.924	4.446	4.446	2546.900	8.745	8.745	0.285	0.329	0.043	0.008	1.66	0.008	1.66
0+081.63	2.542.009	50	47.4	82.37	82.37	2.924	4.680	4.680	2546.634	9.329	9.329	0.300	0.344	0.045	0.008	1.66	0.008	1.66
0+085.72	2.541.581	50	47.4	86.38	86.38	2.924	4.914	4.914	2546.366	9.933	9.933	0.315	0.359	0.047	0.009	1.66	0.009	1.66
0+089.78	2.541.167	50	47.4	90.38	90.38	2.924	5.148	5.148	2546.098	10.557	10.557	0.330	0.374	0.049	0.009	1.66	0.009	1.66
0+093.85	2.540.767	50	47.4	94.37	94.37	2.924	5.382	5.382	2545.830	11.191	11.191	0.345	0.389	0.051	0.010	1.66	0.010	1.66
0+097.92	2.540.381	50	47.4	98.35	98.35	2.924	5.616	5.616	2545.562	11.835	11.835	0.360	0.404	0.053	0.010	1.66	0.010	1.66
0+101.99	2.540.009	50	47.4	102.32	102.32	2.924	5.850	5.850	2545.294	12.489	12.489	0.375	0.419	0.055	0.011	1.66	0.011	1.66
0+106.06	2.539.651	50	47.4	106.29	106.29	2.924	6.084	6.084	2545.026	13.153	13.153	0.390	0.434	0.057	0.011	1.66	0.011	1.66
0+110.13	2.539.307	50	47.4	110.25	110.25	2.924	6.318	6.318	2544.758	13.827	13.827	0.405	0.449	0.059	0.011	1.66	0.011	1.66
0+114.20	2.538.977	50	47.4	114.20	114.20	2.924	6.552	6.552	2544.490	14.511	14.511	0.420	0.464	0.061	0.012	1.66	0.012	1.66
0+118.27	2.538.661	50	47.4	118.14	118.14	2.924	6.786	6.786	2544.222	15.205	15.205	0.435	0.479	0.063	0.012	1.66	0.012	1.66
0+122.34	2.538.359	50	47.4	122.07	122.07	2.924	7.020	7.020	2543.954	15.909	15.909	0.450	0.494	0.065	0.012	1.66	0.012	1.66
0+126.41	2.538.071	50	47.4	126.00	126.00	2.924	7.254	7.254	2543.686	16.623	16.623	0.465	0.509	0.067	0.013	1.66	0.013	1.66
0+130.48	2.537.797	50	47.4	130.00	130.00	2.924	7.488	7.488	2543.418	17.347	17.347	0.480	0.524	0.069	0.013	1.66	0.013	1.66
0+134.55	2.537.537	50	47.4	134.00	134.00	2.924	7.722	7.722	2543.150	18.081	18.081	0.495	0.539	0.071	0.013	1.66	0.013	1.66
0+138.62	2.537.291	50	47.4	138.00	138.00	2.924	7.956	7.956	2542.882	18.825	18.825	0.510	0.554	0.073	0.014	1.66	0.014	1.66
0+142.69	2.537.059	50	47.4	142.00	142.00	2.924	8.190	8.190	2542.614	19.579	19.579	0.525	0.569	0.075	0.014	1.66	0.014	1.66
0+146.76	2.536.841	50	47.4	146.00	146.00	2.924	8.424	8.424	2542.346	20.343	20.343	0.540	0.584	0.077	0.014	1.66	0.014	1.66
0+150.83	2.536.637	50	47.4	150.00	150.00	2.924	8.658	8.658	2542.078	21.117	21.117	0.555	0.599	0.079	0.014	1.66	0.014	1.66
0+154.90	2.536.447	50	47.4	154.00	154.00	2.924	8.892	8.892	2541.810	21.901	21.901	0.570	0.614	0.081	0.015	1.66	0.015	1.66
0+158.97	2.536.271	50	47.4	158.00	158.00	2.924	9.126	9.126	2541.542	22.695	22.695	0.585	0.629	0.083	0.015	1.66	0.015	1.66
0+163.04	2.536.109	50	47.4	162.00	162.00	2.924	9.360	9.360	2541.274	23.499	23.499	0.600	0.644	0.085	0.015	1.66	0.015	1.66
0+167.11	2.536.061	50	47.4	166.00	166.00	2.924	9.594	9.594	2541.006	24.313	24.313	0.615	0.659	0.087	0.015	1.66	0.015	1.66
0+171.18	2.536.027	50	47.4	170.00	170.00	2.924	9.828	9.828	2540.738	25.137	25.137	0.630	0.674	0.089	0.016	1.66	0.016	1.66
0+175.25	2.536.007	50	47.4	174.00	174.00	2.924	10.062	10.062	2540.470	25.971	25.971	0.645	0.689	0.091	0.016	1.66	0.016	1.66
0+179.32	2.536.001	50	47.4	178.00	178.00	2.924	10.296	10.296	2540.202	26.815	26.815	0.660	0.704	0.093	0.016	1.66	0.016	1.66
0+183.39	2.536.009	50	47.4	182.00	182.00	2.924	10.530	10.530	2540.934	27.669	27.669	0.675	0.719	0.095	0.016	1.66	0.016	1.66
0+187.46	2.536.031	50	47.4	186.00	186.00	2.924	10.764	10.764	2540.666	28.533	28.533	0.690	0.734	0.097	0.017	1.66	0.017	1.66
0+191.53	2.536.067	50	47.4	190.00	190.00	2.924	11.000	11.000	2540.400	29.407	29.407	0.705	0.749	0.099	0.017	1.66	0.017	1.66
0+195.60	2.536.117	50	47.4	194.00	194.00	2.924	11.234	11.234	2540.132	30.291	30.291	0.720	0.764	0.101	0.017	1.66	0.017	1.66
0+199.67	2.536.181	50	47.4	198.00	198.00	2.924	11.470	11.470	2539.864	31.185	31.185	0.735	0.779	0.103	0.017	1.66	0.017	1.66
0+203.74	2.536.259	50	47.4	202.00	202.00	2.924	11.706	11.706	2539.600	32.089	32.089	0.750	0.794	0.105	0.018	1.66	0.018	1.66
0+207.81	2.536.351	50	47.4	206.00	206.00	2.924	11.942	11.942	2539.340	33.003	33.003	0.765	0.809	0.107	0.018	1.66	0.018	1.66
0+211.88	2.536.457	50	47.4	210.00	210.00	2.924	12.180	12.180	2539.080	33.927	33.927	0.780	0.824	0.109	0.018	1.66	0.018	1.66
0+215.95	2.536.577	50	47.4	214.00	214.00	2.924	12.418	12.418	2538.820	34.861	34.861	0.795	0.839	0.111	0.018	1.66	0.018	1.66
0+220.02	2.536.709	50	47.4	218.00	218.00	2.924	12.656	12.656	2538.560	35.805	35.805	0.810	0.854	0.113	0.019	1.66	0.019	1.66
0+224.09	2.536.853	50	47.4	222.00	222.00	2.924	12.894	12.894	2538.300	36.759	36.759	0.825	0.869	0.115	0.019	1.66	0.019	1.66
0+228.16	2.537.009	50	47.4	226.00	226.00	2.924	13.132	13.132	2538.040	37.723	37.723	0.840	0.884	0.117	0.019	1.66	0.019	1.66
0+232.23	2.537.177	50	47.4	230.00	230.00	2.924	13.370	13.370	2537.780	38.697	38.697	0.855	0.899	0.119	0.019	1.66	0.019	1.66
0+236.30	2.537.357	50	47.4	234.00	234.00	2.924	13.608	13.608	2537.520	39.681	39.681	0.870	0.914	0.121	0.020	1.66	0.020	1.66
0+240.37	2.537.549	50	47.4	238.00	238.00	2.924	13.846	13.846	2537.260									

C (PVC)	150
---------	-----

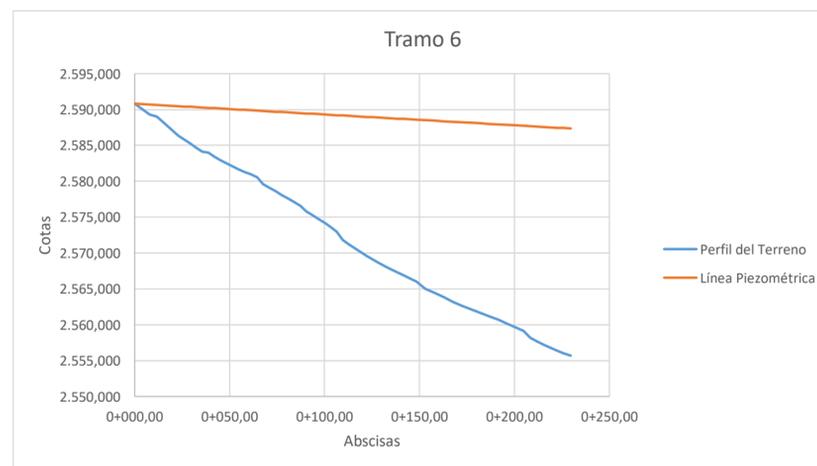
$$hf = \frac{10.70LQ^{1.852}}{D^{4.87}C^{1.852}}$$

