



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO

Diseño agronómico del sistema de riego parcelario para el Proyecto Chambo – Guano, Fase II, para la comuna Chingazo Módulo N° 5, parroquia La Matriz, cantón Guano, provincia de Chimborazo

TEODORO MILAN PAUCAR

Trabajo de Titulación modalidad: Tesis, presentado ante el Instituto de Posgrado y Educación Continua de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, como requisito parcial para la obtención del grado de

MAGÍSTER EN RIEGOS CON MENCIÓN EN RIEGO PARCELARIO

RIOBAMBA – ECUADOR

NOVIEMBRE – 2023

DECLARACIÓN DE AUTENTECIDAD Y CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Teodoro Milán Paucar, declaro que el presente proyecto de investigación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citadas y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación de Maestría

Teodoro Milán Paucar
N° de cédula: 1203189822

©2023, Teodoro Milán Paucar

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

EL TRIBUNAL DEL TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Titulación modalidad Tesis, titulado Diseño agronómico del sistema de riego parcelario para el Proyecto Chambo – Guano, Fase II, para la comuna Chingazo Módulo N° 5, parroquia La Matriz, cantón Guano, provincia de Chimborazo, de responsabilidad del señor Teodoro Milán Paucar, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros de Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el tribunal autoriza su presentación.

Ing. PhD. Rosa Del Pilar Castro Gómez
PRESIDENTA



Ing. PhD. Víctor Alberto Lindao Córdova
DIRECTOR



Ing. Mgtr. Hernán Eriberto Chamorro Sevilla
MIEMBRO



Lc. Mgtr. Andrea Damaris Hernández Allauca
MIEMBRO



Riobamba, noviembre de 2023

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación ofrezco a todos aquellos hombres y mujeres dedicados a diario a las actividades agropecuaria en pequeña escala, de hecho, este trabajo servirá de guía y manual para que puedan establecer el riego por microaspersión, el mismo permitirá cubrir más áreas de riego y mejorar la producción y productividad.

AGRADECIMIENTOS

El más sincero agradecimiento a Dios vivo por otorgarme la vida, salud y las oportunidades, que durante toda mi vida me orienta y dirige, pues, sin la Sapiencia del Omnipotente, Omnipresente y Omnisciente no hubiese hecho realidad mi sueño, además, solo él me da fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

Agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, alma mater, la cual me abrió sus puertas para superar académicamente y permitir a ser un ente de crecimiento, desarrollo, progreso y prosperidad de la sociedad.

A mis padres, que con su demostración de unos padres ejemplares me ha enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada y siempre perseverar a través de sus sabios consejos.

A mi esposa Ceci que de cariño le decimos así, por su apoyo incondicional y por demostrarme la gran fe que tienen en mí.

A Merwin, Ruth y Josué, mis hijos, quienes sacrificaron solo por permitir mi superación académica y científica, además, por acompañarme durante todo este arduo camino y compartir conmigo alegrías y fracasos.

A Norberto, Benito y Merwin, quienes con su comprensión y de buenas ganas me permitieron cristalizar mis sueños demostrarme que podemos ser grandes amigos y compañeros de trabajo a la vez.

Al PhD. Víctor Alberto Lindao, director de tesis. Mgtr. Hernán Eriberto y Mgtr. Andrea Damaris Hernández, miembros de tesis. Quienes brindaron su valiosa guía, orientación y asesoramiento con conocimiento y pasión en la realización del proyecto.

Gracias a todas las personas que ayudaron directa e indirectamente en la realización de este proyecto.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	xiv
SUMMARY	xv
CAPÍTULO I	
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Situación actual del problema	1
1.2.1 Formulación del problema	3
1.2.2 Preguntas por resolver	3
1.3 Justificación	3
1.4 Objetivos.....	4
1.5 Hipótesis	4
CAPÍTULO II	
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1 Estudios previos al diseño agronómico	5
2.1.1 Componente social	5
2.1.2 Componente cultivo (biológico).....	6
2.1.3 Componente edáfico (suelos)	7
2.1.4 Contenido de agua en el suelo	8
2.1.5 Componentes climáticos (atmosférico).....	100
2.1.6 Componente agua.....	111
2.2 Diseño agronómico	122
2.2.1 Estimación de las necesidades de agua de los cultivos	122
2.2.2 Determinación de los parámetros de riego: dosis, frecuencia o intervalo entre riegos, duración del riego, número de emisores por postura, caudal necesario	122
2.2.3 Disposición de los emisores en el campo.....	133
2.3 Diseño hidráulico a nivel parcelario	133
2.3.1 Selección del material de la tubería	14
2.3.2 Necesidad de presión dinámica	144
2.3.3 Colocación de reguladores de presión	15
2.3.4 Válvulas de aire y de limpieza	155
2.3.5 Plano final.....	155

2.4.	Identificación de variables.....	16
2.5.	Operacionalización de variable	16
2.6.	Matriz de consistencia	17

CAPÍTULO III

3.	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	188
3.1	Caracterización del área en estudio	188
3.1.1	Ubicación Política. El lugar en estudio está ubicado en:.....	18
3.1.2	Ubicación geográfica.....	188
3.1.3	Ubicación climática de la zona	188
3.1.4	Área de riego.....	199
3.2	Materiales.....	200
3.3	Métodos	200
3.3.1	Estudios base.....	220
3.3.2	Fase de diseño y estudio	220
3.3.2.1	Estudio socio – económico de los beneficiarios del sistema de riego Chingazo San Jacinto, módulo 5.....	220
3.3.2.2	Diseño agronómico	255
3.3.2.2.1	Factor suelo	266
3.3.2.2.2	Infiltración.....	267
3.3.2.2.3	Factor agua.....	27
3.3.2.2.4	Factor planta (cultivo agrícola).....	300
3.3.2.2.5	Factor clima.....	311
3.3.2.3	Cálculos de los parámetros de riego.....	333
3.3.2.4	Diseño hidráulico a nivel parcelario.....	36
3.3.2.5	Estudio agro.economico	37

CAPÍTULO IV

4.	RESULTADO Y DISCUSIÓN	39
4.1	Estudio socio – económico de los beneficiarios del sistema de riego Chingazo San Jacinto, módulo 5	39
4.1.1	Población actual de Chingazo San Jacinto – Población económicamente activa (PEA).....	39
4.1.2	Ingreso económico del PEA.....	40
4.1.3	Áreas de suelo con aptitud agropecuaria en Chingazo San Jacinto.....	40

4.1.4	Destino de suelos a distintas actividades agrícola.....	41
4.2	Diseño agronómico.....	41
4.2.1.	Cálculo de las necesidades netas de riego máxima.....	41
4.2.1.1.	Factor agua.....	41
4.2.1.1.1.	Precipitación caída en Chingazo San Jacinto.....	41
4.2.1.1.2.	Análisis químico del agua que se utiliza en el sistema de riego Chingazo San Jacinto.....	42
4.2.1.1.3.	Requerimiento de agua para la cedula de cultivo del módulo 5.....	43
4.2.1.2.	Factor suelo.....	44
4.2.1.2.1	Propiedades físicas y químicas del suelo.....	44
4.2.1.2.2	Infiltración básica.....	45
4.2.1.3.	Factor planta.....	46
4.2.1.4.	Factor clima (Información meteorológica)	47
4.2.1.5.	Cálculo de los parámetros de riego.....	51
4.3	Diseño hidráulico a nivel parcelario.....	55
4.3.1	Determinación de turnados y su duración de riego en cada lote.....	55
4.3.2	Cálculo de caudal de diseño de línea de conducción y distribución.....	63
4.3.3	Determinación de las características de aspersores y sus parámetros de riego	63
4.3.4	Diseño hidráulico de la línea de conducción y las líneas de distribución.....	65
4.3.5	Cálculo del número de hidrantes y la presión dinámica individual.....	67
4.4	Cálculo de presupuesto.....	68
4.5	Análisis económico del Proyecto.....	72
4.6	Proyección y evaluación del proyecto.....	76
4.7	Evaluación de impacto ambiental.....	80
CAPÍTULO V		
5.	PROPUESTA.....	82
	CONCLUSIONES.....	83
	RECOMENDACIONES.....	84
GLOSARIO		
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-3. Matriz de encuesta socio económico.....	23
Tabla 2-3. Indicadores de toma de datos en prueba de infiltración de agua en el perfil de suelo	28
Tabla 1-4. Porcentaje de habitantes de Chingazo San Jacinto.....	39
Tabla 2-4. Ingreso por habitante de Chingazo San Jacinto	40
Tabla 3-4. Área de suelo con aptitud agropecuaria de Chingazo San Jacinto	41
Tabla 4-4. Precipitación mensual efectiva al 60 y 80 %.....	42
Tabla 5-4. Resultado de análisis de agua de riego	43
Tabla 6-4. Precipitación efectiva mensual al 60%	44
Tabla 7-4. Análisis químico y físico promedio del suelo del módulo 5 de Chingazo San Jacinto.....	45
Tabla 8-4. Promedio de velocidad de infiltración básica del módulo 5 de Chingazo San Jacinto	46
Tabla 9-4. Cultivos de mayor cobertura del módulo 5.....	47
Tabla 10-4. Datos de Et de referencia de las tres estaciones meteorológicas para la interpolación	47
Tabla 11-4. Evapotranspiración de referencia interpolado por el método IDW de las tres estaciones meteorológicas, mensual y diario.....	48
Tabla 12-4. Coeficiente de cultivo por el método de hargreaves, este valor es Adimensional.....	49
Tabla 13-4. Evapotranspiración de cultivo en mm día ⁻¹	49
Tabla 14-4. Necesidad neta de agua de riego diario y para cada cultivo en estudio.....	50
Tabla 15-4. Caudal ficticio continuo para las 24 horas.....	51
Tabla 16-4. Cálculo de parámetros de riego para 35.9382 ha y frecuencia de riego cada 7 días	52
Tabla 17-4. Número de aspersores y caudal (l/s) por cada turno.....	55
Tabla 18-4. Lotes de riego en cada turno.....	56
Tabla 19-4. Diámetros de tubería y su resistencia en la conducción terciaria.....	66
Tabla 20-4. Diámetros de tubería en la conducción secundaria.....	66
Tabla 21-4. Número de emisores por lote y la presión nominal.....	67
Tabla 22-4. Presupuesto a nivel parcelario.....	68
Tabla 23-4. Presupuesto a nivel de conducción secundaria.....	71
Tabla 24-4. Presupuesto a nivel de conducción secundaria.....	71
Tabla 25-4. Rendimiento de cultivos sin proyecto.....	72
Tabla 26-4. Costos de producción sin proyecto.....	73

Tabla 27-4. Utilidad agrícola sin proyecto.....	73
Tabla 28-4. Rendimiento de cultivos con proyecto.....	74
Tabla 29-4. Costos de producción con proyecto.....	74
Tabla 30-4. Utilidad agrícola con proyecto.....	75
Tabla 31-4. Utilidad agrícola con proyecto.....	75
Tabla 32-4. TIR y VAN. Indicadores financieros calculado para 10 años.....	76
Tabla 33-4. Relación B/C Indicador financiero calculado para 10 años.....	77
Tabla 34-4. Periodo de retorno de la inversión, calculado para 10 años.....	78
Tabla 35-4. Análisis de impacto ambiental.....	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-3. Ubicación geográfica del módulo 5	19
Figura 2-3. Diseño cuasi experimental – demostrativo	21
Figura 1-4. Infiltración acumulada esencia para determinar la infiltración básica.....	46
Figura 2-4. Balance hídrico determinado entre Et de cultivo Vs precipitación.....	50

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Plano del Módulo N° 5. Chingazo San Jacinto

Anexo B. Turnos de riego con ciclo de 7 días

RESUMEN

El objetivo fue elaborar el diseño agronómico e hidráulico a nivel parcelario del proyecto de riego Chingazo San Jacinto del sistema de riego Chambo-Guano con el fin de utilizar el agua de forma eficiente. La escasez y la deficiencia de agua de riego tiene su origen de distintos indoles, uno de ellos es uso inadecuado, y este obliga a elaborar el diseño agronómico e hidráulico. En la comuna Chingazo San Jacinto, ubicado en la coordenada de referencia UTM, WGS 84, 17 S, de X: 768133.0; Y: 9820694.0, la determinación de los parámetros técnicos de carácter agronómico, topográfico y social se realizó entre enero y noviembre del 2022, aquellos estudios arrojaron muchos resultados entre ellos las propiedades edáficas siendo suelo de textura franco arenoso, la evapotranspiración (Et) de referencia de 4.25 mm día^{-1} , suelo con una infiltración de 66 mm h^{-1} . Los resultados obtenidos en campo permite seleccionar el tipo de riego, emisor apropiado para micro aspersión, además admite seleccionar el cultivo apropiado para estas condiciones, todas estas consideraciones permitirá incrementar la productividad, porque se aplicara riego en momento oportuno antes que entre el cultivo en punto de marchites permanente y además antes que la humedad llegue al nivel mínimo permito del factor de secado, bajo estas condiciones el riego se realizará cada ocho días, por 3 horas en cada turno, la disponibilidad del agua será durante el día (12 horas).

Palabras claves: RIEGO, CAPACIDAD DE CAMPO, PUNTO DE MARCHITES PERMANENTE, EVAPOTRANSPIRACIÓN, DISEÑO AGRONÓMICO, DISEÑO HIDRÁULICO.



0142-DBRA-UPT-IPEC-2023

08-11-2023

SUMMARY

The deficit and shortage of irrigation water has its origin from different sources, one of them is inadequate use, and this forces to elaborate the agronomic and hydraulic design at plot level of the Chingazo San Jacinto irrigation project of the Chambo-Guano irrigation system, the objective was to determine when, how much and how to irrigate the water making the crops get the vital liquid in an efficient way. In the community of Chingazo San Jacinto, located in the UTM reference coordinate, WGS 84, 17 S, of X: 768133.0; Y: 9820694.0 the technical parameters of agronomic, topographic and social character were determined between January and November 2022, those studies provided many results among them the edaphic properties being soil of sandy loam texture, the reference evapotranspiration (E_t) of 4.25 mm dia^{-1} , soil with an infiltration of 66 mm h^{-1} . The results obtained in the field allow selecting the type of irrigation, appropriate emitter for micro sprinkling, also it allows to select the appropriate crop for these conditions, all these considerations will allow increasing productivity, because irrigation will be applied at the right time before the crop enters in permanent wilting point and also before the humidity reaches the minimum level allowed by the drying rate, under these conditions irrigation will be done every eight days, for 3 hours in each shift, the availability of water will be during the day (12 hours).

Key words: Field capacity, Permanent wilting point, Evapotranspiration, Agronomic design, Hydraulic design.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema

Chingazo San Jacinto es una comuna que pertenecen a la parroquia La Matriz del cantón Guano, cuenta con 461.0000 ha de suelos aptos para la actividad agrícola con suelos de textura arenoso que provoca la pérdida de agua por percolación y lixiviación, y la infiltración es alta, conociendo aquellas características edáficas la SENAGUA autoriza el uso de agua para riego un caudal de 91.00 l s^{-1} (caudal teórico) (PDL, 2010).

El caudal autorizado está en función de la dotación que oscila entre $0.6 - 1.0 \text{ l s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ para riego por surco o inundación y con esta dotación se logra cubrir áreas entre 91.0000 y 153.0000 ha, de hecho, este tipo de riego tiene una eficiencia de 35% y a lo mucho 50%; marcando una gran pérdida durante el riego, la conducción y la distribución, estos antecedentes permite tomar otras decisiones técnicas de riego, siendo el más apropiado y de mayor eficiencia el riego presurizado. (Montiel, 2012).

La zona de estudio, al momento no cuentan con un sistema de riego, pero si está en proyecto y será una realidad luego de muchos años de espera, motivo por el cual ciertos propietarios compran el líquido vital para regar pequeñas áreas, la no existencia de agua de riego en el lugar provoca: la emigración frecuente de los habitantes a la ciudad, los suelos quedan abandonados sin dar uso a la actividad agropecuaria; lo cual conlleva a la pobreza, desnutrición y analfabetismo (PDL, 2010).

1.2 Situación actual del problema

Al nivel mundial el 38% de suelos son destinadas a la actividad agropecuaria (5,000 Mha), de esto 21% está bajo riego (IICA, 2017), mientras (Tapia, 2008), menciona que al nivel mundial existen enormes pérdidas del agua durante el riego llegando hasta un 55%, distribuido de la siguiente manera: 25% de aguas que se pierde en el campo mismo, 15% por el sistema de riego no apropiado, 15% en la distribución extra predial, y el 45% de agua es efectivamente utilizada en los cultivos (Tapia, 2008), por ende el reto y desafío es reducir al máximo la pérdida de agua de riego.