Abscisa	Cota (m)	DIAMETRO (mm)		Q			PERDIDAS		PRESION DE TRABAJO						
		Externo	Interno	long parcial	long acum	Caudal (L/s)	Parcial	Acumulada	Piezometrica	Estatica	METROS	kgf/cm2	Mpa	PSI	Velocidad (m/s)
0+000,00	2.599,425	40	36		0	0,688		0,000	2599,425	0	0,000	0,000	0,000	0,000	
0+004,29	2.598,648	40	36	4,36	4,36	0,688	0,065	0,065	2599,360	0,777	0,712	0,071	0,007	0,001	0,68
0+008,58	2.596,974	40	36	4,61	8,97	0,688	0,069	0,134	2599,291	2,451	2,317	0,232	0,023	0,002	0,68
0+013,07	2.596,101	40	36	4,57	13,54	0,688	0,068	0,202	2599,223	3,324	3,122	0,312	0,031	0,003	0,68
0+017,55	2.594,935	40	36	4,63	18,17	0,688	0,069	0,271	2599,154	4,490	4,219	0,422	0,042	0,004	0,68
0+021,92	2.594,171	40	36	4,44	22,61	0,688	0,066	0,337	2599,088	5,254	4,917	0,492	0,049	0,005	0,68
0+026,09	2.593,790	40	36	4,18	26,79	0,688	0,062	0,399	2599,026	5,635	5,236	0,524	0,052	0,005	0,68
0+030,26	2.593,179	40	36	4,21	31,00	0,688	0,063	0,462	2598,963	6,246	5,784	0,578	0,058	0,006	0,68
0+034,43	2.592,281	40	36	4,26	35,26	0,688	0,063	0,525	2598,900	7,144	6,619	0,662	0,066	0,007	0,68
0+038,59	2.591,932	40	36	4,18	39,44	0,688	0,062	0,587	2598,838	7,493	6,906	0,691	0,069	0,007	0,68
0+042,86	2.591,592	40	36	4,28	43,72	0,688	0,064	0,651	2598,774	7,833	7,182	0,718	0,072	0,007	0,68
0+047,12	2.591,339	40	36	4,27	47,99	0,688	0,064	0,715	2598,710	8,086	7,371	0,737	0,074	0,007	0,68
0+051,39	2.591,236	40	36	4,27	52,26	0,688	0,064	0,779	2598,646	8,189	7,410	0,741	0,074	0,007	0,68
0+055,65	2.591,215	40	36	4,26	56,52	0,688	0,063	0,842	2598,583	8,210	7,368	0,737	0,074	0,007	0,68
0+059,92	2.591,198	40	36	4,26	60,78	0,688	0,063	0,905	2598,520	8,227	7,322	0,732	0,073	0,007	0,68
0+063,53	2.590,834	40	36	3,63	64,41	0,688	0,054	0,959	2598,466	8,591	7,632	0,763	0,076	0,008	0,68
0+067,13	2.590,511	40	36	3,62	68,03	0,688	0,054	1,013	2598,412	8,914	7,901	0,790	0,079	0,008	0,68
0+070,74	2.589,946	40	36	3,65	71,68	0,688	0,054	1,067	2598,358	9,479	8,412	0,841	0,084	0,008	0,68
0+074,35	2.589,724	40	36	3,62	75,30	0,688	0,054	1,121	2598,304	9,701	8,580	0,858	0,086	0,009	0,68
0+077,96	2.589,516	40	36	3,62	78,92	0,688	0,054	1,175	2598,250	9,909	8,734	0,873	0,087	0,009	0,68
0+081,11	2.589,322	40	36	3,15	82,07	0,688	0,047	1,222	2598,203	10,103	8,881	0,888	0,089	0,009	0,68
0+084,26	2.589,143	40	36	3,15	85,22	0,688	0,047	1,269	2598,156	10,282	9,013	0,901	0,090	0,009	0,68
0+087,41	2.588,970	40	36	3,15	88,37	0,688	0,047	1,316	2598,109	10,455	9,139	0,914	0,091	0,009	0,68
0+090,56	2.588,805	40	36	3,15	91,52	0,688	0,047	1,363	2598,062	10,620	9,257	0,926	0,093	0,009	0,68
0+093,70	2.588,648	40	36	3,15	94,67	0,688	0,047	1,410	2598,015	10,777	9,367	0,937	0,094	0,009	0,68
0+096,85	2.588,478	40	36	3,15	97,82	0,688	0,047	1,457	2597,968	10,947	9,490	0,949	0,095	0,010	0,68
0+100,00	2.588,301	40	36	3,15	100,97	0,688	0,047	1,504	2597,921	11,124	9,620	0,962	0,096	0,010	0,68
0+103,15	2.588,221	40	36	3,15	104,12	0,688	0,047	1,551	2597,874	11,204	9,653	0,965	0,097	0,010	0,68
0+106,30	2.588,215	40	36	3,15	107,27	0,688	0,047	1,598	2597,827	11,210	9,612	0,961	0,096	0,010	0,68
0+109,44	2.588,242	40	36	3,15	110,42	0,688	0,047	1,645	2597,780	11,183	9,538	0,954	0,095	0,010	0,68
0+112,59	2.588,301	40	36	3,15	113,57	0,688	0,047	1,692	2597,733	11,125	9,433	0,943	0,094	0,009	0,68
0+115,74	2.588,572	40	36	3,16	116,73	0,688	0,047	1,739	2597,686	10,853	9,114	0,911	0,091	0,009	0,68
0+118,89	2.588,728	40	36	3,15	119,88	0,688	0,047	1,786	2597,639	10,697	8,911	0,891	0,089	0,009	0,68
0+122,04	2.588,848	40	36	3,15	123,03	0,688	0,047	1,833	2597,592	10,577	8,744	0,874	0,087	0,009	0,68
0+125,19	2.588,954	40	36	3,15	126,18	0,688	0,047	1,880	2597,545	10,471	8,591	0,859	0,086	0,009	0,68
0+128,58	2.588,537	40	36	3,42	129,60	0,688	0,051	1,931	2597,494	10,888	8,957	0,896	0,090	0,009	0,68
0+131,98	2.588,602	40	36	3,40	133,00	0,688	0,051	1,982	2597,443	10,823	8,841	0,884	0,088	0,009	0,68
0+135,37	2.588,083	40	36	3,44	136,44	0,688	0,051	2,033	2597,392	11,342	9,309	0,931	0,093	0,009	0,68
0+138,77	2.588,112	40	36	3,40	139,84	0,688	0,051	2,084	2597,341	11,313	9,229	0,923	0,092	0,009	0,68
0+142,17	2.588,111	40	36	3,40	143,24	0,688	0,051	2,135	2597,290	11,314	9,179	0,918	0,092	0,009	0,68
0+145,56	2.587,281	40	36	3,50	146,74	0,688	0,052	2,187	2597,238	12,144	9,957	0,996	0,100	0,010	0,68
0+148,96	2.587,170	40	36	3,40	150,14	0,688	0,051	2,238	2597,187	12,255	10,017	1,002	0,100	0,010	0,68
0+152,35	2.586,163	40	36	3,54	153,68	0,688	0,053	2,291	2597,134	13,262	10,971	1,097	0,110	0,011	0,68
0+155,75	2.585,987	40	36	3,40	157,08	0,688	0,051	2,342	2597,083	13,438	11,096	1,110	0,111	0,011	0,68
0+159,15	2.585,788	40	36	3,40	160,48	0,688	0,051	2,393	2597,032	13,637	11,244	1,124	0,112	0,011	0,68
0+163,04	2.584,626	40	36	4,06	164,54	0,688	0,061	2,454	2596,971	14,799	12,345	1,234	0,123	0,012	0,68
0+166,94	2.583,465	40	36	4,06	168,60	0,688	0,061	2,515	2596,910	15,960	13,445	1,345	0,135	0,014	0,68
0+170,83	2.583,098	40	36	3,91	172,51	0,688	0,058	2,573	2596,852	16,327	13,754	1,375	0,138	0,014	0,68
0+174,73	2.581,933	40	36	4,07	176,58	0,688	0,061	2,634	2596,791	17,492	14,858	1,486	0,149	0,015	0,68
0+178,62	2.581,794	40	36	3,90	180,48	0,688	0,058	2,692	2596,733	17,631	14,939	1,494	0,149	0,015	0,68
0+182,52	2.580,664	40	36	4,06	184,54	0,688	0,061	2,753	2596,672	18,761	16,008	1,601	0,160	0,016	0,68
0+186,41	2.579,587	40	36	4,04	188,58	0,688	0,06	2,813	2596,612	19,838	17,025	1,703	0,170	0,017	0,68
0+190,39	2.578,614	40	36	4,09	192,67	0,688	0,061	2,874	2596,551	20,811	17,937	1,794	0,179	0,018	0,68
0+194,36	2.577,675	40	36	4,08	196,75	0,688	0,061	2,935	2596,490	21,750	18,815	1,881	0,188	0,019	0,68
0+198,33	2.576,764	40	36	4,07	200,82	0,688	0,061	2,996	2596,429	22,661	19,665	1,966	0,197	0,020	0,68
0+202,30	2.576,048	40	36	4,04	204,86	0,688	0,06	3,056	2596,369	23,377	20,321	2,032	0,203	0,020	0,68
0+206,27	2.575,287	40	36	4,04	208,90	0,688	0,06	3,116	2596,309	24,138	21,022	2,102	0,210	0,021	0,68
0+210,24	2.574,575	40	36	4,04	212,94	0,688	0,06	3,176	2596,249	24,850	21,674	2,167	0,217	0,022	0,68
0+214,22	2.573,857	40	36	4,04	216,98	0,688	0,06	3,236	2596,189	25,568	22,332	2,233	0,223	0,022	0,68
0+218,19	2.573,072	40	36	4,05	221,03	0,688	0,06	3,296	2596,129	26,353	23,057	2,306	0,231	0,023	0,68
0+222,77	2.572,196	40	36	4,67	225,70	0,688	0,07	3,366	2596,059	27,229	23,863	2,386	0,239	0,024	0,68
0+227,36	2.571,287	40	36	4,68	230,38	0,688	0,07	3,436	2595,989	28,138	24,702	2,470	0,247	0,025	0,68
0+231,95	2.570,372	40	36	4,68	235,06	0,688	0,07	3,506	2595,919	29,053	25,547	2,555	0,256	0,026	0,68
0+236,53	2.569,427	40	36	4,68	239,74	0,688	0,07	3,576	2595,849	29,999	26,423	2,642	0,264	0,026	0,68
0+241,12	2.568,473	40	36	4,68	244,42	0,688	0,07	3,646	2595,779	30,952	27,306	2,731	0,273	0,027	0,68
0+245,71	2.567,505	40	36	4,69	249,11	0,688	0,07	3,716	2595,709	31,920	28,204	2,820	0,282	0,028	0,68
0+250,29	2.566,537	40	36	4,69	253,80	0,688	0,07	3,786	2595,639	32,888	29,102	2,910	0,291	0,029	0,68
0+254,88	2.564,911	40	36	4,87	258,67	0,688	0,073	3,859	2595,566	34,514	30,655	3,065	0,307	0,031	0,68
0+259,47	2.564,090	40	36	4,66	263,33	0,688	0,069	3,928	2595,497	35,335	31,407	3,141	0,314	0,031	0,68
0+263,80	2.563,328	40	36	4,40	267,73	0,688	0,066	3,994	2595,431	36,097	32,103	3,210	0,321	0,032	0,68
0+268,13	2.562,634	40	36	4,39	272,12	0,688	0,065	4,059	2595,366	36,791	32,732	3,273	0,327	0,033	0,68
0+272,46	2.561,978	40	36												

C (PVC)	150
---------	-----

$$hf = \frac{10.70LQ^{1.852}}{D^{4.87}C^{1.852}}$$

Abscisa	Cota (m)	DIAMETRO (mm)		Q			PERDIDAS		PRESION DE TRABAJO					Velocidad (m/s)	
		Externo	Interno	long parcial	long acum	Caudal (L/s)	Parcial	Acumulada	Piezometrica	Estatica	METROS	kgf/cm2	Mpa		PSI
0+000,00	2.590,823	40	36		0	0,688		0,000	2590,823	0	0,000	0,000	0,000	0,000	
0+007,91	2.589,330	40	36	8,05	8,05	0,688	0,12	0,120	2590,703	1,493	1,373	0,137	0,014	0,001	0,68
0+011,66	2.588,986	40	36	3,76	11,81	0,688	0,056	0,176	2590,647	1,837	1,661	0,166	0,017	0,002	0,68
0+015,41	2.588,193	40	36	3,83	15,64	0,688	0,057	0,233	2590,590	2,630	2,397	0,240	0,024	0,002	0,68
0+019,16	2.587,276	40	36	3,86	19,50	0,688	0,058	0,291	2590,532	3,547	3,256	0,326	0,033	0,003	0,68
0+022,91	2.586,362	40	36	3,86	23,36	0,688	0,058	0,349	2590,474	4,462	4,113	0,411	0,041	0,004	0,68
0+026,10	2.585,820	40	36	3,24	26,60	0,688	0,048	0,397	2590,426	5,003	4,606	0,461	0,046	0,005	0,68
0+029,29	2.585,260	40	36	3,24	29,84	0,688	0,048	0,445	2590,378	5,563	5,118	0,512	0,051	0,005	0,68
0+032,48	2.584,694	40	36	3,24	33,08	0,688	0,048	0,493	2590,330	6,129	5,636	0,564	0,056	0,006	0,68
0+035,67	2.584,104	40	36	3,25	36,33	0,688	0,048	0,541	2590,282	6,719	6,178	0,618	0,062	0,006	0,68
0+038,86	2.583,985	40	36	3,19	39,52	0,688	0,048	0,589	2590,234	6,839	6,250	0,625	0,063	0,006	0,68
0+042,05	2.583,411	40	36	3,24	42,76	0,688	0,048	0,637	2590,186	7,412	6,775	0,678	0,068	0,007	0,68
0+045,24	2.582,909	40	36	3,23	45,99	0,688	0,048	0,685	2590,138	7,914	7,229	0,723	0,072	0,007	0,68
0+048,43	2.582,488	40	36	3,22	49,21	0,688	0,048	0,733	2590,090	8,335	7,602	0,760	0,076	0,008	0,68
0+051,62	2.582,069	40	36	3,22	52,43	0,688	0,048	0,781	2590,042	8,754	7,973	0,797	0,080	0,008	0,68
0+054,82	2.581,656	40	36	3,22	55,65	0,688	0,048	0,829	2589,994	9,168	8,339	0,834	0,083	0,008	0,68
0+058,01	2.581,313	40	36	3,21	58,86	0,688	0,048	0,877	2589,946	9,510	8,633	0,863	0,086	0,009	0,68
0+061,20	2.580,974	40	36	3,21	62,07	0,688	0,048	0,925	2589,898	9,849	8,924	0,892	0,089	0,009	0,68
0+064,39	2.580,565	40	36	3,22	65,29	0,688	0,048	0,973	2589,850	10,258	9,285	0,929	0,093	0,009	0,68
0+067,58	2.579,593	40	36	3,34	68,63	0,688	0,05	1,023	2589,800	11,230	10,207	1,021	0,102	0,010	0,68
0+070,85	2.579,104	40	36	3,30	71,93	0,688	0,049	1,072	2589,751	11,720	10,648	1,065	0,107	0,011	0,68
0+074,11	2.578,617	40	36	3,30	75,23	0,688	0,049	1,121	2589,702	12,206	11,085	1,109	0,111	0,011	0,68
0+077,38	2.578,117	40	36	3,30	78,53	0,688	0,049	1,170	2589,653	12,706	11,536	1,154	0,115	0,012	0,68
0+080,65	2.577,613	40	36	3,31	81,84	0,688	0,049	1,219	2589,604	13,210	11,991	1,199	0,120	0,012	0,68
0+083,91	2.577,107	40	36	3,31	85,15	0,688	0,049	1,268	2589,555	13,716	12,448	1,245	0,125	0,013	0,68
0+087,18	2.576,605	40	36	3,31	88,46	0,688	0,049	1,317	2589,506	14,218	12,901	1,290	0,129	0,013	0,68
0+090,45	2.575,800	40	36	3,36	91,82	0,688	0,05	1,367	2589,456	15,023	13,656	1,366	0,137	0,014	0,68
0+093,71	2.575,280	40	36	3,31	95,13	0,688	0,049	1,416	2589,407	15,543	14,127	1,413	0,141	0,014	0,68
0+096,98	2.574,728	40	36	3,31	98,44	0,688	0,049	1,465	2589,358	16,096	14,631	1,463	0,146	0,015	0,68
0+100,24	2.574,147	40	36	3,32	101,76	0,688	0,049	1,514	2589,309	16,677	15,163	1,516	0,152	0,015	0,68
0+103,39	2.573,557	40	36	3,20	104,96	0,688	0,048	1,562	2589,261	17,267	15,705	1,570	0,157	0,016	0,68
0+106,54	2.572,971	40	36	3,20	108,16	0,688	0,048	1,610	2589,213	17,852	16,242	1,624	0,162	0,016	0,68
0+109,69	2.571,812	40	36	3,35	111,51	0,688	0,05	1,660	2589,163	19,011	17,351	1,735	0,174	0,017	0,68
0+112,84	2.571,235	40	36	3,20	114,71	0,688	0,048	1,708	2589,115	19,588	17,880	1,788	0,179	0,018	0,68
0+115,98	2.570,671	40	36	3,20	117,91	0,688	0,048	1,756	2589,067	20,152	18,396	1,840	0,184	0,018	0,68
0+119,13	2.570,111	40	36	3,20	121,11	0,688	0,048	1,804	2589,019	20,713	18,909	1,891	0,189	0,019	0,68
0+122,28	2.569,575	40	36	3,19	124,30	0,688	0,048	1,852	2588,971	21,248	19,396	1,940	0,194	0,019	0,68
0+125,43	2.569,088	40	36	3,19	127,49	0,688	0,048	1,900	2588,923	21,736	19,836	1,984	0,198	0,020	0,68
0+128,58	2.568,622	40	36	3,18	130,67	0,688	0,047	1,947	2588,876	22,201	20,254	2,025	0,203	0,020	0,68
0+131,73	2.568,160	40	36	3,33	134,00	0,688	0,05	1,997	2588,826	22,663	20,666	2,067	0,207	0,021	0,68
0+135,16	2.567,718	40	36	3,32	137,32	0,688	0,049	2,046	2588,777	23,106	21,060	2,106	0,211	0,021	0,68
0+138,46	2.567,302	40	36	3,32	140,64	0,688	0,049	2,095	2588,728	23,522	21,427	2,143	0,214	0,021	0,68
0+141,75	2.566,890	40	36	3,32	143,96	0,688	0,049	2,144	2588,679	23,933	21,789	2,179	0,218	0,022	0,68
0+145,04	2.566,454	40	36	3,32	147,28	0,688	0,049	2,193	2588,630	24,369	22,176	2,218	0,222	0,022	0,68
0+148,34	2.566,001	40	36	3,32	150,60	0,688	0,049	2,242	2588,581	24,822	22,580	2,258	0,226	0,023	0,68
0+153,19	2.565,004	40	36	4,96	155,56	0,688	0,074	2,316	2588,507	25,819	23,503	2,350	0,235	0,024	0,68
0+157,95	2.564,425	40	36	4,79	160,35	0,688	0,071	2,387	2588,436	26,398	24,011	2,401	0,240	0,024	0,68
0+162,70	2.563,846	40	36	4,79	165,14	0,688	0,071	2,458	2588,365	26,978	24,520	2,452	0,245	0,025	0,68
0+167,46	2.563,164	40	36	4,80	169,94	0,688	0,072	2,530	2588,293	27,660	25,130	2,513	0,251	0,025	0,68
0+172,22	2.562,641	40	36	4,78	174,72	0,688	0,071	2,601	2588,222	28,182	25,581	2,558	0,256	0,026	0,68
0+176,97	2.562,152	40	36	4,78	179,50	0,688	0,071	2,672	2588,151	28,671	25,999	2,600	0,260	0,026	0,68
0+181,73	2.561,685	40	36	4,78	184,28	0,688	0,071	2,743	2588,080	29,138	26,395	2,640	0,264	0,026	0,68
0+186,59	2.561,225	40	36	4,89	189,17	0,688	0,073	2,816	2588,007	29,598	26,782	2,678	0,268	0,027	0,68
0+191,46	2.560,733	40	36	4,89	194,06	0,688	0,073	2,889	2587,934	30,091	27,202	2,720	0,272	0,027	0,68
0+196,33	2.560,095	40	36	4,91	198,97	0,688	0,073	2,962	2587,861	30,728	27,766	2,777	0,278	0,028	0,68
0+201,19	2.559,558	40	36	4,90	203,87	0,688	0,073	3,035	2587,788	31,265	28,230	2,823	0,282	0,028	0,68
0+204,74	2.559,142	40	36	3,58	207,45	0,688	0,053	3,088	2587,735	31,682	28,594	2,859	0,286	0,029	0,68
0+208,30	2.558,156	40	36	3,69	211,14	0,688	0,055	3,143	2587,680	32,667	29,524	2,952	0,295	0,030	0,68
0+211,85	2.557,727	40	36	3,58	214,72	0,688	0,053	3,196	2587,627	33,096	29,900	2,990	0,299	0,030	0,68
0+215,40	2.557,221	40	36	3,59	218,31	0,688	0,054	3,250	2587,573	33,603	30,353	3,035	0,304	0,030	0,68
0+218,95	2.556,781	40	36	3,58	221,89	0,688	0,053	3,303	2587,520	34,042	30,739	3,074	0,307	0,031	0,68
0+222,51	2.556,348	40	36	3,58	225,47	0,688	0,053	3,356	2587,467	34,475	31,119	3,112	0,311	0,031	0,68
0+226,06	2.555,989	40	36	3,57	229,04	0,688	0,053	3,409	2587,414	34,834	31,425	3,143	0,314	0,031	0,68
0+229,61	2.555,698	40	36	3,56	232,60	0,688	0,053	3,462	2587,361	35,125	31,663	3,166	0,317	0,032	0,68