A nivel de América Latina y el Caribe, se menciona que el 13% de la superficie cultivable recibe riego, pero al realizar esta actividad se pierde el 60% de agua debido al uso inadecuado durante

el mismo, y a esta pérdida se suma la escasez del agua haciendo cada vez más difícil de adquirir este líquido vital, por este motivo en muchos países de América Latina se están quedando abandonados suelos con aptitud agropecuaria (IICA, 2017).

En Ecuador existen suelos destinadas a la actividad agropecuaria en superficie que bordea 5.2 Mha, de esto 853,400.0000 ha tiene infraestructura de riego, de las cuales 663,900.0000 ha (78%) utilizan riego por surco, 170,100.0000 ha (20%) riego por aspersión y 19,400.0000 ha (2%) riego localizado (ESPAC, 2020), y durante el riego se pierde grandes cantidades del líquido vital, aquellas pérdidas se debe a: Infraestructura no apropiado, mala distribución, bajo nivel de riego tecnificado, carencia de obras de almacenamiento, débil estructura organizativa, poco interés de capacitación. AQUASTAT (2000).

Según el MAGAP (2016), indica que la escasez y uso ineficiente de agua de riego genera los siguientes efectos negativos; pérdida de agua en la conducción y distribución, menos área regada, mayor uso de mano de obra durante el riego, la infiltración y percolación muy elevado en riego no tecnificado (riego por inundación), en consecuencia, se obtiene la baja productividad y de mala calidad de la cosecha.

Para Tarjuelo (2012), el método apropiado para evitar la pérdida de agua durante el riego es la tecnificación de riego con la finalidad utilizar en forma eficiente, siendo el más eficiente riego por goteo en 90%, riego por aspersión 70% y riego por micro aspersión 85%. En riego tecnificado (a presión) el caudal ficticio continuo (dotación) es de $0.3 - 0.35 \text{ l s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$, mientras para el riego por inundación la dotación es de $0.6 - 0.7 \text{ l s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ y en ocasiones hasta $1 \text{ l s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$.

Según el MAG (2020), menciona que en el 2016 la provincia de Chimborazo cuenta con un área destinada a la actividad agropecuaria en 8% (212,501.0000 ha) del total de áreas cultivadas al nivel nacional y de esto 50,963.0000 ha recibe riego bajo técnicas tradicionales y apenas 800.0000 ha de cultivos reciben riego tecnificado, esto es riego por microaspersión y goteo, este tipo de riego se desarrolla en los cantones: Guamote, Riobamba, Alausí y Guano, en este último solo se practica en las partes altas.

Sin embargo, en cantón Guano las tierras dedicadas a la actividad agropecuaria bordea los 27,779.0000 ha, y de esto, apenas 8,811.0000 ha (30%) recibe riego en forma tradicional, con sistemas de conducción abierto y si revestimiento de canales que provoca las pérdidas por infiltración, evaporación, robos, etc. Es importante mencionar que este cantón cuenta con la disponibilidad de agua de riego con sentencia a favor de los directorios de agua de $1,875 \text{ l s}^{-1}$ y tiene una demanda de $3,002 \text{ l s}^{-1}$ (GADPCH, 2016).

Según consta en el PDL (2016), el proyecto de riego Chingazo San Jacinto tiene una autorización de uso de agua para riego de 92 l s^{-1} otorgado por la SENAGUA, con este caudal se podrá cubrir 153.0000 ha realizando el riego por surco o inundación, pero por las condiciones edáficas,

climáticas y topográficas de la zona el riego recomendable es a presión llegando a cubrir 297.0000 ha.

1.2.1 Formulación del problema

¿La deficiencia de agua de riego por uso inadecuado obliga a elaborar el diseño agronómico e hidráulico a nivel parcelario del proyecto Chambo-Guano para utilizar el agua de forma eficiente?

1.2.2 Preguntas por resolver

- ✓ ¿Se debe realizar el diagnóstico socio económico del sector según la zonificación?
- ✓ ¿Se debe identificar las áreas y realizar el levantamiento planimétrico de suelos aptos y dispuestos para la actividad agropecuaria?
- ✓ ¿Se debe determinar la topografía y la pendiente de los predios, y en función a esto elegir el tipo de riego (por goteo o por micro aspersor) y realizar el diseño agronómico e hidráulico parcelario?
- ✓ ¿Se debe determinar los costos de establecimiento del sistema de riego del módulo 5?

1.3 Justificación

El presente proyecto consiste en brindar apoyo necesario al sector del agro específicamente en la comuna Chingazo San Jacinto, dotando de agua para riego en forma eficiente, eficaz y oportuno, y esta dotación se conoce con el nombre de riego tecnificado que permite incrementar el área bajo riego, mejora la productividad, optimiza el recurso mano de obra, si se compara con el riego tradicional.

Es imprescindible mencionar que, el riego tradicional, riego por surco o por inundación se determina el área de riego a partir de la dotación de $0.6 - 1.0 \text{ l s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ y el riego tecnificado, específicamente el riego por micro aspersión la dotación es $0.35 \text{ l s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$, esto indica que el riego tecnificado permite cubrir más área con el mismo caudal en comparación al riego tradicional, de hecho, este tipo de riego incrementa la productividad traduciendo en el crecimiento, desarrollo, progreso y la prosperidad de la economía familiar y campesina del sector y sobre todo reducirá el fenómeno social de la emigración.

1.4 Objetivos

1.4.1 General

Elaborar el diseño agronómico e hidráulico a nivel parcelario del proyecto de riego Chingazo San Jacinto del sistema de riego Chambo-Guano con el fin de utilizar el agua de forma eficiente.

1.4.2 Específicos

- ✓ Realizar diagnóstico socio económico del sector en estudio según la zonificación.
- ✓ Identificar las áreas y realizar el levantamiento planimétrico de suelos aptos y dispuestos para la actividad agropecuaria.
- ✓ Determinar la cedula de cultivo con la finalidad de realizar el diseño agronómico e hidráulico parcelario.
- ✓ Cuantificar los costos de establecimiento por parcela del sistema de riego del módulo 5.

1.5 Hipótesis

Alternativa: El diseño de sistema de riego tecnificado permite el uso eficiente del agua en Chingazo San Jacinto, módulo 5.

Nula: El diseño de sistema de riego tecnificado no permite el uso eficiente del agua en Chingazo San Jacinto, módulo 5.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

RIEGO TECNIFICADO

Para Carrazón (2007), el proyecto de riego tecnificado se basa en dos diseños: Agronómico e Hidráulico; así pues, Tarjuelos (2005), menciona que el diseño agronómico es la base fundamental del proyecto de riego, de hecho, tiene ciertas dificultades, tanto de tipo conceptual como de cuantificación de ciertos parámetros, previo al diseño agronómico, se realiza trabajos de campo con la finalidad de recopilar información e insumos primarias que tiene relación con aspectos de carácter social y técnicos (relación agua, suelo, planta y clima) (Maldonado, 2014).

2.1 Estudios previos al diseño agronómico

2.1.1 *Componente social*

Para la FAO (2012) en muchos países la economía agrícola varía en forma y fondo, cuya importancia relativa de la agricultura disminuye a medida que aumenta el PIB per cápita, en los países más pobres del mundo como el nuestro, la agricultura representa más del 30% de la actividad económica, según cifras de 2009, mientras en los países desarrollados la economía proveniente de la agricultura representa menos del 1.5% de la producción económica global, pues aquellos indicadores financieros permite realizar estudios con seriedad y responsabilidad, de hecho inmiscuyendo al recurso humano.

En todo proyecto de desarrollo socio económico el ente importante que juega un papel fundamental son los beneficiarios, que de ellos depende la permanencia o no y para cual se realiza un diagnóstico de carácter participativo y a esto se exige la inclusión de sostenibilidad, estos dos elementos, la participación y la sostenibilidad son característicos del diagnóstico de fincas agropecuarios que lo diferencian del diagnóstico convencional (García, 2009).

Mientras Caballero (2008), menciona que el diagnóstico socio económico tiene un principio sistémico que implica considerar la unidad de producción como un sistema que contiene múltiples y complejas interacciones entre agricultor – suelo – cultivo – animales - ambiente, por su puesto, para generar resultados debe someter un proceso muy complejo, cumpliendo con el esquema de

entrada, proceso y salida.

2.1.2 *Componente cultivo (biológico)*

El cultivo agrícola, son plantas que se pueden cultivar y cosechar extensivamente con fines de lucro o de subsistencia, aquellos productos agrícolas pueden referirse a las partes cosechadas o a la cosecha en un estado más refinado (Núñez, 2015). Mientras que para Maldonado (2014) el cultivo agrícola sometido a riego tecnificado permite conocer al mínimo detalle las características de las plantas, como: la especie a cultivar, fases fenológicas, la profundidad radicular, ciclo de cultivo y coeficiente de cultivo.

Especie a cultivar: Cada especie tienen variedades que cumplen las características propias desde la germinación, emergencia, crecimiento y desarrollo, siendo unos precoces y otros tardíos, todo este proceso depende de los factores totalmente externos, sea de factores climáticos, aspectos culturales que se da al cultivo, riego oportuno y en cantidad necesaria y la nutrición adecuada y oportuna (Montiel, 2002).

Fases fenológicas: Fase fenológica de un cultivo, son etapas que atraviesa una planta durante el proceso de desarrollo, y en cada etapa el comportamiento de absorción de nutrientes y minerales son distintas (Carrazón, 2007), y en los cultivos se diferencian cuatro fases del cultivo (Demin, 2014), que son: inicial, desarrollo, media y maduración. Los días de cada fase fenológica son distintos para cada especie e inclusive de cada variedad (Carrazón, 2007), por tal razón es importante realizar estudios detallados y con mucha responsabilidad, debido que de esto depende cuanto, cuando y como regar.

Profundidad radicular: Según la FAO (2006), sugiere que al diseñar un sistema de riego no se considera toda la profundidad que alcance las raíces del cultivo, sino entre el 80 a 90% de la profundidad efectiva, porque es la zona más activa del sistema radicular. Además (Carrazón, 2007) menciona que en parcelas con varios cultivos la profundidad radicular se considera el promedio para los cálculos de requerimiento hídrico.

Ciclo de cultivo: Es el proceso biológico de una planta que comprende desde la siembra hasta el fin de la maduración y posterior cosecha, se divide en subperíodos vegetativos y reproductivos delimitados por las fases fenológicas que muestran el cumplimiento de distintas etapas en el desarrollo de la planta, el ciclo depende de factores externos, tal es la fertilización, riego, temperatura del ambiente, entre otros (Tarjuelo, 2012).

Coefficiente de cultivo: A partir de las fases fenológicas se obtiene el coeficiente de cultivo (Kc) y a partir de esto se determina la Et del cultivo. El Kc es un valor adimensional que describe las variaciones de la cantidad de agua que son extraídas del suelo por las plantas, a medida de estas se van desarrollando desde la siembra hasta la cosecha, el Kc varía según el tipo de cultivo y según su estado de desarrollo y en parcelas con varios cultivos se debe calcular el Kc ponderado (Monje, 2018).

2.1.3 Componente edáfico (suelos)

Para Fernández (2010) el suelo constituye el soporte físico para las plantas y les proporciona tanto el agua como los elementos nutritivos disueltos en ella, es un material poroso, compuesto principalmente por: fracción sólida (partícula mineral de diferente forma y tamaño), y fracción porosa (aire y agua), por ello obliga realizar un estudio muy detallado de todas sus propiedades físicas.

Textura del suelo: Los suelos están compuestos de partículas minerales de arena, limo y arcilla, las cuales se diferencian básicamente en su tamaño y forma, la proporción que exista de cada uno de estos grupos define la textura del suelo y su porosidad. Estas características físicas de un suelo son las que determinan la forma y cantidad en que el agua aplicada con un riego es absorbida, infiltrada y redistribuida (Carrazón, 2007).

Según Fontova (2011) la absorción y retención de agua en el suelo depende de la textura y la presencia de materia orgánica, en general, un suelo arenoso o franco arenoso conocidos suelos livianos o de textura gruesa, tiene gran capacidad para absorber el agua e infiltrarla hasta zonas más profundas, de forma que cuando las raíces de las plantas tratan de extraer el agua de dichos poros no encuentran mucha dificultad para hacerlo.

En tanto Fernández (2010) menciona, que, en el otro extremo, los suelos arcillosos o franco arcillosos, llamados también suelos pesados o de textura fina, tienen una porosidad muy alta pero los poros son muy pequeños, esto hace que la absorción e infiltración del agua desde la superficie hacia zonas más profundas sea muy lenta. Estos suelos presentan una elevada capacidad de retención de agua, y de poca infiltración, son suelos que no tienen buena aireación y es frecuente encontrar problemas de encharcamiento.

Profundidad efectiva de riego: El volumen de agua almacenado por cada tipo de suelo va a ser aprovechado de distinta manera en función del propio cultivo, de su superficie foliar (% de sombreado) y del desarrollo y la profundidad efectiva de su sistema radicular. Este es el motivo por el que debemos considerar estos aspectos para determinar los volúmenes de agua precisos a aportar en los distintos riegos y la frecuencia de los mismos ya que en la mayoría de los cultivos

herbáceos la profundidad efectiva de las raíces se encuentra entre 50 y 100 cm (Maldonado, 2014).

Densidad aparente: Para Tarjuelo (2012) la densidad aparente es una medida de la porosidad del suelo, se determina dividiendo el peso de suelo seco entre el volumen total, de modo que un mayor valor de densidad aparente significa menor porosidad y se mide en gramos sobre centímetro cubico, esta propiedad es muy importante porque determina la compactación y la facilidad de circulación de agua y aire, la densidad aparente de un suelo arenoso oscila entre 1.55 – 1.90 y el suelo arcilloso entre 1.20 – 1.30 g cm⁻³, esta variación depende de la presencia de materia orgánica y la labranza del mismo.

Capacidad de infiltración: Para Consorcio Tracasa – NIPSA (2014) la infiltración es el proceso por el cual el agua de la superficie de la tierra entra en el suelo, esta infiltración del agua, en la ciencia del suelo se denomina tasa de infiltración, es una medida de la tasa a la cual el suelo es capaz de absorber la precipitación o la irrigación y se mide en milímetros por hora.

La tasa de infiltración es una de las características del suelo más importantes para el diseño, operación y evaluación de sistemas de riego, por ende, es imprescindible realizar ensayos con mucha responsabilidad (Carrazón, 2007). Concomita CONGOPE (2016) la tasa de infiltración se expresa en mm h⁻¹ y depende de los siguientes factores: contenido en humedad del suelo, el agua se infiltra más rápido en suelos más secos; textura del suelo, la tasa de infiltración es mayor en suelos arenosos que en arcillosos; estructura del suelo, se infiltra más rápido en suelos bien estructurados que en suelos compactados.

En diseño agronómico se debe tomar en cuenta que la infiltración siempre debe ser superior a la pluviometría de los emisores de aspersion o de goteros, caso de no ocurrir se provocaría encharcamiento o escorrentía, generalmente esto sucede en suelos pesados, mientras que, en suelos arenosos y franco arenosos nunca se da el encharcamiento y escorrentía, si fuese posible soporta hasta la pluviometría de los pivotes (aspersores grandes) (Demin, 2014).

2.1.4 Contenido de agua en el suelo

La humedad del suelo influye en muchas propiedades físicas, tales como la densidad aparente, espacio poroso, compactación, penetrabilidad, resistencia al corte, consistencia, succión total de agua y color del suelo. La humedad del suelo es muy dinámica y depende del clima, vegetación, profundidad del suelo, y de las características y condiciones físicas del perfil, y el contenido se puede expresar de tres maneras distintas, (Montiel, 2002).

En altura de lámina de agua: Para Maldonado (2014) el agua contenida en un volumen de suelo (el volumen total, el de las partículas del suelo más el de los poros) también puede expresarse en altura de lámina de agua. Supongamos una porción de suelo de 1 m² de superficie y 1 m de

profundidad (un volumen de 1 m³), si se sacara el agua contenida en ese metro cubico de suelo y se acumularía sobre la misma superficie, alcanzaría una altura y esta lamina se expresa en mm.