C (PVC) 150

$$hf = \frac{10.70LQ^{1.852}}{D^{4.87}C^{1.852}}$$

Abscisa	Cota (m)	DIAMETRO (mm)		Q		PERDIDAS		Piezometrica		PRESION DE TRABAJO				Velocidad (m/s)	
		Externo	Interno	long parcial	long acum	Caudal (L/s)	Parcial	Acumulada	Estatica	METROS	kgf/cm2	Mpa	PSI		
0+000,00	2.630,944	63	59,8		0	1,376		0,000	2630,944	0	0,000	0,000	0,000	0,000	
0+003,44	2.630,277	63	59,8	3,50	3,50	1,376	0,016	0,016	2630,928	0,667	0,651	0,065	0,007	0,001	0,49
0+006,88	2.629,622	63	59,8	3,50	7,00	1,376	0,016	0,032	2630,912	1,323	1,291	0,129	0,013	0,001	0,49
0+010,31	2.628,261	63	59,8	3,70	10,70	1,376	0,017	0,049	2630,895	2,684	2,635	0,263	0,026	0,003	0,49
0+013,75	2.627,676	63	59,8	3,49	14,19	1,376	0,016	0,065	2630,879	3,269	3,204	0,320	0,032	0,003	0,49
0+017,19	2.627,105	63	59,8	3,49	17,68	1,376	0,016	0,081	2630,863	3,839	3,758	0,376	0,038	0,004	0,49
0+020,84	2.626,542	63	59,8	3,69	21,37	1,376	0,017	0,098	2630,846	4,403	4,305	0,430	0,043	0,004	0,49
0+024,49	2.625,841	63	59,8	3,71	25,08	1,376	0,017	0,115	2630,829	5,103	4,988	0,499	0,050	0,005	0,49
0+028,13	2.625,299	63	59,8	3,69	28,77	1,376	0,017	0,132	2630,812	5,645	5,513	0,551	0,055	0,006	0,49
0+031,78	2.624,615	63	59,8	3,71	32,48	1,376	0,017	0,149	2630,795	6,329	6,180	0,618	0,062	0,006	0,49
0+035,43	2.624,092	63	59,8	3,69	36,17	1,376	0,017	0,166	2630,778	6,853	6,687	0,669	0,067	0,007	0,49
0+039,08	2.623,287	63	59,8	3,74	39,91	1,376	0,017	0,183	2630,761	7,658	7,475	0,747	0,075	0,008	0,49
0+042,27	2.622,657	63	59,8	3,26	43,17	1,376	0,015	0,198	2630,746	8,287	8,089	0,809	0,081	0,008	0,49
0+045,46	2.621,970	63	59,8	3,27	46,44	1,376	0,015	0,213	2630,731	8,975	8,762	0,876	0,088	0,009	0,49
0+048,66	2.620,368	63	59,8	3,57	50,01	1,376	0,016	0,229	2630,715	10,576	10,347	1,035	0,104	0,010	0,49
0+051,85	2.619,700	63	59,8	3,26	53,27	1,376	0,015	0,244	2630,700	11,244	11,000	1,100	0,110	0,011	0,49
0+055,04	2.619,004	63	59,8	3,27	56,54	1,376	0,015	0,259	2630,685	11,940	11,681	1,168	0,117	0,012	0,49
0+058,24	2.618,203	63	59,8	3,29	59,83	1,376	0,015	0,274	2630,670	12,741	12,467	1,247	0,125	0,013	0,49
0+061,43	2.617,618	63	59,8	3,25	63,08	1,376	0,015	0,289	2630,655	13,326	13,037	1,304	0,130	0,013	0,49
0+064,63	2.617,052	63	59,8	3,24	66,32	1,376	0,015	0,304	2630,640	13,893	13,589	1,359	0,136	0,014	0,49
0+067,82	2.616,514	63	59,8	3,24	69,56	1,376	0,015	0,319	2630,625	14,430	14,111	1,411	0,141	0,014	0,49
0+071,01	2.615,954	63	59,8	3,24	72,80	1,376	0,015	0,334	2630,610	14,990	14,656	1,466	0,147	0,015	0,49
0+074,21	2.615,539	63	59,8	3,22	76,02	1,376	0,015	0,349	2630,595	15,405	15,056	1,506	0,151	0,015	0,49
0+077,40	2.615,145	63	59,8	3,22	79,24	1,376	0,015	0,364	2630,580	15,800	15,436	1,544	0,154	0,015	0,49
0+080,85	2.614,817	63	59,8	3,47	82,71	1,376	0,016	0,380	2630,564	16,128	15,748	1,575	0,158	0,016	0,49
0+084,31	2.614,548	63	59,8	3,46	86,17	1,376	0,016	0,396	2630,548	16,396	16,000	1,600	0,160	0,016	0,49
0+087,76	2.614,210	63	59,8	3,47	89,64	1,376	0,016	0,412	2630,532	16,735	16,323	1,632	0,163	0,016	0,49
0+091,21	2.614,038	63	59,8	3,46	93,10	1,376	0,016	0,428	2630,516	16,906	16,478	1,648	0,165	0,017	0,49
0+094,67	2.613,940	63	59,8	3,45	96,55	1,376	0,016	0,444	2630,500	17,004	16,560	1,656	0,166	0,017	0,49
0+098,12	2.613,717	63	59,8	3,46	100,01	1,376	0,016	0,460	2630,484	17,227	16,767	1,677	0,168	0,017	0,49
0+101,57	2.613,591	63	59,8	3,46	103,47	1,376	0,016	0,476	2630,468	17,353	16,877	1,688	0,169	0,017	0,49
0+104,80	2.613,419	63	59,8	3,23	106,70	1,376	0,015	0,491	2630,453	17,525	17,034	1,703	0,170	0,017	0,49
0+108,02	2.613,166	63	59,8	3,23	109,93	1,376	0,015	0,506	2630,438	17,779	17,273	1,727	0,173	0,017	0,49
0+111,24	2.612,785	63	59,8	3,24	113,17	1,376	0,015	0,521	2630,423	18,160	17,639	1,764	0,176	0,018	0,49
0+114,46	2.612,301	63	59,8	3,26	116,43	1,376	0,015	0,536	2630,408	18,644	18,108	1,811	0,181	0,018	0,49
0+117,68	2.611,769	63	59,8	3,26	119,69	1,376	0,015	0,551	2630,393	19,176	18,625	1,862	0,186	0,019	0,49
0+120,90	2.611,204	63	59,8	3,27	122,96	1,376	0,015	0,566	2630,378	19,741	19,175	1,917	0,192	0,019	0,49
0+124,12	2.610,624	63	59,8	3,27	126,23	1,376	0,015	0,581	2630,363	20,320	19,739	1,974	0,197	0,020	0,49
0+127,34	2.610,080	63	59,8	3,27	129,50	1,376	0,015	0,596	2630,348	20,864	20,268	2,027	0,203	0,020	0,49
0+130,78	2.609,539	63	59,8	3,48	132,98	1,376	0,016	0,612	2630,332	21,406	20,794	2,079	0,208	0,021	0,49
0+134,22	2.608,449	63	59,8	3,61	136,59	1,376	0,016	0,628	2630,316	22,496	21,868	2,187	0,219	0,022	0,49
0+137,65	2.607,855	63	59,8	3,49	140,08	1,376	0,016	0,644	2630,300	23,089	22,445	2,245	0,225	0,023	0,49
0+141,09	2.607,373	63	59,8	3,47	143,55	1,376	0,016	0,660	2630,284	23,572	22,912	2,291	0,229	0,023	0,49