Humedad volumétrica: Es el contenido de agua en el suelo relacionado el volumen de agua con el volumen total de suelo, generalmente se calcula como un porcentaje del volumen total del suelo, prácticamente entre los dos tiene una relación inversamente proporcional entre el volumen de agua con el volumen de suelo, siempre el volumen de agua será inferior al volumen de suelo (Carrazón, 2007).

Humedad gravimétrica: Es la humedad del suelo como el peso de agua en relación con el peso de las partículas sólidas. Se debe considerar las densidades del agua y del suelo, siendo 1 kg l⁻¹ y 1.5 t m⁻³. La humedad gravimétrica es la manera más estandarizada de expresar el contenido de agua en suelo, y la conversión entre la humedad volumétrica y la humedad gravimétrica solo depende de una sencilla ecuación (Calvache, 2012).

Niveles de humedad del suelo: Para Núñez (2015), el nivel de humedad del suelo es la proporción de agua en los poros del suelo y su disponibilidad para las plantas, esta es de gran importancia debido a que el agua constituye un factor determinante en la formación, conservación, fertilidad y productividad del mismo, así como para la germinación, crecimiento (primario y secundario) y desarrollo de las plantas cultivadas, y se menciona los siguientes niveles.

- ✓ **Capacidad de campo:** Es un nivel de humedad que se consigue dejando drenar el agua de un suelo saturado, este contenido de agua supone la mayor cantidad de agua que el suelo puede llegar a un punto en que el drenaje es tan pequeño que el contenido de agua del suelo se estabiliza y es ideal para crecimiento de cualquier cultivo, se expresa en porcentaje de volumen de agua, la cantidad de agua.
- ✓ **Punto de marchitez permanente:** Si el suelo no recibe un nuevo aporte de agua, la evaporación y la extracción por parte de las raíces hacen que el agua almacenada disminuya hasta llegar a niveles donde las plantas ya no puedan extraer por más esfuerzos que estas hagan y si esto continua las plantas llegan a marchitar y terminar con su vida.
- ✓ **Saturación:** Tras una lluvia intensa o un riego abundante, todos los poros del suelo se llenan desplazando el aire, haciendo que las plantas se asfixien, posterior a la terminación de riego o lluvia parte de agua se infiltra y percola gracias a la acción de gravedad, este fenómeno en suelos arenosos dura unas cuantas horas y en suelos arcillosos duran de dos a tres días.

2.1.5 Componentes climáticos (atmosférico)

El clima es uno de los factores más importantes que induce la pérdida de agua del suelo y las plantas hacia la atmósfera, aquel fenómeno es conocido con el nombre de evapotranspiración (Et), y las variables climáticas que actúan directamente en este proceso son la radiación, la temperatura del aire, la humedad atmosférica y la velocidad del viento, estas variables hacen posible para que el agua existente en suelo se pierda hacia la atmósfera (FAO, 2006).

La Et de referencia de cultivo será la suma del agua contenida en el suelo que es utilizada por las plantas en el proceso de transpiración, y la evaporación del agua del suelo que rodea a la planta, la Et de un cultivo representa la cantidad de agua utilizada por la planta y su entorno, y se estima entre 6 al 10% de agua suministrada forma parte de la biomasa de la planta y el resto (90 al 94%) se pierde por Et, de esto la transpiración constituye el 80 al 90% de la Et terrestre (Muñoz, 2015).

Para Carrazón (2007) el agua perdida por la absorción de las plantas y Et se repone por el riego y la lluvia, estas aguas una parte llega al suelo y la otra parte quedan retenido en forma de gotas sobre las hojas o sobre la superficie del suelo, ésta es la parte de agua que se evapora con total facilidad, el resto del agua se almacena y el exceso se infiltra hacia las profundidades del suelo. Menciona (Maldonado, 2014) que el agua perdida por Et se debe cuantificar para su reposición de no hacerlo, el cultivo se verá afectado en su productividad. Según (FAO, 2006).

Para reponer el agua perdido y dejar disponible a los cultivos es imprescindible determinar la Et de cultivo, previo a esto se determina la Et de referencia, se parte de una serie de información agroclimática de las estaciones meteorológicas más cercana, la serie para precipitación debe ser al menos 30 años atrás y para otras variables por lo menos 15 años, tiempos inferiores a este genera información no tan confiable (García, 2001).

Según Santos (2010) para determinar la Et de referencia se utiliza la ecuación de Penman - Monteith que se ajusta más a la realidad debido a que considera las cinco variables agroclimáticas más importantes y de mayor envergadura: temperatura máxima, temperatura mínima, humedad relativa, velocidad del viento y la radiación solar y para determinar la Et de referencia se utiliza el software cropwat.

Es importante mencionar que la cobertura de una estación meteorológica es de 50 km, para mayor seguridad se considera el 50% de diámetro en zonas de planicies y en zonas de topografía irregular la cobertura se disminuye, (Carrazón, 2007). Y en lugares distantes de la estación meteorológica se recomienda realizar las interpolaciones de varias estaciones circundantes utilizando algunas técnicas (FAO, 2006), el más utilizado para estos casos es el método de la distancia inversa ponderada (IDW).

De acuerdo con Andrade (2013) se recopila y revisa las series mensuales de todas las variables

de las estaciones meteorológicas a ser consideradas, con información tomada de los anuarios del INAMHI y de las series disponibles del período comprendido entre 15 y 30 años, si bien es cierto algunas estaciones cuentan con información en unidades que obliga realizar algunas transformaciones para tener en una sola unidad, y cuyo procedimiento es el siguiente:

Primero, el Análisis, selección y desarrollo de los métodos de interpolación de datos espaciales; y, diseño del Sistema de Información Climático para el manejo de la base de datos. Segundo, se debe ingresar las coordenadas del punto de estimación de las características del clima, la búsqueda de estaciones, la selección del método de interpolación, el ingreso de datos adicionales en función del método de interpolación priorizado. Tercero, la presentación de resultados, el procedimiento de interpolación utilizado es el método de ponderación de distancia inversa (IDW).

Paz (2015), menciona que una vez determinado la E_t de referencia a través de la interpolación, se somete a determinar el K_c y finalmente con estos dos insumos se calcula la E_t de cultivo. El K_c se varía según la cantidad de agua que extrae del suelo a medida que se va desarrollando, desde la siembra hasta la recolección, dentro de este proceso se diferencian cuatro estados vegetativos o fases del cultivo y el valor de K_c irá variando a lo largo de las fases:

La fase inicial; comprende desde la siembra hasta que existe un 10% de cobertura del suelo; fase de desarrollo: desde el 10% de cobertura hasta la cobertura máxima, lo cual sucede habitualmente en el momento de la floración; fase media: entre la floración y el inicio de la madurez, cuando las hojas comienzan a amarillar y caer y los frutos a madurar; fase de maduración: va desde la madurez hasta la recolección.

2.1.6 Componente agua

La calidad del agua de riego es fundamental para la elección del método de riego, su manejo y el cultivo a implantar, esto determina las sales que se encuentran en ella, y dependerá de la naturaleza de éstas y de sus concentraciones, (Carrazón, 2007), a continuación (López, 2003), menciona los principales problemas relacionados con el uso de aguas salinas: reduce la disponibilidad de agua para los cultivos, provoca el encharcamiento de agua, genera toxicidad a los cultivos, obstruye los emisores, corroe el sistema de conducción.

Para Tarjuelo (2012) los cationes y aniones que componen las sales solubles que dan lugar a la salinidad del agua son: sodio (Na^+), calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}), potasio (K^+), cloruro (Cl^-), sulfato (SO_4^{2-}), nitrato (NO_3^-), bicarbonato (HCO_3^-), en caso de encontrar con estas aguas se debe realizar la neutralización y en caso de no obtener el objetivo se deberá descartar estas aguas.

Según Maldonado (2014) la tolerancia relativa de los cultivos agrícolas a la salinidad son las siguientes: los cultivos tolerantes a la salinidad son: cebada (*Hordeum vulgare* L.), zanahoria

(*Daucus carota*), remolacha (*Beta vulgaris*), centeno (*Secale cereale*), tuna (*Opuntia ficus*); limón (*Citrus limon*), alfalfa (*Medicago sativa*) los cultivos moderadamente sensibles son: haba (*Vicia faba*), maíz (*Zea Mays*), y girasol (*Helianthus annuus*); cultivos moderadamente tolerantes son: frejol (*Phaseolus vulgaris*), avena (*Avena sativa*), trigo (*Triticum durum*).

2.2 Diseño agronómico

Este componente tiene que ver con el cuándo y cuánto regar, además consiste en dimensionar la superficie máxima de cada unidad, así como su intervalo y tiempo de riego a partir de la lámina de diseño, el tiempo de operación, número de emisores por planta, para llegar finalmente a conocer la capacidad requerida del sistema; en caso de no coincidir con la capacidad disponible se deben realizar los ajustes correspondientes (CONGOPE, 2016). Y el diseño agronómico se desarrolla en tres fases:

2.2.1 *Estimación de las necesidades de agua de los cultivos*

Para Carrazón (2007) la estimación de la necesidad del agua se fundamenta en: cálculo de la precipitación confiable al 75%; cálculo de la precipitación efectiva; obtención de los datos de cultivo necesarios para dibujar las curvas del factor Kc; cálculo de la Et de referencia de varios cultivos existente en la zona de estudio; cálculo de Et de cultivo y de las necesidades netas de riego máximas.

2.2.2 *Determinación de los parámetros de riego: dosis, frecuencia o intervalo entre riegos, duración del riego, número de emisores por postura, caudal necesario.*

Para Monje (2018) el cálculo de parámetros de riego se fundamenta en: información del suelo referente con las características físicas; profundidad efectiva de raíces de cultivos existente; cálculo del agua utilizable; dosis neta de riego; máximo intervalo de riego; dosis neta ajustada; dosis bruta de riego; tiempo de aplicación; necesidades brutas de agua; Área regable o caudal necesario; selección de emisor de salida (micro aspersor).

2.2.3 Disposición de los emisores en el campo

Según Ojeda (2015) la elección de la ubicación de los aspersores, micro aspersores y/o goteo, es un apartado de suma importancia, en el momento de proyectar un riego a fin de obtener una óptima y regular distribución del agua en la superficie a regar, se deberá tener una especial atención para asegurarse que toda la superficie a regar queda efectivamente cubierta, las áreas irregulares, presencia de árboles, arbustos, construcciones, imponen un ajuste en la ubicación de los aspersores, generando figuras geométricas irregulares o de formas no perfectamente congruentes con lo visto hasta ahora.

Fernández (2010), recomienda actuar con poco de subjetividad a la hora de ubicar los aspersores y de escoger la separación adecuada entre ellos, respetando al máximo posible las distancias marcadas por las características dadas por el fabricante. No se debe escatimar tiempo en reflexionar sobre las posibles soluciones (nunca es única), ya que una buena elección y distribución de los emisores hará que nuestra instalación sea económica y eficaz, es decir, se debe buscar la solución más económica de las que cumplan con las necesidades demandadas por las plantas.

La elección de los emisores apropiados para que genere la uniformidad durante el riego, que cubra área considerable, que proporcione la flexibilidad durante el cambio de posición de la tubería en sistemas de riego a presión móvil está en función de varios parámetros, principalmente: área a regar; forma geométrica del predio, la textura del suelo, tipo de cultivo o plantación a regar, caudal y presiones disponibles (Carrazón, 2007).

2.3 Diseño hidráulico a nivel parcelario

Para Fernández (2010), en el diseño hidráulico se determinarán las dimensiones de todos los componentes de la instalación de riego, de forma que se pueda aplicar el agua suficiente para los cultivos durante cualquiera de sus fases de desarrollo; otro objetivo es conseguir que la aplicación del agua en forma de lluvia sobre el suelo sea suficientemente uniforme, con todo ello se podrán obtener buena producción con el menor gasto de agua, es preciso, sin embargo, hacer una importante anotación, el valor de uniformidad de aplicación que se utilizara en el proceso de diseño hay que elegir previamente.

Para tener la uniformidad adecuada, se debe realizar una instalación de riego que ahorrará agua e incrementará la producción de los cultivos, lo que siempre es necesario, pero también será mayor el costo de instalación ya que las presiones deberán ser más uniformes, mayores los diámetros de

tuberías, será necesarios reguladores de presión, así pues, habrá que llegar a un equilibrio, eligiendo una uniformidad suficientemente elevada que permita aprovechar el agua que permite obtener buena producción, sin que el costo sea excesivo, el coeficiente de uniformidad (CU) elegido deberá ser mayor o igual al 75% (Carrazón, 2007).

Según Calvache (2012) para lograr una buena uniformidad de aplicación del agua será necesario que la presión en todos los aspersores a lo largo del ramal de aspersión sea similar, como ya se ha comentado anteriormente, el agua perderá presión a su paso por las tuberías, en las conexiones, piezas especiales, lo que se conoce como pérdida de carga, también se perderá presión si la tubería es ascendente, mientras ganará presión si es descendente.

De acuerdo con Gavilánez (2019), debido a las pérdidas de carga y a las pendientes, se producirá una diferencia de presión entre los diferentes ramales porta aspersores colocados a lo largo de una tubería secundaria y entre distintos aspersores de un mismo ramal, para que las diferencias de presión dentro del mismo ramal sean la menor posible, se intentará colocar los ramales paralelo a las curvas de nivel o bien ligeramente descendentes; en cualquier caso, los ramales de aspersión deben instalarse paralelos a las líneas de cultivo.

Otra recomendación consiste en colocar los ramales paralelos a los linderos o caminos más largos, con la finalidad que la instalación quede mejor distribuida, que siempre genere una buena uniformidad y para que se cumpla con estas expectativas es conveniente que la diferencia de caudal entre el aspersor que suministra menor cantidad de agua y el que más suministra no sea mayor que el 10% del caudal medio de todos los aspersores de cada ramal (Ojeda, 2015).

2.3.1 Selección del material de la tubería

Seis son criterios fundamentales que orienta la selección del material del sistema de riego parcelario: la diferencia de altura, derechos de paso, profundidad de terreno, disponibilidad de mano de obra, topografía de terreno, y el presupuesto con que cuenta el proyecto, solo por decir en cruce de ríos o quebradas queda muy bien la tubería polietileno totalmente de bajo costo en comparación al de aluminio, galvanizado o PVC, al menos este último a la intemperie se cristaliza (Gavilánez, 2019).

2.3.2 Necesidad de presión dinámica

Según Carrazón (2007), menciona, no obstante, que al igual que en el diseño agronómico, el proceso de diseño hidráulica es iterativo, siendo a veces necesario regresar a un paso anterior para

reiniciar el cálculo desde allí, y la ecuación que utiliza para determinar la pérdida de carga (hf) singular y principal es la de Hazen – Williams, esta es la fórmula universal de la hidráulica.

$$hf = 10.672 * \frac{L}{D^{4.871}} * \frac{Q^{1.852}}{C^{1.852}} \quad [1]$$

Dónde:

hf = pérdida de carga (m)

L = longitud de la tubería (m)

D = diámetro interior (m)

Q = caudal de circulación ($m^3 s^{-1}$)

C = coeficiente de pérdida (depende del material a utilizar)

2.3.3 Colocación de reguladores de presión

Para Monje (2018), en sitios donde la presión del agua es muy elevada se puede realizar la construcción de cajas rompe presión (CRP) o la instalación de reguladores de presión con la finalidad de reducir y proveer la presión adecuada a los micro aspersores, caso de no hacerlo se corre peligro que se revienten las tuberías de más adelante y pueden explotar y volar los emisores, ya sea los aspersores o micro aspersores.

2.3.4 Válvulas de aire y de limpieza

Se coloca las válvulas en los puntos altos del sistema con el fin de eliminar el aire que se retiene el sistema, caso de no hacerlo se presentarían problemas con la pérdida de presión y velocidad del fluido, cuyo objetivo de la válvula de aireación es equilibrar la presión y evitar el desifonamiento de los aparatos sanitarios, es decir, la pérdida del volumen de agua del sifón, cuando la descarga finaliza la válvula se cierra impidiendo que el agua se regrese (Ojeda, 2015).

2.3.5 Plano final

La elaboración del plano final de diseño hidráulico se realizará con el uso del software apropiado para este diseño, dicho plano deberá contener los polígonos de predios, las elevaciones, distancias

acumuladas de tubería, los ramales, los elementos hidráulicos, las tuberías de distintos diámetros, los emisores seleccionados, los turnos diarios y los turnos semanales (Carrazón, 2007).