0+144,53	2.606,911	63	59,8	3,47	147,02	1,376	0,016	0,676	2630,268	24,033	23,357	2,336	0,234	0,023	0,49
0+147,96	2.606,469	63	59,8	3,47	150,49	1,376	0,016	0,692	2630,252	24,476	23,784	2,378	0,238	0,024	0,49
0+151,01	2.606,246	63	59,8	4,05	154,54	1,376	0,018	0,710	2630,234	24,698	23,988	2,399	0,240	0,024	0,49
0+154,06	2.606,017	63	59,8	4,06	158,60	1,376	0,018	0,728	2630,216	24,927	24,199	2,420	0,242	0,024	0,49
0+157,11	2.605,785	63	59,8	4,07	162,67	1,376	0,018	0,746	2630,198	24,505	23,759	2,376	0,238	0,024	0,49
0+160,16	2.605,785	63	59,8	4,05	166,72	1,376	0,018	0,764	2630,180	24,680	23,916	2,392	0,239	0,024	0,49
0+163,21	2.605,055	63	59,8	4,05	170,77	1,376	0,018	0,782	2630,162	24,890	24,108	2,411	0,241	0,024	0,49
0+166,26	2.605,752	63	59,8	4,06	174,83	1,376	0,018	0,800	2630,144	25,192	24,392	2,439	0,244	0,024	0,49
0+169,31	2.605,493	63	59,8	4,06	178,89	1,376	0,018	0,818	2630,126	25,451	24,633	2,463	0,246	0,025	0,49
0+172,36	2.605,757	63	59,8	3,68	182,57	1,376	0,017	0,835	2630,109	25,188	24,353	2,435	0,244	0,024	0,49
0+175,41	2.605,498	63	59,8	3,68	186,25	1,376	0,017	0,852	2630,092	25,447	24,595	2,459	0,246	0,025	0,49
0+178,46	2.605,739	63	59,8	3,68	189,93	1,376	0,017	0,869	2630,075	25,205	24,336	2,434	0,243	0,024	0,49
0+181,51	2.605,411	63	59,8	3,69	193,62	1,376	0,017	0,886	2630,058	25,533	24,647	2,465	0,247	0,025	0,49
0+184,56	2.605,594	63	59,8	3,68	197,30	1,376	0,017	0,903	2630,041	25,351	24,448	2,445	0,245	0,025	0,49
0+187,61	2.605,263	63	59,8	3,69	200,99	1,376	0,017	0,920	2630,024	25,681	24,761	2,476	0,248	0,025	0,49
0+190,66	2.605,263	63	59,8	3,69	200,99	1,376	0,017	0,900	2605,263	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,49
0+193,71	2.605,369	63	59,8	3,68	204,67	1,376	0,017	0,017	2605,246	-0,106	-0,123	-0,012	-0,001	0,000	0,49
0+196,76	2.604,727	63	59,8	3,30	207,97	1,376	0,015	0,032	2605,231	0,536	0,504	0,050	0,005	0,001	0,49
0+200,00	2.604,029	63	59,8	3,31	211,28	1,376	0,015	0,047	2605,216	1,234	1,187	0,119	0,012	0,001	0,49
0+203,24	2.602,442	63	59,8	3,60	214,88	1,376	0,016	0,063	2605,200	2,821	2,758	0,276	0,028	0,003	0,49
0+206,48	2.601,656	63	59,8	3,33	218,21	1,376	0,015	0,078	2605,185	3,607	3,529	0,353	0,035	0,004	0,49
0+209,72	2.600,856	63	59,8	3,33	221,54	1,376	0,015	0,093	2605,170	4,406	4,313	0,431	0,043	0,004	0,49
0+212,96	2.600,048	63	59,8	3,33	224,87	1,376	0,015	0,108	2605,155	5,215	5,107	0,511	0,051	0,005	0,49
0+216,20	2.599,221	63	59,8	3,34	228,21	1,376	0,015	0,123	2605,140	6,042	5,919	0,592	0,059	0,006	0,49
0+219,44	2.598,373	63	59,8	3,34	231,55	1,376	0,015	0,138	2605,125	6,890	6,752	0,675	0,068	0,007	0,49
0+222,68	2.597,683	63	59,8	3,69	235,24	1,376	0,017	0,155	2605,108	7,580	7,425	0,742	0,074	0,007	0,49
0+225,92	2.596,906	63	59,8	3,70	238,94	1,376	0,017	0,172	2605,091	8,356	8,184	0,818	0,082	0,008	0,49
0+229,16	2.596,010	63	59,8	3,73	242,67										

Anexo_13_diseño agronómico

Cálculo de parametros de riego

Agua Utilizable		
AU	75,6	mm
$AU = 10 * (CC - PMP) + d_a * P_r$		
Dosis neta de riego		
Dn	30,24	mm
$D_n = DPM * AU / 100$		
Máx intervalo entre riegos		
IM	9,731	dias
$I_M = D_n / N_n$		
Dosis neta ajustada		
Dnaj	30,240	mmm
$D_{naj} = I / N_n$		
Necesidades netas de riego		
Nn	3,11	mm/dias
Dosis bruta		
Db	40,32	mm
$D_b = 100 * D_{naj} / E_a$		
Tiempo de aplicación		
ta	5,04	horas
$t_a \text{ min(h)} = \frac{100 * D_b}{I_b * f_p}$		
Necesidad bruta		
Nb	4,143	mm
$N_b = 100 * N_n / E_a$		
Superficie max regable		
SM	15,848	has
$SM = \frac{3600 * t_o * Q}{N_b}$		

3,11 Nn2

75% corresponde aspersión

8 infiltración

Descripción	Expresado como	Unidades	Valor
Agua utilizable	AU	mm	75,60
Dosis neta de riego	D_n	mm	30,24
Déficit permisible de manejo	DPM	%	40
Máximo intervalo entre riegos	I_M	dias	9,73
Intervalo de riego	I	dias	7
Dosis neta ajustada	D_{naj}	mm	30,24
Dosis bruta de riego	D_b	mm	40,32
Eficiencia de aplicación	E_a	%	85
Tiempo de aplicación	t_a	h	5,04
Factor de reducción por pendiente	f_p	%	100
Necesidad bruta	N_b	mm	4,14

Tabla 1. Propiedades hidro-físicas de los suelos en funcion de su textura

Textura del suelo	Densidad aparente (g/cm ³)	Capacidad de campo (% θ g)	Punto de marchitez permanente (% θ g)	Infiltración básica (mm/h)
Arenoso	1.65	9	4	50
	(1.55 - 1.90)	(6 - 12)	(2 - 6)	(25 - 250)
Franco arenoso	1.50	14	6	25
	(1.40 - 1.60)	(10 - 18)	(4 - 8)	(13 - 75)
Franco	1.40	22	10	13
	(1.35 - 1.50)	(18 - 26)	(8 - 12)	(8 - 20)
Franco arcilloso	1.35	27	13	8
	(1.30 - 1.40)	(23 - 31)	(11 - 15)	(2.5 - 15)
Arcilloso	1.25	35	17	5
	(1.20 - 1.30)	(31 - 39)	(15 - 19)	(1.3 - 10)

Fuente: Mihajlovich (1979).