2.4 Identificación de variables

Las variables dependientes e independientes importantes del sistema de riego Los Chingazos, son: las características edáficas, climáticas, los cultivos, rendimientos, caudal de precipitación artificial.

2.5 Operacionalización de variable

Son las especificaciones de las actividades necesarias para medir una variable, el cuadro siguiente nos muestra.

Variable Dependiente	Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Definición de los indicadores	Criterio de medición	Técnica	Instrumento	Escala
Contenido de Humedad a Capacidad de Campo (CC)	Es el almacenamiento máximo de agua en suelo, que ocurre después 24 horas de haber drenado el agua contenida en los macroporos, por acción de la gravedad.	*Volumen (mm/10 cm suelo) *Porcentaje (%)	Contenido de humedad de un suelo	Contenido de humedad de un suelo, expresado en porcentaje o volumen	Porcentaje Volumen	Se obtiene a partir de información primaria y secundaria	Para recolectar muestras de suelo se requiere: azadón, Funda plástica, Balanza, Estufa	N/A
Contenido de Humedad a Punto de Marchitez Permanente (PMP)	Es la cantidad de agua del suelo atrapada a una presión mayor al cual las plantas son incapaces de extraer y demuestra la marchites.	*Volumen (mm/10 cm suelo) *Porcentaje (%)	Contenido de humedad de un suelo.	Contenido de humedad del suelo expresado en porcentaje o volumen	Porcentaje Volumen	Se obtiene a partir de información primaria y secundaria	Para recolectar muestras de suelo se requiere: azadón, Funda plástica, Balanza, Estufa	N/A
Análisis físico y químico del suelos.	Permite determinar la densidad aparente, densidad real, la textura, la estructura y los contenidos de macro y microelementos.	*Porcentaje * Partes por millón (ppm) *Kilogramos por hectárea (Kg/Ha)	Densidad aparente, densidad real, la textura, la estructura y los contenidos de macro y microelementos.	Fuentes imprescindibles para el desarrollo del cultivo	Contenido de partículas del suelo y de los elementos químicos.	Recolección de muestras y análisis en laboratorio	Para recolectar muestras de suelo se requiere: azadón, Funda plástica, Balanza.	Alto, Medio, Bajo

Producción agrícola	Es el resultado de la explotación de la tierra para obtener bienes.	Kilogramos (Kg)	Producción sobre unidad de superficie	Es la cantidad de producto en bruto (sin clasificar) obtenido por unidad de análisis y por unidad de tiempo.	Cantidad de producción	Levantar información en campo.	*Encuestas. *Sistematización de resultados.	N/A
---------------------	---	-----------------	---------------------------------------	--	------------------------	--------------------------------	--	-----

2.6 Matriz de Consistencia

Formulación del Problema	Objetivo General	Hipótesis	Variable Dependiente	Indicadores	Técnica	Instrumento
Las condiciones climáticas y edáficas muy adversas obligan a realizar el uso eficiente del agua y para esto es necesario realizar el diseño agronómico e hidráulico.	Elaborar el Diseño Agronómico del sistema de riego parcelario para el proyecto Chambo-Guano, fase II, para la comuna Chingazo Modulo N° 5, parroquia La Matriz, cantón Guano, provincia Chimborazo.	El diseño agronómico e hidráulico parcelario es una herramienta básica para la gestión del riego en el proyecto de la comuna Chingazo, modulo N° 5.	Análisis físico y químico de suelos.	Contenido de micro y macro elementos, la porosidad, la textura.	Recolección de muestras y análisis en laboratorio	Palas, fundas y laboratorio
			Patrón de cultivos	*Superficie de un determinado cultivo en la zona. *Porcentaje	*Encuestas *Visitas de campo *Actualización	Encuestas, Hoja de cálculo
			Contenido de Humedad a Capacidad de Campo (CC)	Contenido de humedad de un suelo a Capacidad de Campo	Recolección de muestra de suelo.	Azadón, Funda plástica, Balanza, Estufa
			Contenido de Humedad a Punto de Marchitez Permanente (PMP)	Contenido de humedad de un suelo a Punto de Marchitez Permanente	Recolección de muestra de suelo.	Hoja de cálculo

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1 Caracterización del área en estudio

3.1.1 *Ubicación Política.* El lugar en estudio está ubicado en:

Provincia:	Chimborazo
Cantón:	Guano
Parroquia:	La Matriz
Sector:	Chingazo San Jacinto – módulo 5

3.1.2 *Ubicación geográfica*

El módulo 5 está situado en Chingazo San Jacinto y geográficamente de acuerdo a las coordenadas proyectadas en UTM, WGS 84, zona 17 S está situada sobre la coordenada de referencia de:

X: 768,133.0

Y: 9'820,694.0

3.1.3 *Ubicación climática de la zona*

Según Holdridge (2000) ecológicamente basada en zona de vida, el área en estudio corresponde a Estepa Espinoza Montano Bajo (eeMB), debido a sus elementos climáticos, que a continuación se detalla:

Altitud:	2,662 msnm
Temperatura mínima anual:	8.3 °C
Temperatura máxima anual:	20.2 °C
Precipitación media anual:	438 mm
Radiación solar media anual:	5.3 h
Velocidad media del viento:	4.9 m s ⁻¹

3.1.4 Área de riego

El módulo 5 de Chingazo San Jacinto comprende de 35.9382 ha, que corresponde al área de riego a presión, estas áreas se subdividen en bloques, con la finalidad de realizar un manejo apropiado de operación y mantenimiento del sistema; además, estos bloques facilitan el suministro de agua por turnos, que a su vez estos permiten aplicar con una frecuencia de 8 días y la duración depende del cultivo a establecer, (Figura 1-3).

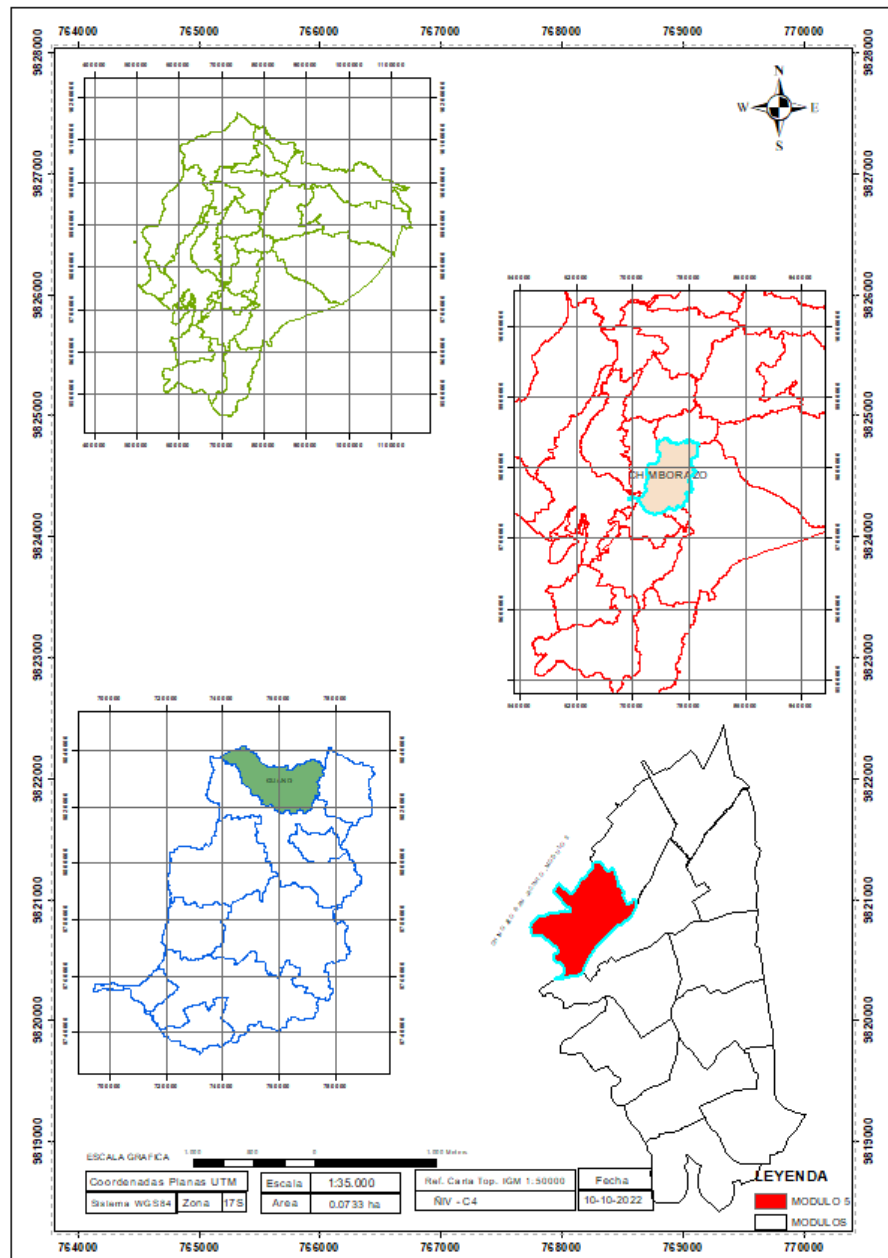


Figura 1-3. Ubicación geográfica del módulo 5

3.2 Materiales

Los materiales y equipos utilizados en la presente investigación de diseño agronómico e hidráulico a nivel parcelario, son las siguientes:

- ✓ Barreno
- ✓ Infiltrómetro de doble anillo
- ✓ Software de diseño hidráulica
- ✓ Tubería
- ✓ Accesorios de tubería
- ✓ Muestras de suelo
- ✓ Muestras de agua
- ✓ Gps trimble
- ✓ Clinómetro

3.3 Metodología

La metodología utilizada engloba el desarrollo de la presente investigación que se basa en una caracterización de todos los aspectos relacionadas a los factores: agua, suelo, clima y cultivo, la finalidad es determinar el impacto positivo del proyecto de riego tecnificado en dos fases: la primera es el diseño agronómico y el hidráulico y la segunda fase es la ejecución del mismo. A continuación, se describe y se determina el método, tipo, nivel y diseño de investigación.

a. Método de investigación

El método que se utilizó es el **científico** aplicado por (Quezada, 2015) que se caracteriza por ser reflexiva, sistemática y metódica para obtener información relevante y fidedigna orientada a entender, corregir y aplicar conocimientos que permitan cristalizar haciendo que algo subjetivo se convierta en objetivo, que orienta a resolver muchas complicaciones y problemas sociales.

b. Tipo de investigación

La investigación es **aplicada** tomada de (Quezada, 2015), que emplea los conocimientos teóricos para conocer, actuar, construir y modificar el valor universal. Se considera de carácter aplicada

debido que el presente proyecto recibe conocimientos del campo agronómico y sus factores que se relacionan mutuamente, Además, estos se relacionan con los elementos hidráulicos.

c. *Nivel de investigación*

Para determinar el nivel de investigación del presente trabajo se tomó de (Quezada, 2015) que establece el nivel **explicativo** para poder diseñar un riego tecnificado por micro aspersión que permitirá optimizar un 70% el recurso hídrico, con una eficiencia de 75% a 85%. Además, admitirá la optimización de costos de mano de obra, el uso eficiente del agua de riego.

d. *Diseño de investigación*

Según Quezada (2015), el diseño de investigación corresponde al **cuasi- experimental** porque permite dimensionar el diseño hidráulico, diseño agronómico que admite la manipulación de variable climáticos como: la temperatura máxima, temperatura mínima, humedad relativa, velocidad de viento, radiación solar, y la precipitación. como se muestra en la figura 2-3.

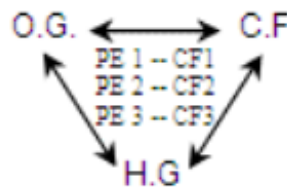


Figura 2-3. Diseño: Cuasi Experimental – demostrativa

Dónde:

OG: Objetivo General

CF: Conclusión Final

HG: Hipótesis General

OE1: Objetivo Especifico 1

CP1: Conclusiones Parcial 1

Los parámetros que se consideró en el presente trabajo, son: los cultivos que adapten a los factores edáficos, y climáticos predominantes en la zona de influencia, a más de los factores naturales, también la evaluación socio económico de los beneficiarios están considerados en este acápite, que permitirá determinar el impacto positivo del proyecto de riego tecnificado compuesto en dos fases: el diseño y estudio, ejecución, este último no se abordará en nuestra investigación.

3.3.1 Estudios base

Para definir la técnica apropiada de riego en el módulo 5 ubicado en Chingazo San Jacinto, se determinó las diferencias de desnivel del módulo, posterior a esto, se realiza la sectorización, el catastro, estudios socioeconómicos a través de encuestas a los beneficiarios directos del proyecto, esta última variable se realizó para determinar los ingresos económicos pre y post de la ejecución del proyecto. Además, en este acápite se realizó las encuestas de cultivos existente en el área de estudio para obtener la cedula de cultivo.

3.3.2 fase de diseño y estudio

Para esta fase se tomó la metodología de Calvache (2012), donde menciona que, para establecer el riego tecnificado de mucha durabilidad y sostenibilidad se debe considera los tres componentes imprescindibles, el primero es la parte social que relación directa de los beneficiarios del proyecto, el segundo es el diseño agronómico que permite conocer de cuanto, cuando y como regar agua en cultivo, y el tercero el diseño hidráulico a nivel parcelario que permite dimensionar y determinar el diámetro y longitud de tuberías.

3.3.2.1 Estudio socio – económico de los beneficiarios del sistema de riego Chingazo San Jacinto, módulo 5

Diagnostico participativo

El diagnostico socio económico actual de la zona de intervención se basa en la metodología recomendada por León (2005), en la que se recopiló información de carácter primaria a través de la encuesta a una muestra que representará a toda la población, aquella muestra se obtiene utilizando la técnica estadística del muestreo aleatorio simple, esta técnica se encaja muy bien para población grande, pero de carácter finito y cuantitativo, con esto se ahorra en costo y tiempo, para obtener aquella información se utilizó la matriz de la (Tabla 1-3).

Tabla 1-3. Matriz de encuesta socio económico

a. Información básica de la localidad

Encuestador (a): _____
 Fecha de Entrevista: ____/____/____ Hora _____
 Departamento: Provincia: Distrito:
 Dirección: _____
 Persona Entrevistada (jefe del hogar): Padre () Madre () otro_____

b. Información sobre la vivienda

1.- Uso: Sólo vivienda () Vivienda y otra actividad productiva asociada ()

2.- Tiempo que viven en la casa año(s) meses

3.- Tenencia de la vivienda

 Propia () ¿Cuánto vale su Vivienda?

 Alquilada () ¿Cuánto paga al mes? S/.

 Alquiler Venta () ¿Cuánto paga al mes? S/.

4.- Material predominante en la casa

 Adobe () Madera () Material noble () Quincha ()

 Estera () Otro

5.- Posee energía eléctrica si () No () ¿Cuánto paga al mes? \$.

6.- Red de agua si () No () ¿Cuánto paga al mes? \$.

7.- Red de desagüe si () No () ¿Cuánto paga al mes? \$.

8.- Pozo séptico/Letrina/Otro si () No ()

9.- Teléfono si () No () ¿Cuánto paga al mes? S/.

10.- Apreciaciones del Entrevistador

 a. La vivienda pertenece al nivel económico: Alto (...) Medio () Bajo()

 b. La zona en que está ubicada la vivienda pertenece al nivel económico:

 Alto () Medio () Bajo ()

c. *Información sobre la familia*

11.- ¿Cuántas personas habitan en la vivienda? _____

12.- ¿Cuántas familias viven en la vivienda? _____

13.- ¿Cuántos miembros tiene su familia? _____

Parentesco	Edad	Sexo	Grado de instrucción	¿Sabe leer y escribir?	¿Trabaja ? (E/P)	¿A qué se dedica?
		F M				
		F M				

14.- ¿Número de personas de la familia que actualmente buscan empleo? _____

15.- ¿Cuántas personas trabajan en su familia? _____

16.- Detallar el salario de los integrantes de la vivienda

Pariente	Mensual
Abuelo(a)	_____
Padre	_____
Madre	_____
Hijo(a)	_____
Hijos mayores de 18 años	_____
Hijos menores de 18 años	_____
Pensión/ Jubilación	_____
Otros Ingresos. (rentas, giros, etc.)	_____
Total, Mensual/Familia en Soles (\$)	

17.- ¿Cuál es la distribución del gasto de la familia? Total, anual/familiar

Gasto	Mes (\$.)
a. Energía eléctrica	
b. Agua y desagüe	
d. Teléfono	
c. Alimentos	
d. Transportes	
e. Salud	

f. Educación	
g. Combustible	
h. Vestimenta	
i. Vivienda (alquiler)	
j. Otros	
Total	

El formato de encuesta antes mencionado permitió encontrar las siguientes variables: a) vivienda y hogar, b) salud, c) fecundidad, d) uso de tiempo (agrícola, pecuario, o una combinación de estos), e) educación, f) servicios básicos, g) fuentes de ingresos, h) las costumbres, aquellas variables consultadas permitirá conocer con certeza sobre la situación actual de los habitantes que serán impactadas por el proyecto.