Anexo_13_diseño agronómico

Etc (mes)	p70	DEFICIT HIDRICO mm/mes	DEFICIT HIDRICO mm/día
86,49	11,30	-75,19	-2,51
80,89	12,75	-68,14	-2,43
120,63	24,30	-96,33	-3,11
102,96	27,51	-75,46	-2,52
95,65	6,66	-88,99	-2,87
60,23	1,98	-58,25	-1,94
78,05	-	-78,05	-2,60
66,97	-	-66,97	-2,23
67,66	1,70	-65,96	-2,20
72,32	4,48	-67,84	-2,26
81,10	4,58	-76,52	-2,55
99,00	9,77	-89,23	-2,88

nabon-susudel susudel

Anexo_14_Balance hídrico - Susudel - Oña

BALANCE HIDRICO

LUGAR	SUSUDEL- OÑA	
SUPERFICIE	17,7	Has.
CAUDAL RIEGO	7,6	Lt /seg
VOLUMEN MENSUAL	19.699	m3
APORTE RIEGO	111,29	mm/mes
EFICIENCIA DE APLICACIÓN	85,00%	
APORTE REAL RIEGO	94,60	mm/mes

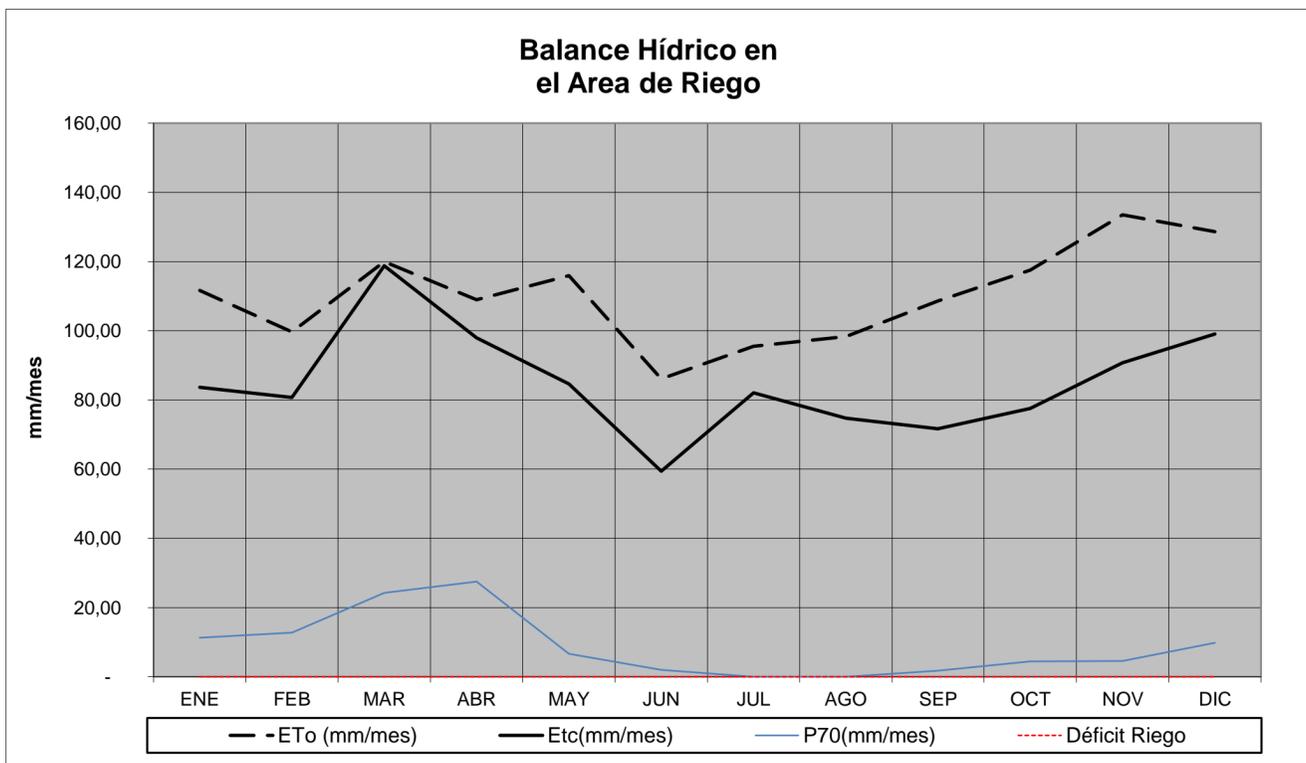
(Correspondiente a la eficiencia de riego por inundación o fajas)

dotación 0,429378531 l/s/ha

ELEMENTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
ETo (mm/mes)	111,60	99,68	119,97	108,90	115,94	86,10	95,48	98,27	108,60	117,49	133,50	128,65	1.324,18
Coficiente (Kc)	0,75	0,81	0,99	0,90	0,73	0,69	0,86	0,76	0,66	0,66	0,68	0,77	0,77
Etc(mm/mes)	83,70	80,74	118,77	98,01	84,64	59,41	82,11	74,69	71,68	77,54	90,78	99,06	1.021,83
P70(mm/mes)	11,30	12,75	24,30	27,51	6,66	1,98	0,00	0,00	1,70	4,48	4,58	9,77	105,02
Déficit Riego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

volumen deficit= - m3

p70 11,30 12,75 24,30 27,51 6,66 1,98 - - 1,70 4,48 4,58 9,77 susudel



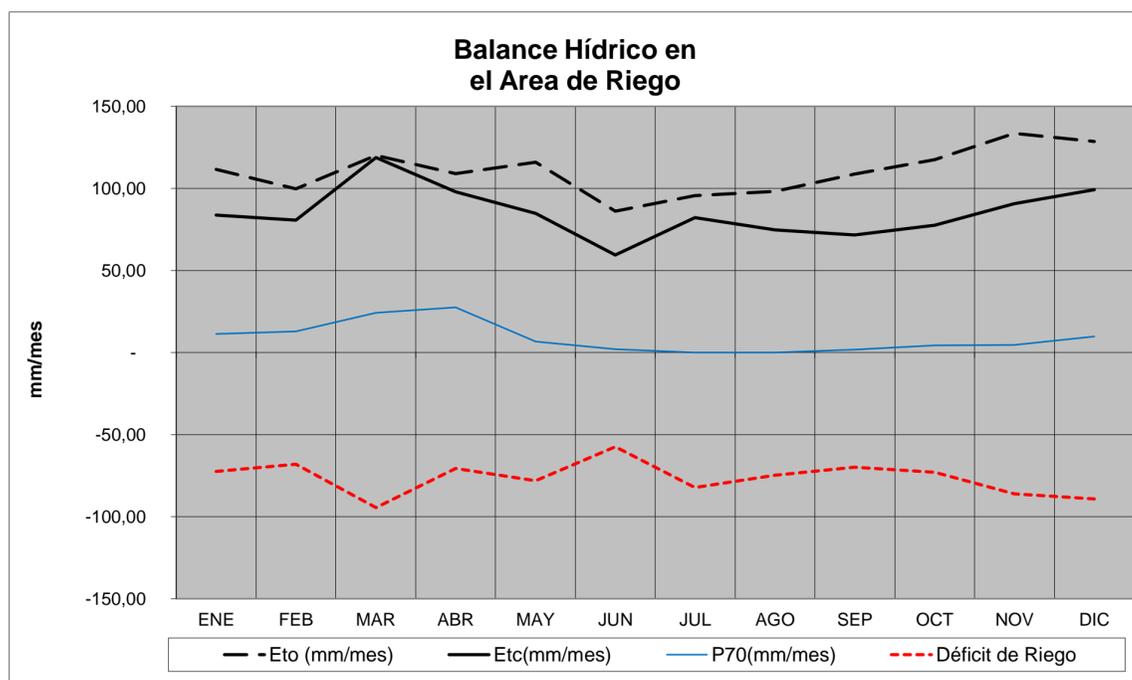
Anexo_14_Balance hídrico - Susudel - Oña