Para obtener la información socio económica y agronómica del área de estudio, se realizó visitas en el sector en cada una de las viviendas. y aquellas encuestas se realizó por muestreo a partir de una población finita, se empleó esta técnica con la finalidad de ahorrar recurso económico y recurso tiempo, y la siguiente ecuación [2] permite obtener un número que no distorsiona el resultado deseado, es como que se hubiese realizado a toda la población:

$$n = \frac{NZ^2 * p * q}{e^2(N - 1) + NZ^2 * p * q} \quad [2]$$

Dónde:

n = tamaño de la muestra

N = tamaño de la población

Z = nivel de confianza, al 96%

p = porcentaje de la población que tiene el atributo deseado

q = porcentaje de la población que no tiene el atributo

e = error de estimación máximo aceptado. Referido a la amplitud del intervalo de confianza deseado en la determinación del valor promedio de la variable en estudio.

3.3.2.2 Diseño agronómico

Se basa en principio emitido por, Carrazón (2007), se realizó el recorrido del área correspondiente al módulo 5 de Chingazo San Jacinto, para verificar los diferentes cultivos existentes; para tomar muestras de suelos que posteriormente serán enviadas al laboratorio para su análisis físicas y químicas; además, se reconocerá las vías que servirán para conducir las tuberías.

Es importante recurrir a la información secundaria que se adquiere en las estaciones agrometeorológicas más cercanas al lugar de estudio, aquellas estaciones facilitan obtener información acerca del clima (temperatura máxima y mínima, humedad relativa, radiación solar, velocidad de viento y precipitación), y las estaciones recurridas para este estudio son: estación meteorológica de la ESPOCH, Aeropuerto – Riobamba (código M0057) y Pungales (código M0243).

3.3.2.2.1 *Factor suelo*

a. *Recolección de la muestra de suelo*

Siguiendo el procedimiento emitido por (Calvache, 2012), la recolección del suelo para el análisis físico y químico se realizó de la siguiente manera: el módulo 5 se divide en tres partes, la parte baja, media y alta, con el fin de homogenizar y poder tomar las muestras al azar, y dentro de cada división se toma sub muestras en zig zag, haciendo unas pequeñas calicatas en V de profundidad que va desde 0-20 cm para cultivos anuales y en frutales entre 20-40 cm de profundidad.

Además, se siguió las recomendaciones de la (FAO, 2006), donde menciona que la extracción de muestras se realiza 24 horas posterior al riego, estas sub muestras se mezcla muy bien para obtener una muestra compuesta de aproximadamente 1 kg colocados en fundas herméticamente selladas y etiquetadas para enviar al laboratorio para su análisis físico, químico, humedad a capacidad de campo, el punto de marchites permanente, contenido de materia orgánica, pH, conductividad eléctrica, densidad aparente y porosidad.

b. *Análisis de suelo en laboratorio*

En el laboratorio se determinó las propiedades físicas del suelo, como: la humedad a capacidad de campo, humedad a punto de marchites permanente, densidad aparente, textura, porosidad entre otros, y la técnica utilizado en la cuantificación es el gravimétrico. Las ecuaciones utilizadas para determinar las propiedades del suelo son las que se enuncia a continuación:

✓ **Capacidad de campo:**

$$\%CC = (Psh - Pss) * Pss \quad [4]$$

Dónde:

CC = capacidad de campo en %

Psh = peso del suelo húmedo

Pss = Peso del suelo seco

✓ **Punto de marchitez permanente**

$$\%PMP = \%CC * 0.74 - 5 \quad [5]$$

Dónde:

PMP = punto de marchitez permanente

CC = capacidad de campo

✓ **Densidad aparente**

La densidad aparente se determinó a partir de la muestra recolectada para determinar las propiedades físicas y químicas, esta muestra se llevó a secar en una estufa a 110° C durante 24 horas o hasta obtener un peso constante, se determinó la humedad, el volumen del cilindro midiendo el diámetro interno y la altura del mismo, y el resultado se expresa en mega gramos por metro cúbico (Mg m⁻³).

✓ **Textura**

La textura se determinó siguiendo la técnica analítica de Bouyoucos, que consiste en pesar 50g de suelo seco, se pasa a un Erlenmeyer adicionando 10 ml de dispersante, se deja reposar durante unos minutos y se agita por 2 horas. La suspensión del suelo se vierte en el cilindro de 1000 ml, con agua destilada se llevó el nivel del agua hasta la marca inferior del cilindro con el hidrómetro en el interior, se agitó vigorosamente y se sumergió el hidrómetro, a los 40 segundos se tomó la lectura del hidrómetro y la temperatura, se dejó el recipiente en reposo que no se perturbe la solución y pasadas 2 horas se volvió a tomar las lecturas.

3.3.2.2.2 *Infiltración*

El procedimiento para determinar la infiltración básica del suelo del módulo 5 se realizó con mucho conocimiento, responsabilidad y mucha seriedad con el fin de obtener resultados certeros, y cuyo proceso fue el siguiente:

- a. Se seleccionó un lugar representativo del terreno, se limpió y despejó el sitio sin disturbar el suelo, sacando hojas, pasto u otros elementos que impidieran el flujo normal del agua.
- b. Se emplazó los cilindros enterrándoles entre 7 a 10 cm de la forma más vertical posible, para esto se ubicó una tabla sobre el cilindro y luego se martilló en forma pareja por todo su borde.
- c. Se ubicó la regla verticalmente en el anillo interior para medir el nivel del agua y fijar con

cinta adhesiva la regla al cilindro.

- d. Se cubrió el interior del cilindro con una bolsa de plástico, para amortiguar la caída de agua y no alterar el fondo del suelo, vaciar los bidones o baldes con el agua que normalmente se usa para riego, hasta que el nivel del agua quede entre 15 a 20 cm.
- e. Se registró inmediatamente el tiempo y nivel de agua, al principio, los intervalos de tiempo entre dos mediciones son más frecuentes (uno o dos minutos), luego es posible distanciar este intervalo en función de la tasa de descenso observada en el cilindro.
- f. Se continuó registrando hasta que la tasa de descenso se haya estabilizado y la variación entre dos medias sucesivas sea inferior a 10%.
- g. La lectura se registró según la (Tabla 2-3), y se calcularon láminas parciales infiltradas, lámina acumulada, tiempo parcial y acumulado, así como también los valores de relleno al valor constante de lámina. Para la determinación de estas informaciones se utilizaron las ecuaciones.

Tabla 2-3. Indicadores de toma de datos en prueba de infiltración de agua en el perfil del suelo.

Tiempo			Lámina de agua (cm)		Lámina acumulada (f)	Infiltración instantánea (g)
Hora (a)	Diferencia (b)	Acumulado (c)	Lectura (d)	Diferencia (e)		
	Minuto	Minuto			mm	mm h ⁻¹

Fuente: FAO 56. 2018.

Procesamiento de información de campo

A partir de la información obtenida en campo, y mediante ajuste por mínimos cuadrados en la hoja de cálculo, se graficó los datos usando un modelo de tendencia exponencial, (función “Agregar línea de tendencia”) con este se obtienen los parámetros empíricos del modelo de Kostiakov para las ecuaciones de velocidad de infiltración instantánea y de Infiltración acumulada, así como también sus respectivos coeficientes de determinación, el procedimiento se

detalla a continuación.

- Una vez transcritos los datos de campo a una hoja electrónica, se seleccionó la columna “**Tiempo acumulado**” como variable independiente y luego la columna “**Velocidad de infiltración**” como variable dependiente, esto es, los valores de X en la primera y los valores de Y en la segunda columna.
- Para determinar la infiltración básica se utilizó la ecuación de Grassi, a continuación, se presentan ecuaciones que permitió obtener el resultado que sirven para obtener el resultado:

$$I_{acum} = At^B \quad [6]$$

Dónde:

I_{acum} = Infiltración acumulada (mm)

A = Constante que depende de la estructura inicial del suelo (en seco), es la lámina que se infiltra en el primer instante mayor que cero (mm)

t = tiempo de infiltración (hora)

B = constante que depende de la estabilidad de la estructura del suelo frente al agua, que está entre 0 y 1

$$l_i = at^b \quad [7]$$

Dónde:

l_i = infiltración instantánea (mm h⁻¹)

a = A. t. 60

-b = t - 1

$$A = \frac{a}{((b + 1) * 60)} \quad [8]$$

$$B = (b + 1) \quad [9]$$

$$I_{basica} = a(-600b)^b \quad [10]$$

Dónde:

I básica = infiltración básica (mm h⁻¹)

3.3.2.2.3 Factor agua

La determinación del contenido de agua en el suelo se expresó en altura de lámina de agua, este es el método utilizado para el estudio y a continuación se detalla. Para calcular la lámina de agua contenida en el suelo, se vierte un determinado volumen de agua, el cual es distribuido en una determinada área de terreno, aquella distribución se realiza uniformemente con la finalidad de formar una lámina de agua, y esta lamina se mide con una regla graduada y esta lamina se expresa en milímetros (mm), matemáticamente se representa con la siguiente ecuación:

$$mm = \frac{V (L)}{A^2} \quad [11]$$

Dónde:

mm = lámina de agua

V = volumen de agua en litro

A = área de suelo en metros cuadrados

3.3.2.2.4 Factor planta (cultivo agrícola)

Para el análisis de la demanda de agua y del componente planta o cultivo se estudió las fases fenológicas y los coeficientes de cultivo en cada etapa y desarrollo de cada cultivo; además, cuando existe varios cultivos obligadamente se debe realizar el cálculo de coeficiente de cultivo ponderado y generalmente en estudios de esta naturaleza existen varias especies cultivares, y para ello:

- a. Se determinó el área de intervención de investigación.
- b. Se determinó área de cada especie cultivada.
- c. Se consiguió el coeficiente de cultivo de cada especie cultivado en aquella área de investigación.
- d. Por último, se calculó el coeficiente de cultivo ponderado, utilizando la ecuación siguiente.

$$Kc \text{ ponderado} = \frac{\text{Área 1} * Kc1 + \text{Área 2} * Kc2 + n}{\text{Área 1} + \text{Área 2} + n} \quad [12]$$

Dónde:

K_c ponderado = K_c ponderado mensual

K_c = K_c mensual

- e. Además, para ajustar el K_c ponderado se utilizó el método de Hargreaves que tiene relación con el ciclo de cultivo y los meses de siembra y de cosecha, la ecuación 11 permite determinar.

$$K_c = 0,01335 + 0,04099 * \text{©} - 0,00040 * \text{©}^2 \quad [13]$$

Dónde:

K_c = coeficiente de cultivo

© = etapa de cultivo

Para determinar la **profundidad de las raíces** de cultivos inmersos dentro de área de investigación, se realizó las siguientes actividades: se marcó el área de intervención, se identificó los cultivos, se hizo la excavación de las calicatas con el fin de medir la profundidad de raíces de cada cultivo, este procedimiento se efectúa cuando existe la cédula de cultivo, y por último se determinó la profundidad radicular promedio, que para el cálculo de demanda de agua de los cultivos servirá esta información obtenida.

3.3.2.2.5 *Factor clima*

Para determinar la pérdida de agua del suelo es importante utilizar la información de las tres estaciones meteorológicas más cercanos al módulo 5, aquellas variables de este factor son: temperatura mínima, temperatura máxima, velocidad máxima, radiación solar y porcentaje de humedad relativa, para obtener la información más confiable se siguió la metodología propuesta por Andrade (2013), que recomienda realizar lo siguiente:

- a. Se recopiló el historial de 30, 26 y 25 años respectivamente de la información climática de las tres estaciones meteorológicas, ESPOCH, Aeropuerto – Riobamba (código M0057) y Pungales (código M0243).
- b. Con la información obtenida en el ítem anterior se determinó la evapotranspiración de referencia y la precipitación al 60% de ocurrencia de cada estación por el método de Penman Monteith, utilizando el software Cropwat.
- c. A continuación, la información de E_t de referencia y la precipitación de las tres estaciones, se interpoló utilizando el software apropiado para este efecto, cuyo proceso se realizó utilizando la metodología sugerida por (Rodríguez, 2033), y a continuación se detalla:
 - Una vez obtenida la información de E_t de referencia de cada estación meteorológica se ingresó

en la hoja de cálculo las coordenadas, los valores de Et de referencia y nombres de las estaciones meteorológicas, posterior a esto.

- Utilizando el software de sistema de información geográfica se cortó el polígono a nivel del módulo de nuestra investigación, debido a que la interpolación se realizó a partir de este polígono.
- Hoja de trabajo de software de sistema de información geográfica debe estar abierto para importar el archivo de hoja de cálculo, de hecho, el archivo debe estar con extensión tipo csv (delimitado por comas).
- Una vez importado el archivo de hoja de cálculo en software de sistema de información geográfica, dirijo al search, se escribió *IDW*, seleccionando *IDW (Spatial Analyst) (tool)* de inmediato apareció un cuadro, que en la primera pestaña se importó el archivo de hoja de cálculo guardado en csv, en la segunda pestaña por defecto salió X y ahí se escogió los meses de enero a diciembre en forma independiente, y en la tercera pestaña se puso el nombre del archivo en este caso int_ene y así para cada mes, y en lugar donde se va a guardar, posterior a esto se dirigió al Environments, y en processing extent y same as display ok y ok.
- En search se escribió mask, y se escogió extract by mask (spatial analyst) (tool), de inmediato aparece un cuadro y en la primera ventana se puso el archivo interpolado en el ítem anterior, en la segunda ventana se arrastró el polígono del módulo, se realizó esto con la finalidad de cortar la información de evapotranspiración a nivel del módulo, y en la tercera ventana se direccionó el lugar en donde se guardó y el nombre, en este punto de procedimiento ya se obtiene el valor de evapotranspiración de referencia interpolado con los valores máximo, promedio y mínimo.

La información de evapotranspiración de referencia obtenida a través de la interpolación sirve para determinar la evapotranspiración de cultivo por medio de la ecuación N° 12, de hecho, a esto se multiplica el coeficiente de cultivo.

$$Etc = ETo \times Kc \quad [14]$$

Dónde:

Etc = evapotranspiración de cultivo

Eto = evapotranspiración de referencia

Kc = coeficiente de cultivo

Una vez determinado la evapotranspiración de cultivo y la precipitación, se calculó el balance hídrico mensual, por su puesto la información utilizada de este componente corresponde a una serie histórica de entre 15 a 30 años, y posteriormente se realizó la operación aritmética de

diferencia entre la oferta menos la demanda hídrica, para esto se utilizó la hoja de cálculo.

3.3.2.3 Cálculos de los parámetros de riego

Para determinar todos los parámetros de riego se siguió el procedimiento propuesto por Waldo (2015) donde menciona que el proceso de las variables climáticas por distintos métodos y técnicas se expone para determinar la cantidad de agua utilizable de acuerdo al cultivo y la textura del suelo, dosis de riego, la frecuencia de riego, tiempo de riego, información que obtiene a partir de la relación de suelo, agua y planta, para determinar todos estos parámetros agronómicos se utilizó las ecuaciones específicas y presentadas a continuación:

- ✓ Cálculo del agua utilizable

$$AU = 10 * (CC - PMP) * da * Pr \quad [15]$$

Dónde:

AU = agua utilizable

CC = capacidad de campo

PMP = punto de marchitez permanente

da = densidad aparente

Pr = profundidad radicular

- ✓ Dosis neta de riego

$$Dn = DPM * AU / 100 \quad [16]$$

Dónde:

Dn = dosis neta de riego

DPM = déficit permisible de manejo

AU = agua utilizable

- ✓ Máximo intervalo entre riegos

$$Im = Dn / Nn \quad [17]$$

Dónde:

Im = máximo intervalo entre riegos

Dn = dosis neta en mm

Nn = necesidad neta en mm/día

Se debe tomar en cuenta que el resultado de esta ecuación es el intervalo máximo agrónomicamente, el cual podrá ser menor si así lo estime convenientemente.

✓ Dosis neta ajustada

$$Dn_{aj} = I * Nn \quad [18]$$

Dónde:

Dn_{aj} = dosis neta ajustada

I = intervalo

Nn = necesidad neta

Esta ecuación proporcionó el volumen de agua por cada metro cuadrado.

✓ Dosis bruta de riego

$$Db = 100 * Dn_{aj} / Ea \quad [19]$$

Dónde:

Db = dosis bruta en mm

Dn_{aj} = dosis neta ajustada

Ea = eficiencia de aplicación de riego, siendo 75% para riego por aspersión, 90% para riego por goteo y 50% para riego por inundación.

✓ Tiempo de aplicación

El tiempo de aplicación depende de dos factores: tasa de infiltración básica del suelo y la pendiente del terreno

$$Ta_{min} = \frac{100 * Db}{Ib * fp} \quad [20]$$

Dónde:

Ta_{min} = tiempo de aplicación mínimo

Db = dosis bruta

Ib = infiltración básica del suelo

Fp = factor de pendiente, siendo el factor de 100% para pendientes entre 0 – 8%, 80% para pendiente de 9 – 20%, y 60% para pendiente mayor a 20%.

✓ Necesidades brutas

$$Nb = 100 * Nn / Ea \quad [21]$$

Dónde:

Nb = necesidad bruta en mm

Nn = necesidades netas en mm

Ea = eficiencia de aplicación de riego

✓ Área regable o caudal necesario

- Esta ecuación permitió calcular el caudal mínimo necesario para regar una superficie dada.

$$Qm = \frac{Nb * S}{3600 * tos} \quad [22]$$

Dónde:

Qm = caudal mínimo en ls^{-1}

Nb = necesidad bruta en $mm d^{-1}$

S = superficie regable en m^2

Tos = tiempo de operación del sistema.

- Superficie máxima regable con una caudal dado.

$$Sm = \frac{3600 * tos * Q}{Nb} \quad [23]$$

Dónde:

Sm = superficie máxima de riego en m^2 .

Qm = caudal mínimo en ls^{-1}

Nb = necesidad bruta en $mm d^{-1}$

Tos = tiempo de operación del sistema.

✓ Selección del aspersor

La topografía, la textura del suelo y el tipo de cultivo del módulo 5 de Chingazo San Jacinto obligó a elegir micro aspersores que requieren de presión de trabajo y caudal muy bajo, y en este horizonte se selecciona el micro aspersor mini-wobbler toda la información acerca de este accesorio está en catálogo.

✓ Cálculo del tiempo de aplicación

$$Ta = \frac{Db}{Pluv asp} \quad [24]$$

Dónde:

Ta = tiempo de aplicación (h)

Db = dosis bruta en mm

$Pluv\ asp$ = pluviometría del aspersor en $mm\ h^{-1}$

✓ Superficie por postura

$$S_{post} = n_{asp} * S^2 \quad [25]$$

Dónde:

S_{post} = superficie de postura en m^2

n_{asp} = número de aspersores

S^2 = superficie en m^2

✓ Numero de posturas por día

$$n_{post} = t_{os}/t_a \quad [26]$$

Dónde:

n_{post} = número de postura

t_{os} = tiempo de operación del sistema

t_a = tiempo aplicación.

✓ Superficie regada por día

$$S_d = S_{post} * n_{post} \quad [27]$$

Dónde:

S_d = superficie regada en m^2

S_{post} = superficie por postura en m^2

n_{post} = número de postura.

3.3.2.4 Diseño hidráulico a nivel parcelario

La metodología utilizada para realizar el diseño hidráulico a nivel parcelario fue la siguiente:

El diseño hidráulico a nivel parcelario permite determinar el dimensionamiento de las redes de tuberías (terciarias y laterales) que le componen adecuándose a las características de los micro aspersores para su buen funcionamiento. Se propuso una metodología de paso a paso con el fin de proporcionar con más claridad a la explicación, el proceso de diseño hidráulico es iterativo,

siendo a veces necesario regresar a un paso anterior para reiniciar el cálculo desde allí.

El método utilizado es el inductivo, inició de lo particular con el levantamiento de información de una muestra representativa de la población, con la finalidad de enmarcar la metodología a lo general, en un aspecto de escalamiento para dar a los regantes una herramienta para la gestión de recursos que serían los diseños tanto agronómicos como hidráulicos.

- Para realizar el diseño hidráulico a nivel parcelario se contó con las curvas de nivel, polígonos de áreas, estos deben estar en extensión DXF.
- Además, se contó con diseño agronómico, en donde se determinó el tipo y espaciamiento de los aspersores, el emisor seleccionado posee un rango de operación expuesto por el fabricante y se debe garantizar estas presiones en el diseño.
- Con toda esta información el diseño hidráulico se realizó bajo la metodología de “lote por lote” e incluso aquellos predios de gran extensión se sub dividió con el fin de abaratar los costos colocando tubos y elementos hidráulicos de menor diámetro, toda esta operación se realiza gracias al software específico de diseño hidráulico.
- Los parámetros hidráulicos considerados son: Caudales de consumo (10% de variación), Velocidades máximas y mínimas de línea terciaria (0.66 – 2.5 m/s), Presión de carga calculada por el método de Hazen – Williams, Los diámetros y espesor de tuberías se consideró de acuerdo a los caudales, velocidades y presiones.
- El caudal de diseño se definió por los aforos en el proyecto y en base a las necesidades de riego, y se dividió equitativamente por área, el mismo no debe ser superior al caudal autorizado por el Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica. En base al emisor seleccionado en el diseño se determinó el caudal de consumo a nivel parcelario y los accesorios disponibles en el mercado local. Los hidrantes tuvieron la capacidad suficiente para abastecer del caudal de diseño a cada una de las parcelas y de acuerdo a los turnados de riego, el diámetro mínimo no fue inferior a una pulgada.
- El cálculo hidráulico se realizó desde el emisor hacia los hidrantes y no viceversa.
- Realizado este proceso se obtuvo como resultado, los accesorios que requiere aquel sistema de riego tecnificado, tales como: las tuberías con sus diámetros apropiados, con su respectivo timbraje, diámetro nominal, en conclusión, se obtuvo el presupuesto de funcionamiento del sistema de riego tecnificado.

3.3.2.5 Estudio agro-económico

Se trabajó bajo la propuesta de dos escenarios, sin proyecto (sin riego tecnificado) y con proyecto (con riego tecnificado). En el primer momento se trabajó con grupos focales, aquellos eran los

usuarios del sistema de riego, se hizo visitas en campo, entrevistas a agricultores y se determinó información de producción agrícola, costos de producción, ingresos por concepto de venta de productos y egresos que comprende la alimentación, pago de servicios básicos, educación de los hijos, entre otros de acuerdo a la cédula de cultivos del módulo 5,

Para el escenario con proyecto se trabajó con supuestos argumentados mediante consulta y toma de datos de áreas similares con riego tecnificado, la metodología que se llevó a cabo fue la siguiente: levantamiento de información en el módulo 5, generación de una base de datos, elaboración de la cédula de cultivos, costos y beneficios agrícolas, generación de flujo de caja, que permite realizar la evaluación financiera de dos escenarios antes y después del proyecto y para esto se utilizó los indicadores financieros, tales como: la Tasa Interna de Retorno (TIR), El Valor Actual Neto (VAN), La Relación Beneficio-Costo (B/C).

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Estudio socio – económico de los beneficiarios del sistema de riego Chingazo San Jacinto, módulo 5

La situación socio - económica de los habitantes de Chingazo San Jacinto, se fundamentó en la población total de los habitantes que corresponde a 275 socios, y de estos la encuesta se realizó a 60 de acuerdo a la ecuación [2], y el resultado está en acápite siguientes, que detalladamente muestra las condiciones en las que viven, los ingresos, los egresos por concepto de gastos, los ingresos depende de las actividades enfocada en agricultura, ganadera, artesanía y migración temporal y diario.

4.1.1 Población actual de Chingazo San Jacinto – Población económicamente activa (PEA)

En Chingazos San Jacinto, el 77% de la población corresponde a la población económicamente activa (PEA), el 10% son niños y el 13% son adultos mayores al PEA; y del PEA el 45% son hombres y el 55% son mujeres, en mayor detalle se puede ver la (Tabla 1-4), en resumen se puede mencionar que en la comuna en estudio alrededor del 42.4% se dedica a la actividad agropecuaria en forma paupérrima, a pesar de ser una noble actividad. Es importante indicar que de acuerdo al INEC (2020), la población económicamente activa (PEA) es aquella comprendido entre 13 y 70 años.

Tabla 1-4. Porcentaje de habitantes de Chingazo San Jacinto.

Edad	Porcentajes
0 – 5	4
6 – 12	6
13 – 18	5
19 – 30	15
31 – 40	13
41 – 50	16
51 – 60	16
61 – 70	11
Mayor a 70	13

4.1.2 Ingreso económico de la población económicamente activa (PEA)

En Chingazo San Jacinto por medio de estudios de campo se obtiene el ingreso promedio mensual de 548.00 dólares siendo fruto de un arduo trabajo dedicado a la agricultura, ganadería, artesanía y migración, y los egresos mensuales bordea los 455.00, que haciendo una operación matemática se obtiene un beneficio de 93.00 dólares, en mayor detalle está descrita en la (Tabla 2-4). Sin embargo, el costo de canasta básica familiar de 751.00 dólares (INEC, 2022) comparado con ingreso económico de los habitantes del sector en estudio, a duras penas alcanza a cubrir algunas necesidades básicas.

Tabla 2-4. Ingreso promedio por habitantes de Chingazo San Jacinto

Actividad	Ingreso (\$)	Egresos (\$)
Agricultura	73.00	
Ganadería	75.00	
Artesanía	100.00	
Migración	300.00	
Alimentación		130.00
Educación		60.00
Salud		10.00
Vestuario		30.00
Servicios básicos		15.00
Transporte		50.00
Mantenimiento agrícola		50.00
Mantenimiento pecuario		40.00
Materia Prima para artesanía		70.00
Total	548.00	455.00
Saldo		93.00

4.1.3 Áreas de suelo con aptitud agropecuaria en Chingazo San Jacinto

Sector Chingazo San Jacinto cuenta con 202.0000 ha de suelos entre topografías planas e inclinadas, de esta superficie el 2% corresponde a las construcciones y vías, del total de área del sector en estudio el 39.4494 ha (área bruta) corresponde al módulo 5 entre caminos y construcciones a esto se resta 3.5112 ha, quedando área neta para la elaboración del diseño de riego parcelario de 35.9382 ha, además muestra que existen 275 consumidores de agua con área de predios promedio de 3000 m² (Tabla 3-4). En este contexto la PEA tiene oportunidad de contar con empleo.

Tabla 3-4. Área de suelo con aptitud agropecuaria de Chingazo San Jacinto – módulo 5.

Chingazo San Jacinto	Área (ha)	Consumidores	Caudal (L s ⁻¹ /ha)
	202.0000	275	91.00
Módulo 5	35.9382		12.58†

† se determina considerando el caudal ficticio (dotación) de 0.35 L s⁻¹ ha⁻¹

4.1.4 Destino de suelos a distintas actividades agrícola

En Chingazo San Jacinto se determinó que los suelos están en uso con cultivos permanentes, transitorios, pastos (alfalfa) y otros están en descanso – recuperación, en porcentajes de 19, 24, 24 y 33 respectivamente. Los suelos cultivados, el 67% no reciben riego, mientras el 33% reciben riego, con aguas provenientes de diversos orígenes: 33% compran a tanqueros, 19% de pozos de agua, 14% se benefician del sistema de riego Chambo Guano.

En este estudio se obtiene una información muy interesante acerca del agua siendo un recurso no renovable y su demanda se incrementa a diario en forma geométrica, por ende, su uso debe ser de forma eficiente, apropiado y oportuno. Así pues, se determinó que del 33% de cultivos que recibe riego, el 29% practican riego por goteo, riego por microaspersión 33%, riego por gravedad 5%.

4.2 Diseño agronómico

4.2.1. Cálculo de las necesidades netas de riego máxima

4.2.1.1. Factor agua

4.2.1.1.1. Precipitación caída en Chingazo San Jacinto

Siguiendo el enunciado por (Calvache, 2012) en cultivos de alto valor económico, se trabajó con precipitación al 90% de probabilidad, y para cultivos de poco valor económico como los granos básicos especialmente los cereales suelen recomendarse una probabilidad del 60%, y hasta 50% inclusive, además menciona, que la precipitación mayor a 67.00 mm mes⁻¹ no necesita de un riego extra.

Pues, en el caso la precipitación anual es ínfimo, a continuación, se determinó esta variable a partir de una serie de datos de 30, 26 y 25 años de las tres estaciones más cercanos al Chingazo San Jacinto y se interpolaron para el módulo 5, la interpolación al 60% de probabilidad obtuvo la

precipitación más alto de 43.50 mm mes⁻¹ para el mes de abril, y la más baja corresponde al mes de agosto con 12.65 mm mes⁻¹, (Tabla 4-4).

El presente resultado permite mencionar, que la precipitación que cae sobre el módulo 5, está por debajo del valor mínimo permitido para no recibir riego, por ende, de forma obligatoria se debe suplir las necesidades hídricas de los cultivos con riego oportuno y en cantidad necesaria, de no realizar esta actividad la producción y la productividad no se verá impactada positivamente.

Tabla 4-4. Precipitación mensual efectiva al 60 y 80%

Mes	Precipitación efectiva al 80% (mm mes⁻¹) de probabilidad	Precipitación efectiva al 60% (mm mes⁻¹) de probabilidad
Enero	26.20	19.65
Febrero	36.81	27.61
Marzo	48.48	36.36
Abril	58.00	43.50
Mayo	57.80	43.35
Junio	31.08	23.31
Julio	24.26	18.20
Agosto	16.86	12.65
Septiembre	24.09	18.07
Octubre	33.40	25.05
Noviembre	36.72	27.54
Diciembre	23.65	17.74

4.2.1.1.2. Análisis químico del agua que se utiliza en el sistema de riego Chingazo San Jacinto

El análisis químico del agua de riego de Chingazo San Jacinto arrojó los siguientes valores para carbonatos y hierro de 0.00 y 0.30 mg l⁻¹ respectivamente, al respecto el resultado emitido en la (Tabla 5-4) indica que el agua no tiene ningún problema para el uso agrícola. El análisis del agua se encuentra dentro del rango emitido por (INEN, 2003) y cuya disposición es que los valores del análisis del agua para uso agrícola deben ser inferior o igual al valor máximo permitido, los compuestos con mayores problemas en riego son los carbonatos y hierro, siendo el valor máximo de 0.1 mg l⁻¹ y 0.3 mg l⁻¹ respectivamente.