BALANCE HIDRICO AREA DE RIEGO

LUGAR	SUSUDEL- OÑA	
SUPERFICIE	17,7	Has.
CAUDAL RIEGO	0	Lt /seg
VOLUMEN MENSUAL	-	m3
APORTE RIEGO	-	mm/mes
EFICIENCIA DE APLICACIÓN	85,00%	
APORTE REAL RIEGO	0	mm/mes

ELEMENTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
ETo (mes)	111,60	99,68	119,97	108,90	115,94	86,10	95,48	98,27	108,60	117,49	133,50	128,65	1.324,18
Coefficiente (Kc)	0,75	0,81	0,99	0,90	0,73	0,69	0,86	0,76	0,66	0,66	0,68	0,77	0,77
ETc	83,70	80,74	118,77	98,01	84,64	59,41	82,11	74,69	71,68	77,54	90,78	99,06	1.021,83
P70	11,30	12,75	24,30	27,51	6,66	1,98	0,00	0,00	1,70	4,48	4,58	9,77	105,02
Déficit Riego	- 72,40	- 67,99	- 94,47	- 70,50	- 77,98	- 57,43	- 82,11	- 74,69	- 69,98	- 73,06	- 86,20	- 89,29	- 916,11

volumen deficit= - 366.442,18 m3

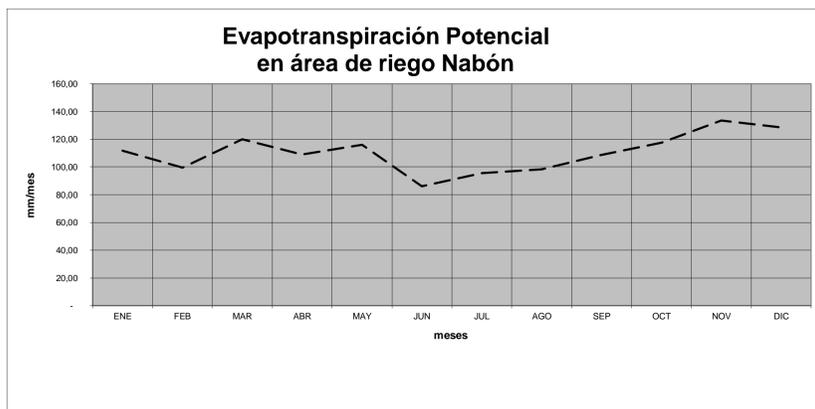


Anexo_15_P70 - Susudel - Oña

EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL EN ÁREA RIEGO nabón

FACTOR	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
Eto(mes)	3,60	3,56	3,67	3,63	3,74	2,87	3,08	3,17	3,62	3,79	4,45	4,15	3,63
Eto (mm)	111,60	99,68	119,97	108,90	116,94	86,10	95,48	98,27	108,60	117,49	133,50	128,65	1.224,18
Eto (mes)	83,70	80,24	116,17	97,74	84,06	59,41	82,35	74,19	71,68	77,54	90,11	96,42	1.017,61
p70	11,30	12,75	24,30	27,51	6,66	1,98	-	-	1,70	4,48	4,58	9,77	-
DEFICIT HIDRICO	72,40	67,49	93,87	70,23	77,40	57,43	82,35	74,19	69,98	73,08	85,53	88,65	-

sep



Mes	Temp Min	Temp Max	Humedad	Viento	Involación	Rad	ETo
	°C	°C	%	km/día	horas	MJ/m²/día	mm/día
Enero	13,0	24,9	79	5	6,3	19,0	3,60
Febrero	13,0	25,9	77	5	5,6	18,3	3,56
Marzo	13,1	26,1	77	5	6,8	20,2	3,67
Abril	13,4	25,9	78	5	6,5	18,9	3,63
Mayo	11,7	24,6	79	5	8,7	20,8	3,74
Junio	11,2	22,7	80	5	5,7	15,8	2,87
Julio	10,1	21,1	85	6	7,1	18,1	3,08
Agosto	9,9	23,9	84	6	6,0	17,5	3,17
Septiembre	9,3	25,6	84	6	6,6	19,5	3,62
Octubre	10,6	25,3	83	5	7,0	20,4	3,79
Noviembre	12,0	26,5	83	5	9,4	23,8	4,45
Diciembre	9,2	27,5	82	5	8,6	22,2	4,15
Promedio	11,4	25,0	81	5	7,0	19,5	3,63

Al no disponer datos en el area de estudio, utilizaremos datos de una estacion cercana a la zona; En este caso datos de la estación M420 de NABÓN

Estación: SUSUDEL, Código: M423

Período: 1964 - 2008

Coordenadas UTM WGS84:

17701645

W

9624157

N

Altitud:

2390 msnm

Lluvias mensuales (mm)

Mes Año	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Anual
1964	0,0	12,2	22,2	46,6	2,9	11,3	0,0	6,6	13,3	19,1	11,1	19,4	164,6
1965	2,3	3,2	34,6	79,2	32,0	7,0	0,0	0,0	0,0	12,8	29,3	17,8	218,3
1966	7,7	0,0	32,6	26,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	11,5	0,0	80,4
1967	14,4	45,4	27,8	28,1	11,6	21,9	14,7	0,0	0,0	26,2	6,7	0,0	196,9
1968	22,0	0,0	67,4	0,0	0,0	5,9	5,9	0,0	4,0	15,0	0,0	3,5	123,5
1969	25,8	41,9	52,6	63,1	13,2	19,4	0,0	0,0	10,3	8,7	50,0	27,3	312,2
1970	23,3	50,9	23,1	27,1	51,8	11,3	1,5	12,1	2,8	18,6	16,7	26,1	265,4
1971	52,6	60,8	130,5	28,3	8,7	32,0	3,0	5,7	14,7	43,4	3,2	32,5	415,4
1972	27,5	27,7	94,3	40,8	15,4	3,3	0,0	0,0	0,0	5,6	45,2	10,2	270,3
1973	16,1	27,5	55,0	59,4	23,0	12,6	9,0	15,6	19,8	4,1	4,9	24,1	271,2
1974	19,1	50,7	34,8	24,0	1,2	13,8	12,0	0,5	36,5	35,3	28,3	14,8	271,1
1975	14,6	76,3	106,4	61,8	55,7	40,1	13,9	86,8	6,9	81,2	20,8	21,6	586,1
1976	46,0	78,7	57,8	36,8	30,1	15,5	12,1	1,5	0,9	1,9	5,1	25,3	311,7
1977	63,0	36,4	31,4	48,0	0,1	1,0	0,0	5,2	14,7	2,3	0,0	31,8	233,9
1978	11,9	21,3	22,8	77,9	44,2	6,6	1,8	0,8	14,6	0,6	13,9	4,3	220,7
1979	16,3	26,1	94,1	349,3	24,9	0,0	0,0	3,8	11,0	0,4	4,5	0,4	530,8
1980	12,9	30,6	35,8	29,5	1,8	0,3	0,0	0,0	13,4	21,4	29,6	6,1	181,4
1981	2,3	21,1	33,8	1,2	13,7	12,9	6,3	0,9	3,5	15,5	0,3	0,9	112,4
1982	18,1	14,6	3,5	16,7	23,2	4,0	1,3	2,1	0,5	9,5	9,3	143,8	246,6
1983	61,6	7,9	46,6	65,3	68,2	14,0	2,3	0,0	0,0	41,1	0,8	20,7	328,5
1984	0,7	199,0	89,8	20,3	23,9	5,4	7,2	3,9	8,9	36,5	0,0	10,1	405,7
1985	25,7	0,0	0,6	4,2	16,8	0,0	0,0	1,5	5,5	0,0	6,5	15,3	76,1
1986	20,9	26,0	3,6	39,7	9,3	0,0	0,0	0,0	1,7	18,0	4,6	0,0	123,8
1987	2,9	0,8	24,6	23,7	25,1	2,0	0,0	0,0	14,2	30,0	21,9	1,7	146,9
1988	78,7	61,8	101,1	82,3	27,7	3,5	1,1	1,4	17,3	12,8	51,3	72,1	511,1
1989	128,6	98,3	95,5	12,8	9,2	1,5	0,0	0,0	1,7	50,4	0,0	0,0	398,0
1990	38,3	60,6	14,0	56,4	2,4	0,6	11,4	1,9	5,5	13,2	14,3	21,1	239,7
1991	8,2	11,7	20,2	30,7	6,7	3,7	0,6	0,4	1,0	6,4	0,0	11,3	100,9
1992	7,2	8,9	19,0	80,5	24,2	3,3	0,8	4,0	26,9	4,8	0,0	4,3	183,9
1993	16,9	158,8	3,0	63,8	4,0	1,9	0,0	2,1	2,5	4,3	9,0	46,4	312,7
1994	38,5	38,0	137,3	59,6	2,8	1,8	2,7	5,1	3,5	0,0	43,7	15,5	348,5
1995	1,4	0,9	22,7	53,4	17,6	0,0	1,0	0,0	2,5	1,2	13,6	76,2	190,5
1996	19,4	92,6	56,2	66,2	28,5	1,7	0,0	0,8	0,0	44,4	2,4	2,0	314,2
1997	11,6	7,2	21,1	2,7	0,7	19,6	10,6	0,0	28,5	10,5	178,9	33,6	325,0
1998	14,9	38,9	139,4	8,4	17,4	21,7	3,3	4,8	15,2	55,8	50,8	20,3	390,9
1999	86,0	141,7	101,3	71,0	8,3	14,5	5,6	9,0	44,1	11,8	6,0	72,2	571,5
2000	22,6	71,1	91,3	42,0	40,6	12,7	0,0	4,6	44,5	0,0	0,0	20,2	349,5
2001	49,4	14,5	101,8	23,8	16,7	11,4	0,0	0,0	6,4	0,0	18,1	14,8	257,0
2002	5,3	22,9	30,9	28,0	19,6	9,8	0,0	0,0	0,0	35,2	16,7	22,5	190,9
2003	0,3	7,4	47,3	27,6	6,5	15,1	0,3	0,0	3,5	2,5	24,2	16,2	151,0
2004	10,1	11,5	16,6	35,0	21,1	0,0	0,0	0,0	8,4	9,6	31,8	8,4	152,5
2005	5,8	40,5	72,1	32,7	0,3	2,3	0,0	0,0	2,2	16,5	0,0	37,9	210,4
2006	22,8	46,5	58,5	41,1	0,0	4,3	0,0	0,0	0,7	4,5	58,9	51,5	288,9
2007	19,7	12,9	46,0	79,0	27,8	41,4	0,0	8,2	0,0	19,6	41,9	26,1	322,7
2008	48,7	95,1	85,1	90,7	39,5	16,1	6,3	0,2	4,1	30,0	39,7	19,8	475,4

Nota: ### valor rellenado (negrita y sombreado)

No año	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	prob %	
1	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	97,83%	0,6
2	0,3	0,0	3,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	95,65%	4,5
3	0,7	0,0	3,5	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	93,48%	6,9
4	1,4	0,8	3,6	4,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	91,30%	10,1
5	2,3	0,9	14,0	8,4	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,4	89,13%	26,7
6	2,3	3,2	16,6	12,8	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,9	86,96%	37,1
7	2,9	7,2	19,0	16,7	1,2	0,3	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	1,7	84,78%	50,2
8	5,3	7,4	20,2	20,3	1,8	0,6	0,0	0,0	0,0	1,9	0,0	2,0	82,61%	59,5
9	5,8	7,9	21,1	23,7	2,4	1,0	0,0	0,0	0,5	2,0	0,3	3,5	80,43%	68,2
10	7,2	8,9	22,2	23,8	2,8	1,5	0,0	0,0	0,7	2,3	0,8	4,3	78,26%	74,6
11	7,7	11,5	22,7	24,0	2,9	1,7	0,0	0,0	0,9	2,5	2,4	4,3	76,09%	80,6
12	8,2	11,7	22,8	26,7	4,0	1,8	0,0	0,0	1,0	4,1	3,2	6,1	73,91%	89,6
13	10,1	12,2	23,1	27,1	6,5	1,9	0,0	0,0	1,7	4,3	4,5	8,4	71,74%	99,7
14	11,6	12,9	24,6	27,6	6,7	2,0	0,0	0,0	1,7	4,5	4,6	10,1	69,57%	106,3
15	11,9	14,5	27,8	28,0	8,3	2,3	0,0	0,0	2,2	4,8	4,9	10,2	67,39%	115,1
16	12,9	14,6	30,9	28,1	8,7	3,3	0,0	0,0	2,5	5,6	5,1	11,3	65,22%	123,0
17	14,4	21,1	31,4	28,3	9,2	3,3	0,0	0,0	2,5	6,4	6,0	14,8	63,04%	137,4
18	14,6	21,3	32,6	29,5	9,3	3,5	0,0	0,0	2,8	8,7	6,5	14,8	60,87%	143,7
19	14,9	22,9	33,8	30,7	11,6	3,7	0,0	0,0	3,5	9,5	6,7	15,3	58,70%	152,6
20	16,1	26,0	34,6	32,7	13,2	4,0	0,0	0,2	3,5	9,6	9,0	15,5	56,52%	164,5
21	16,3	26,1	34,8	35,0	13,7	4,3	0,0	0,4	3,5	10,5	9,3	16,2	54,35%	170,3
22	16,9	27,5	35,8	36,8	15,4	5,4	0,3	0,5	4,0	11,8	11,1	17,8	52,17%	183,3
23	18,1	27,7	46,0	39,7	16,7	5,9	0,6	0,8	4,1	12,8	11,5	19,4	50,00%	203,3
24	19,1	30,6	46,6	40,8	16,8	6,6	0,8	0,8	5,5	12,8	13,6	19,8	47,83%	213,8
25	19,4	36,4	47,3	41,1	17,4	7,0	1,0	0,9	5,5	13,2	13,9	20,2	45,65%	223,3
26	19,7	38,0	52,6	42,0	17,6	9,8	1,1	1,4	6,4	15,0	14,3	20,3	43,48%	238,2
27	20,9	38,9	55,0	46,6	19,6	11,3	1,3	1,5	6,9	15,5	16,7	20,7	41,30%	254,8
28	22,0	40,5	56,2	48,0	21,1	11,3	1,5	1,5	8,4	16,5	16,7	21,1	39,13%	264,8
29	22,6	41,9	57,8	53,4	23,0	11,4	1,8	1,9	8,9	18,0	18,1	21,6	36,96%	280,4
30	22,8	45,4	58,5	56,4	23,2	12,6	2,3	2,1	10,3	18,6	20,8	22,5	34,78%	295,5
31	23,3	46,5	67,4	59,4	23,9	12,7	2,7	2,1	11,0	19,1	21,9	24,1	32,61%	314,0
32	25,7	50,7	72,1	59,6	24,2	12,9	3,0	3,8	13,3	19,6	24,2	25,3	30,43%	334,4
33	25,8	50,9	85,1	61,8	24,9	13,8	3,3	3,9	13,4	21,4	28,3	26,1	28,26%	358,7
34	27,5	60,6	89,8	63,1	25,1	14,0	5,6	4,0	14,2	26,2	29,3	26,1	26,09%	385,6
35	38,3	60,8	91,3	63,8	27,7	14,5	5,9	4,6	14,6	30,0	29,6	27,3	23,91%	408,4
36	38,5	61,8	94,1	65,3	27,8	15,1	6,3	4,8	14,7	30,0	31,8	31,8	21,74%	422,0
37	46,0	71,1	94,3	66,2	28,5	15,5	6,3	5,1	14,7	35,2	39,7	32,5	19,57%	455,2
38	48,7	76,3	95,5	71,0	30,1	16,1	7,2	5,2	15,2	35,3	41,9	33,6	17,39%	476,1
39	49,4	78,7	101,1	77,9	32,0	19,4	9,0	5,7	17,3	36,5	43,7	37,9	15,22%	508,7
40	52,6	92,6	101,3	79,0	39,5	19,6	10,6	6,6	19,8	41,1	45,2	46,4	13,04%	554,4
41	61,6	95,1	101,8	79,2	40,6	21,7	11,4	8,2	26,9	43,4	50,0	51,5	10,87%	591,4
42	63,0	98,3	106,4	80,5	44,2	21,9	12,0	9,0	28,5	44,4	50,8	72,1	8,70%	631,1
43	78,7	141,7	130,5	82,3	51,8	32,0	12,1	12,1	36,5	50,4	51,3	72,2	6,52%	751,6
44	86,0	158,8	137,3	90,7	55,7	40,1	13,9	15,6	44,1	55,8	58,9	76,2	4,35%	833,1
45	128,6	199,0	139,4	349,3	68,2	41,4	14,7	86,8	44,5	81,2	178,9	143,8	2,17%	1475,8
P71,74	10,09	12,20	23,07	27,07	6,50	1,90	-	-	1,70	4,30	4,50	8,42		
P69,57	11,60	12,88	24,60	27,61	6,70	2,00	-	-	1,70	4,52	4,60	10,10		
Dif. (Prob.)	2,17	2,17	2,17	2,17	2,17	2,17	2,17	2,17	2,17	2,17	2,17	2,17		
Dif. (P)	-	1,51	-	0,69	-	1,53	-	0,54	-	0,20	-	0,10	-	1,68
m	-	0,70	-	0,32	-	0,71	-	0,25	-	0,09	-	0,05	-	0,78
b	60,14	34,87	73,68	45,09	12,98	5,21	-	-	1,70	11,71	7,81	64,12		
P70	11,30	12,75	24,30	27,51	6,66	1,98	-	-	1,70	4,48	4,58	9,77		