Tabla 5-4. Resultado de análisis del agua de riego

Ensayo	Unidad	Resultados			Promedio	Método	Valor Límite Permisible
		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3			
Grasas y Aceites	Presencia/Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	PE-AL-72 Método de referencia: NA	Ausencia
Coliformes fecales	NMP 100ml ⁻¹	350	<1.8	<1.8	117,87	PE/AL/24 Standard Methods Ed.23.2017	1000
Fluor	mg L ⁻¹	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	Espectrofotometría UV-Vis	1.0
Huevos de parásitos	Presencia/Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Observación microscópica	Ausencia
Materia flotante		Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	PE/AL/31 NMX-AA-006-SCFI-2000	Ausencia
Mercurio	mg L ⁻¹	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	PE/AL/10 EPA 3015 A, Rev. 1 2007	0.001
Nitritos	mg L ⁻¹	0.46	<0.04	0.2	0,23	PE-AL-41 Standard Methods Ed.23.20174500 NO2 B	0.5
Oxígeno disuelto	mg L ⁻¹	1.26	2.31	2.25	1,94	Standard Methods, Ed. 23. 2017, 4500-O G EPA	3
Potencial hidrógeno	unidades de pH	7.58	7.66	7.73	7,66	PE/AL/03 Standard Methods Ed.23.2017 4500 H+B	6_9
Sulfatos	mg L ⁻¹	12	11	<10.20	11,07	PE/AL/25 Standard Methods Ed.23.2017 4500 E SO4	250
Carbonatos	mg L ⁻¹	0	0	0	0	Volumétrico	—
Cloro residual	mg L ⁻¹	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	PE/AL/19 Standard Methods Ed.23.2017 4500 Cl-G	—
Aluminio	mg L ⁻¹	0.33	0.2	7.81	2,78	PE/AL/17 EPA 200.7 ICP-AES Rev.4.4 1994	5
Arsénico	mg L ⁻¹	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	PE/AL/17 EPA 200.7 ICP-AES Rev.4.4 1994	0.1
Berilio	mg L ⁻¹	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	PE/AL/17 EPA 200.7 ICP-AES Rev.4.4 1994	0.1
Boro	mg L ⁻¹	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	PE/AL/17 EPA 200.7 ICP-AES Rev.4.4 1994	0.75
Cadmio	mg L ⁻¹	<0.0008	<0.0008	<0.0008	<0.0008	PE/AL/17 EPA 200.7 ICP-AES Rev.4.4 1994	0.05
Cobalto	mg L ⁻¹	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	PE/AL/17 EPA 200.7 ICP-AES Rev.4.4 1994	0.01
Cobre	mg L ⁻¹	<0.006	<0.006	0.023	0,01	PE/AL/17 EPA 200.7 ICP-AES Rev.4.4 1994	0.2
Cromo	mg L ⁻¹	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	PE/AL/17 EPA 200.7 ICP-AES Rev.4.4 1994	0.1
Hierro	mg L ⁻¹	0.31	0.22	3.06	1,20	PE/AL/17 EPA 200.7 ICP-AES Rev.4.4 1994	5
Litio	mg L ⁻¹	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	PE/AL/17 EPA 200.7 ICP-AES Rev.4.4 1994	2.5
Magnesio	mg L ⁻¹	2.23	2.38	2.66	2,42	PE/AL/17 EPA 200.7 ICP-AES Rev.4.4 1994	—
Manganeso	mg L ⁻¹	0.007	0.010	0.11	0,04	PE/AL/17 EPA 200.7 ICP-AES Rev.4.4 1994	0.2
Molibdeno	mg L ⁻¹	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	PE/AL/17 EPA 200.7 ICP-AES Rev.4.4 1994	0.01
Niquel	mg L ⁻¹	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	PE/AL/17 EPA 200.7 ICP-AES Rev.4.4 1994	0.2
Plomo	mg L ⁻¹	<0.005	<0.005	0.008	0,01	PE/AL/17 EPA 200.7 ICP-AES Rev.4.4 1994	5
Selenio	mg L ⁻¹	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	PE/AL/17 EPA 200.7 ICP-AES Rev.4.4 1994	0.02
Vanadio	mg L ⁻¹	<0.006	<0.011	<0.011	<0.011	PE/AL/17 EPA 200.7 ICP-AES Rev.4.4 1994	0.1
Zinc	mg L ⁻¹	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	PE/AL/17 EPA 200.7 ICP-AES Rev.4.4 1994	2

4.2.1.1.3. Requerimiento de agua para la cedula de cultivo del módulo 5

Para el cálculo del requerimiento de agua cuando existen varios cultivos, se consideró al requerimiento más alto de un cultivo. El siguiente cuadro muestra detalladamente.

Tabla 6-4. Precipitación efectiva mensual al 60%

Necesidad Total (mm/día)													
Meses		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Cultivos:	Ha	Etc Cédula Cultivos mm/día											
Alfalfa	0.5348	0.92	1.19	2.10	2.12	1.90	3.04	3.27	3.64	3.08	2.06	0.96	-0.17
Frutilla	0.5348	0.92	1.19	2.10	2.12	1.90	3.04	3.27	3.64	3.08	2.06	0.96	-0.17
Limón	0.2674	0.92	1.19	2.10	2.12	1.90	3.04	3.27	3.64	3.08	2.06	0.96	-0.17
Maíz	1.3370	3.96	3.12	3.33	2.30	0.94	-0.49	-0.27	-0.48	-0.71	-0.95	0.97	2.61
Mora	0.8022	0.92	1.19	2.10	2.12	1.90	3.04	3.27	3.64	3.08	2.06	0.96	-0.17
Tuna	0.5348	0.92	1.19	2.10	2.12	1.90	3.04	3.27	3.64	3.08	2.06	0.96	-0.17
TOTAL	4.0109	8.54	9.05	13.84	12.89	10.47	14.73	16.07	17.70	14.71	9.34	5.79	1.76

El requerimiento más alto corresponde al mes de enero con 3.96 mm día⁻¹ para cultivo de maíz, entonces para el diseño agronómico cuando existe varios cultivos se utiliza este valor (Tabla 6-4).

4.2.1.2. Factor suelo

4.2.1.2.1. Propiedades físicas y químicas del suelo

El suelo proporciona tanto a los animales y vegetales nutrientes, oxígeno y agua; en caso de los nutrientes, existen suelos con presencia de macro y micro nutrientes en niveles altos, medios y bajos; además, algunos suelos tienen mayor capacidad de retener más agua que otros. Cuanto más gruesa es la textura menor son los porcentajes de agua en el suelo, tanto a la capacidad de campo, como en el punto de marchitez permanente y una buena estructura del suelo también aumenta la fracción de agua útil. Así, un suelo arenoso retiene la humedad a capacidad de campo entre 6 al 12%, y punto de marchitez permanente entre 2 al 6%.

Pues, el análisis físico del suelo realizado para este estudio, determinó que es un suelo franco arenoso, densidad aparente de 1.05 g cm⁻³, humedad a capacidad de campo de 7.44%, humedad a punto de marchitez permanente de 4.43%. en estos casos, (Demin, 2014), recomienda que en suelos de textura gruesa para mejorar la retención de humedad se incorpora materia orgánica a razón de 10 toneladas ha⁻¹.

En tanto, que los resultados referentes a los niveles de nutrientes son totalmente bajos, característico de un suelo de textura gruesa (Tabla 7-4). En este caso, es muy importante realizar

aplicaciones de enmiendas con el fin de suplir nutrientes en cantidades necesarias para un crecimiento y desarrollo correcto del cultivo.

Tabla 7-4. Análisis químico y físico promedio del suelo del módulo 5 de Chingazo San Jacinto.

Variable	Unidad	Método	Resultados				Nivel
			Parte baja	Parte media	Parte alta	Promedio	
K	meq 100 ⁻¹ g ⁻¹	Ac. Am	0.10	0.21	0.12	0.14	b
Ca	meq 100 ⁻¹ g ⁻¹	Ac. Am	3.80	4.60	3.90	4.10	a
Mg	meq 100 ⁻¹ g ⁻¹	Ac. Am	0.90	1.3	0.8	1.00	a
Cu	Ppm	Olsen modificado	1.00	2.00	2.00	1.67	m
Mn	Ppm	Olsen modificado	2.00	2.00	1.00	1.67	b
Zn	Ppm	Olsen modificado	1.00	1.00	1.00	1.00	b
pH		H ₂ O 1:25	7.05	7.37	7.59	7.34	Lig. Alcalino
M.O	%	W-B	1.87	2.35	1.84	2.02	b
C.E	Umhos cm ⁻¹	H ₂ O 1:25	0.15	0.55	2.25	0.98	No salino
NT	Ppm	Kjeldani	14.00	16.00	12.00	14.00	b
asimilable							
P	Ppm	Olsen modificado	1.70	1.28	1.60	1.53	b
Textura	%	Bouyoucos	f a	f a	f a	f a	
Humedad a	%	Gravimétrico	6.87	8.86	6.60	7.44	
CC							
Humedad a	%	Gravimétrico	4.10	5.30	3.90	4.43	
PMP							
Densidad	g cm ⁻³	Gravimétrico	1.64	1.48	1.49	1.54	
Real							
Densidad	g cm ⁻³	Gravimétrico	1.121	1.001	1.038	1.05	
aparente							
Porosidad	%	Calculo	31.65	32.36	30.34	31.45	

4.2.1.2.2. Infiltración básica

En tanto el suelo del módulo 5 del Chingazo San Jacinto, emite resultado de 71.58 mm h⁻¹ promedio de los tres ensayos, parte baja, media y alta, tal como muestra la (Tabla 8-4), además la figura 1-4, permite visualizar el comportamiento de la infiltración acumulada en función de tiempo, y esto genera la ecuación, que a partir de aquella ecuación se obtiene la velocidad de infiltración básica. Este resultado se corrobora con (Fernández, 2010) que menciona que suelos de textura franco arenoso es difícil de encharcar pese a la presencia de precipitaciones altas, por ende, se puede utilizar cualquier emisor en riego tecnificado.

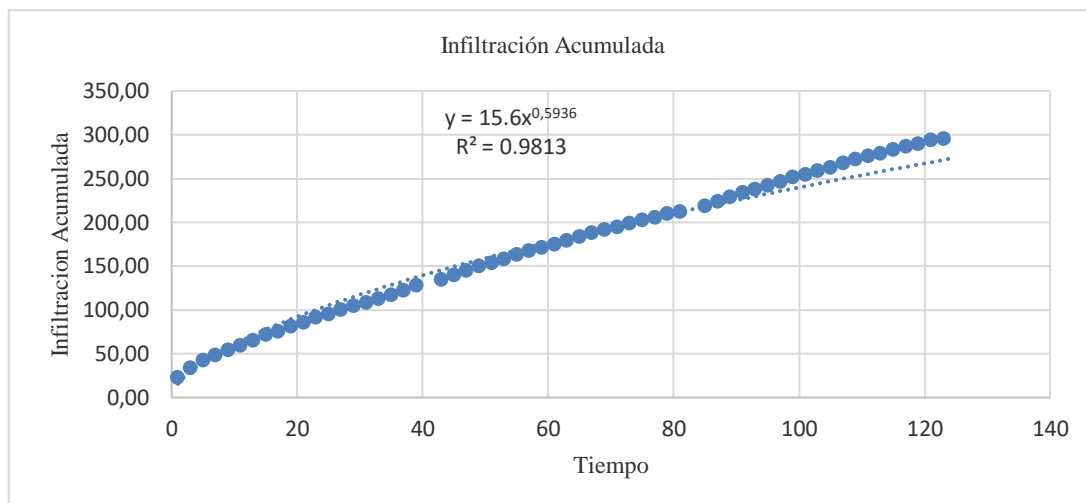


Figura 1-4. Infiltración acumulada esencia para determinar la infiltración básica

Tabla 8-4. Promedio de velocidad de infiltración básica del módulo 5 de Chingazo San Jacinto.

RESULTADO DE INFILTRACIÓN BÁSICA			
Velocidad de infiltración básica	Parte baja	94.37	mm h ⁻¹
	Parte media	59.52	mm h ⁻¹
	Parte alta	60.86	mm h ⁻¹

Promedio de velocidad de infiltración básica 71.58 mm h⁻¹

4.2.1.3. Factor planta

En módulo 5 de Chingazo San Jacinto, se encontró varios cultivos dentro de las 35.9382 ha de suelos con vocación agropecuaria y que están dentro del proyecto. Siendo los más representativos, indicada en la (Tabla 9-4) el maíz (*Zea mays*), seguido de mora, en iguales superficies entre la alfalfa, frutilla y tuna, también aparece limón, de esta gama de cultivos algunos son cultivos transitorios, cultivos perennes y cultivos semi perennes, unos reciben riego y otros no. Este es resultado de un diagnóstico participativo realizado a una muestra de la población.

Es importante mencionar que, aquellos cultivos de secano sometidos a riego la productividad se incrementa en forma increíble, pero, de hecho, se debe realizar un riego basados en principios técnicos, para lo cual es imprescindible conocer la profundidad de las raíces, y que cada cultivo tiene la capacidad de resistir al agotamiento de agua en el suelo (factor de secado), algunos soportan la presencia de agua en el suelo hasta el 30% y otros hasta el 80%, en la (Tabla 9-4) se presencia en forma detallada.

Tabla 9-4. Cultivos de mayor cobertura del módulo 5.

Número de cultivos	Cultivos	Superficie (m ²)	Superficie (ha)	Profundidad radicular (m)	Factores de secado
1	Alfalfa	5,347.88	0.5348	1.1	0.55
2	Frutilla	5,347.88	0.5348	0.3	0.30
3	Limón	2,673.88	0.2674	1.1	0.50
4	Maíz	13,369.88	1.3370	0.8	0.55
5	Mora	8,021.88	0.8022	0.8	0.50
6	Tuna	5,648.00	0.5348	0.6	0.80
Total		40,109.00	4.0109		

4.2.1.4. Factor clima (Información meteorológica)

Para suplir la necesidad de agua al cultivo es importante realizar estudios de precipitación y la evapotranspiración, estos dos elementos son antagónicos, el uno aporta y el otro pierde el agua del suelo. En tanto la (Tabla 10-4) indica que, la Et de referencia del módulo 5 es resultado de la interpolación de Et de referencia de las tres estaciones meteorológicas más cercanas al lugar de estudios.

Cuando no se tiene estación meteorológica cercana al lugar de influencia del proyecto, se realiza el proceso de interpolación de dos o más estaciones meteorológicas más cercanos y para este análisis se consideró 30, 26 y 25 años respectivamente de información de la ESPOCH, Aeropuerto – Riobamba (código M0057) y Pungales (código M0243), para la interpolación existe muchas metodologías y técnicas, en este caso se utiliza la de IDW con el software del sistema de información geográfica.

Tabla 10-4. Datos de Et de referencia de las tres estaciones meteorológicas para la interpolación.

Estación	x	Y	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
M0057	761223	9817103	138.35	117.95	126.85	119.26	114.44	108.22	115.71	127.3	124.63	133.02	133.62	136.42
M0243	770509	9824467	129.84	89.7	114.06	100.5	102.17	94.82	91.82	104.79	110.01	116.07	123.15	111.73
ESPOCH	757537	9817379	130.46	110.61	122.08	106.81	108.88	106.05	121.57	129.23	128.66	134.12	128.19	127.6

a. Determinación de Et de referencia

La Et de referencia es la pérdida de agua del suelo por la acción de las variables atmosféricas, tales como: la temperatura alta, temperatura baja, radiación solar, humedad relativa y velocidad del viento, por ende, la Et de referencia es totalmente distinto para cada zona y es influyente

directo en el crecimiento, desarrollo y producción agrícola, la (Tabla 11.4) indica los resultados de la Et de referencia del módulo 5.

Tabla 11-4. Evapotranspiración de referencia interpolado por el método IDW de las tres estaciones meteorológicas, mensual y diario.

Mes	Información meteorológica ESPOCH	Información meteorológica Aeropuerto (M0057)	Información meteorológica Pungales (M0243)	Eto por Penman-Monteith Interpolado 3 estaciones meteorológicas	Eto por Penman-Monteith Interpolado 3 estaciones meteorológicas
	mm/mes	mm/mes	mm/mes	mm/mes	mm/día
Enero	130.46	138.35	129.84	131.67	4.25
Febrero	110.61	117.95	89.70	97.70	3.49
Marzo	122.08	126.85	114.06	117.53	3.79
Abril	106.81	119.26	100.50	105.03	3.50
Mayo	108.88	114.44	102.17	105.40	3.40
Junio	106.05	108.22	94.36	98.43	3.28
Julio	121.57	115.71	91.82	99.83	3.22
Agosto	129.23	127.30	104.79	111.97	3.61
Septiembre	128.66	124.63	110.01	114.96	3.83
Octubre	134.12	133.02	116.07	121.44	3.92
Noviembre	128.19	133.62	123.15	125.84	4.19
Diciembre	127.60	136.42	111.73	118.48	3.82

b. Determinación de coeficiente de cultivo (Kc)

El coeficiente de cultivo se refiere a la resistencia del cultivo a la transferencia del agua y está relacionada con el área foliar, la cual a su vez es la cantidad de hojas por superficie del cultivo, los valores del Kc se determinan por diferentes métodos, en este estudio se utilizó el de Hargreaves para cada cultivo y para cada fase fenológico e inclusive para cada mes y estas se ajustaron a las condiciones locales. La (Tabla 12-4) detalla y muestran aquellos valores, siendo el valor más alto 1.06 para la mayoría de cultivo para el mes de junio.

Tabla 12-4. Coeficiente de cultivo por el método de hargreaves, este valor es adimensional.

Cultivos	Kc AJUSTADOS A LAS CONDICIONES LOCALES PARA LA CÉDULA DE CULTIVOS												
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
	ha	Kc	Kc	Kc	Kc	Kc	Kc	Kc	Kc	Kc	Kc	Kc	Kc
Alfalfa	0.5348	0.33	0.57	0.78	0.93	1.02	1.06	1.04	0.97	0.84	0.65	0.41	0.11
Frutilla	0.5348	0.33	0.57	0.78	0.93	1.02	1.06	1.04	0.97	0.84	0.65	0.41	0.11
Limón	0.2674	0.33	0.57	0.78	0.93	1.02	1.06	1.04	0.97	0.84	0.65	0.41	0.11
Maíz	1.3370	0.94	1.04	1.06	0.97	0.78	0.50	0.11	0.00	0.00	0.00	0.42	0.73
Mora	0.8022	0.33	0.57	0.78	0.93	1.02	1.06	1.04	0.97	0.84	0.65	0.41	0.11
Tuna	0.5348	0.33	0.57	0.78	0.93	1.02	1.06	1.04	0.97	0.84	0.65	0.41	0.11

c. *Determinación de Evapotranspiración de cultivo (Etc)*

La evapotranspiración del cultivo es el producto entre la Et de referencia por el coeficiente de cultivo y es el dato de partida para el diseño de los sistemas de riego, con este valor se determina el caudal de diseño que permite definir el equipo más económico que asegure el crecimiento potencial de los cultivos. La (tabla 13-4) indica el resultado mensual para cada cultivo, siendo el valor más alto 4.00 mm día⁻¹ es la pérdida del agua del suelo por día, que corresponde al mes de enero y para cultivo de maíz.

Tabla 13-4. Evapotranspiración de cultivo en mm día⁻¹

ETc (mm día ⁻¹)													
Meses		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Cultivos:	ha				Etc Cédula Cultivos mm día ⁻¹								
Alfalfa	0.5348	1.41	1.99	2.96	3.25	3.48	3.48	3.36	3.50	3.22	2.56	1.74	0.43
Frutilla	0.5348	1.41	1.99	2.96	3.25	3.48	3.48	3.36	3.50	3.22	2.56	1.74	0.43
Limón	0.2674	1.41	1.99	2.96	3.25	3.48	3.48	3.36	3.50	3.22	2.56	1.74	0.43
Maíz	1.3370	4.00	3.64	4.01	3.40	2.67	1.65	0.36	0.00	0.00	0.00	1.74	2.79
Mora	0.8022	1.41	1.99	2.96	3.25	3.48	3.48	3.36	3.50	3.22	2.56	1.74	0.43
Tuna	0.5348	1.41	1.99	2.96	3.25	3.48	3.48	3.36	3.50	3.22	2.56	1.74	0.43

d. *Necesidad neta de riego*

La necesidad neta de riego es conocido como el balance hídrico del agua, y es la diferencia entre la Et del cultivo menos la precipitación caída en el lugar de estudio, la precipitación para el efecto se considera al 60% de efectividad y para obtener la información ajustada de la precipitación se

realiza el mismo proceso que el de la evapotranspiración de referencia, la interpolación por el método IDW, a continuación, se muestra en la (Tabla 14-4) los resultados obtenidos precisamente del módulo 5, donde el déficit hídrico más alto de cédula de cultivo es 3.36 mm día⁻¹ que corresponde al mes de enero para el cultivo de maíz.

Tabla 14-4. Necesidad neta de agua de riego diario y para cada cultivo en estudio.

Necesidad Neta (mm día ⁻¹)													
Días		31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Meses		Ene	Febr	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Precipitación efectiva al 60%		19.65	27.61	36.36	43.50	57.80	23.31	18.20	12.65	18.07	25.05	27.54	17.74
Pef/día		0.63	0.99	1.17	1.45	1.86	0.78	0.59	0.41	0.60	0.81	0.92	0.57
Cultivos:	Ha				Etc Cédula Cultivos mm día⁻¹								
					1								
Alfalfa	0.5348	0.78	1.01	1.79	1.80	1.62	2.59	2.78	3.09	2.62	1.75	0.82	-0.14
Frutilla	0.5348	0.78	1.01	1.79	1.80	1.62	2.59	2.78	3.09	2.62	1.75	0.82	-0.14
Limón	0.2674	0.78	1.01	1.79	1.80	1.62	2.59	2.78	3.09	2.62	1.75	0.82	-0.14
Maíz	1.3370	3.36	2.65	2.83	1.95	0.80	-0.42	-0.23	-0.41	-0.60	-0.81	0.82	2.21
Mora	0.8022	0.78	1.01	1.79	1.80	1.62	2.59	2.78	3.09	2.62	1.75	0.82	-0.14
Tuna	0.5348	0.78	1.01	1.79	1.80	1.62	2.59	2.78	3.09	2.62	1.75	0.82	-0.14
TOTAL	4.0109	7.26	7.69	11.77	10.96	8.90	12.52	13.66	15.05	12.50	7.94	4.92	1.50

A continuación, se presenta la (Figura 2-4) donde permite visualizar el comportamiento entre la Et de cultivo y la precipitación efectiva al 60%, siendo claro que en estas condiciones climáticas y edáficas de Chingazo San Jacinto la precipitación en ningún mes del año supera la pérdida de agua desde el suelo, esto hace que el riego es imprescindible para tener una buena producción agrícola.

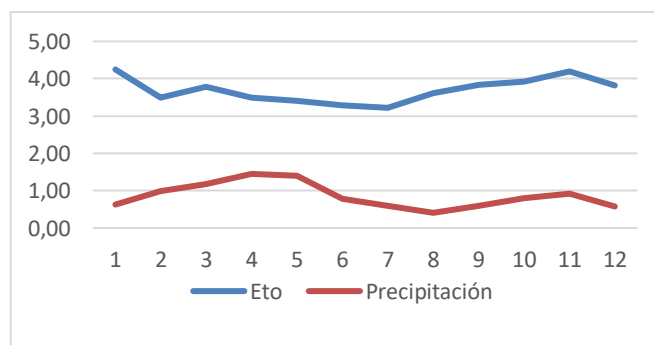


Figura 2-4. Balance hídrico determinado entre Et de cultivo Vs precipitación.

e. *Determinación de caudal ficticio continuo*

El caudal ficticio continuo se determinó a partir de la necesidad hídrica diaria (balance hídrico) y es el caudal que se requiere suministrar a una superficie de una hectárea en forma continua durante las 24 horas del día para cubrir la demanda evaporativa de la atmósfera y se presenta en unidades de litros por segundo y por hectárea, según la (Tabla 15-4) que detalla detenidamente.

En el estudio se determinó el caudal ficticio continuo, siendo $0.35 \text{ l s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$, este valor más alto de cédula de cultivo que corresponde al mes de marzo, y con este caudal se realiza el diseño agronómico, para este caso el riego se realiza solo durante el día desde las 6 de la mañana hasta las 6 de la tarde, siendo, 12 horas y el caudal ficticio continuo se duplica haciendo $0.70 \text{ l s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$.

Tabla 15-4. Caudal ficticio continuo para las 24 horas.

Necesidad Total (mm día ⁻¹)														
Meses		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Cultivos:	Ha				Etc Cédula Cultivos mm día⁻¹									
Alfalfa	0.5348	0.92	1.19	2.10	2.12	1.90	3.04	3.27	3.64	3.08	2.06	0.96	-0.17	
Frutilla	0.5348	0.92	1.19	2.10	2.12	1.90	3.04	3.27	3.64	3.08	2.06	0.96	-0.17	
Limón	0.2674	0.92	1.19	2.10	2.12	1.90	3.04	3.27	3.64	3.08	2.06	0.96	-0.17	
Maíz	1.3370	3.96	3.12	3.33	2.30	0.94	-0.49	-0.27	-0.48	-0.71	-0.95	0.97	2.61	
Mora	0.8022	0.92	1.19	2.10	2.12	1.90	3.04	3.27	3.64	3.08	2.06	0.96	-0.17	
Tuna	0.5348	0.92	1.19	2.10	2.12	1.90	3.04	3.27	3.64	3.08	2.06	0.96	-0.17	
TOTAL	4.0109	8.54	9.05	13.84	12.89	10.47	14.73	16.07	17.70	14.71	9.34	5.79	1.76	
Req. del sistema (mm día ⁻¹)		1.93	1.83	2.51	2.18	1.58	1.87	2.09	2.26	1.82	1.06	0.97	0.76	
qfc (l s⁻¹ ha⁻¹) (Dotación)		0.22	0.21	0.35	0.25	0.18	0.22	0.24	0.26	0.21	0.12	0.11	0.09	
Valor máximo (mm día ⁻¹)		3.96	3.12	3.33	2.30	1.90	3.04	3.27	3.64	3.08	2.06	0.97	2.61	
qfc (l s⁻¹ ha⁻¹)		0.46	0.36	0.39	0.27	0.22	0.35	0.38	0.42	0.36	0.24	0.11	0.30	

4.2.1.5. *Cálculo de los parámetros de riego*

En suelos con textura franco arenoso, el intervalo de riego debe ser más corto que en un suelo de textura fina, de hecho, existen otros factores que suman a la variación del intervalo, como el cultivo y la acción climática. En este estudio se fijó que el intervalo de riego es cada 7 días, este

factor de agotamiento promedio de cedula de cultivo permite tomar esta decisión, siendo su valor del 50%, tal como indica la (Tabla 16-4) del ítem 3.4.

Para determinar los parámetros de riego se considera los datos climáticos (temperatura máxima, temperatura mínima, humedad relativa, radiación solar, velocidad del viento, y la precipitación), el área a regar, la información del cultivo, datos del suelo, y datos del sistema de riego, para este último se utiliza el micro aspersor mini wobbler, boquilla N° 6 dorada de ángulo medio.

Tabla 16-4. Cálculo de parámetros de riego para 35.9382 ha y frecuencia de riego cada 7 días.

DISEÑO AGRONÓMICO MINIASPERSIÓN Mini Wobbler, ángulo medio

1. DATOS DE CLIMA		General
1.1.	Velocidad del Viento	6.00 m/s
2. DATOS DE PARCELA		
2.1.	Superficie bajo riego	35.9382 H
3. DATOS DE CULTIVO		
3.1.	Nombre	Varios
3.2.	Fase	Media
3.3.	Profundidad radicular efectiva	855.00 mm
3.4.	Umbral de riego (factor de agotamiento)	50.00 %
4. DATOS DEL SUELO		
4.1.	Textura	Franco arenoso
4.2.	Capacidad de campo (CC)	7.44 % en base a peso seco
4.3.	Punto de marchitez permanente (PMP)	4.43 % en base a peso seco
4.4.	Densidad Aparente (da)	1.42 g/cm ³
4.5.	Velocidad de Infiltración (Vinf)	71.00 mm/h
4.6.	Profundidad del suelo	1.00 m
5. DATOS DEL SISTEMA DE RIEGO		
5.1.	Método	Mini aspersion

5.2.	Eficiencia	85.00	%
5.3.	Modelo del aspersor	Mini Wobbler	Boquilla #6 - Dorada (3/32"), ángulo medio
5.4.	Presión de operación	1.40	atm
5.5.	Caudal del aspersor	250.00	lt/h
5.6.	Diámetro húmedo	11.00	m
5.7.	Máximas horas de operación por día	12.00	horas
5.8.	Separación entre aspersores calculada	5.50	m
5.9.	Separación entre aspersores corregida	6.00	m
5.10.	Separación entre laterales	6.00	m
5.11.	Precipitación horaria del aspersor (P hr)	6.94	mm/h
5.12.	Precipitación horaria < Velocidad de Infiltración (P hr < Vinf)	Aceptado	

6. CÁLCULOS DE LÁMINA REGABLE

6.1.	Lámina de agua aprovechable (LAA)	36.53	mm
6.2.	Lámina de agua rápidamente aprovechable (LARA)	18.26	mm
6.3.	Necesidades netas de riego (Nn)	2.58	mm/día
6.4.	Frecuencia de riego (Fr)	7.08	días
6.5.	Lámina de riego (Lr)	21.49	mm
6.6.	Tiempo de riego	3.09	horas

7. DISEÑO DE RIEGO AJUSTADO A NIVEL MODULAR

7.1.	Frecuencia de riego corregida (Frc)	7.00	días
7.2.	Ciclo de riego	7.00	
7.3.	Lámina de agua rápidamente aprovechable corregida (LARAc)	18.06	mm
7.4.	Lámina de riego corregida (Lrc)	21.25	mm
7.5.	Dosis bruta	212.47	m ³ /ha
7.6.	Horas de riego por turno	3.06	h
7.7.	Horas de riego por turno asumidas al diseño	3.00	h
7.8.	Turnos de riego por día	4.00	Turnos/día
7.9.	Turnos por día asumido en diseño	4.00	Turnos/día
7.10.	Tiempo de riego por día	12.00	h
7.11.	Horas por ciclo de riego	84.00	h/ciclo

7.12.	Turnos por ciclo	28.00	tr/ciclo
7.13.	Superficie regada por turno (Sr/tr)	1.2840	ha/Tr
7.14.	Superficie regada por Día (Sr/día)	5.13	ha//día
7.15.	Dosis bruta por turno	272.70	m3/turno
7.16.	Dosis bruta por día	1,090.8	m3/día
7.17.	Dosis bruta por ciclo	7,635.80	m3/ciclo
7.18.	Caudal por turno	90.90	m3/hora
7.19.	Caudal de diseño modular	25.30	lt/s
7.20.	caudal característico real (ajustado a los turnos de riego y ciclo de riego)	0.70	lt/s/ha
7.20.	caudal característico real (ajustado a los turnos de riego y ciclo de riego)	0.35	lt/s/ha

Datos relevantes:

Caudal de diseño:	25.3	lt/s
Superficie regada por turno:	1.2800	ha/Tr
Tiempo de riego por turno:	3.00	h

Caudal redondeado para el diseño 61.63 lt/s

La tabla que preside arroja muchas informaciones de carácter netamente técnico, tales como:

- Turno de riego por ciclo siendo 28.00 turnos en una semana o 7 días.
- Ciclo de riego, cada 7.00 días.
- Horas de riego por turno de 3 horas.
- Superficie por turno es de 1.2840 ha.
- Superficie regada por día 5.13 ha.
- Turnos de riego por día 4.00

Toda esta información se debe simular en programa apropiado para diseño hidráulico parcelario, luego se llevará al campo y poner en práctica.

4.3 Diseño hidráulico a nivel parcelario

4.3.1 Determinación de turnos y su duración de riego en cada lote

De acuerdo al diseño agronómico se determina 28 turnos que se riega cada semana en 35.9382 ha, distribuidas en 72 predios, que oscilan entre 0.0369 y 2.7383 ha, y se utiliza entre 12 y 715 micro aspersores mini Wobblers, boquilla N° 6 - dorada de 3/32" de ángulo medio respectivamente y cada una de ellas requiere una presión de operación mínima de 10 metros columna de agua y evacúa caudal de 0.07 litros por segundo.

A continuación, se muestra el número de aspersores que operan simultáneamente en cada turno, así pues, el día lunes el primer turno operan 382 aspersores, el segundo turno del mismo día 351 aspersores, el tercer turno 405 y el cuarto operan 328 aspersores, de hecho, cada turno tiene una duración de tres horas, y así sucesivamente funcionan todos los emisores los demás días, y la frecuencia de riego será cada 7 días, mayor detalle en (Tabla 17-4).

Tabla 17-4. Número de aspersores y caudal (l/s) por cada turno.

Turnos/día			Total, aspersores/turno	Caudal/turno (l/s)
Lunes	1	A	382	26.74
	2	B	351	24.57
	3	C	405	28.35
	4	D	328	22.96
Martes	1	A	262	18.34
	2	B	420	29.40
	3	C	354	24.78
	4	D	439	30.73
Miércoles	1	A	398	27.86
	2	B	349	24.43
	3	C	366	25.62
	4	D	316	22.12
Jueves	1	A	370	25.90
	2	B	343	24.01
	3	C	374	26.18
	4	D	431	30.17
Viernes	1	A	402	28.14
	2	B	308	21.56
	3	C	415	29.05

	4	D	294	20.58
Sábado	1	A	340	23.80
	2	B	325	22.75
	3	C	297	20.79
	4	D	286	20.02
Domingo	1	A	294	20.58
	2	B	275	19.25
	3	C	183	12.81
	4	D	314	21.98

Es importante mostrar la distribución de riego por turno y los lotes sobre el cual se regará, la (Tabla 18-4) indica detalladamente, siendo la primera columna (código de sublotes), la segunda columna corresponde a número de aspersores por cada sublotes y las siguientes columnas corresponden a los días de riego con su respectivo turno, siendo que cada día se realizará cuatro cambios iniciando el día lunes a las seis de la mañana hasta las seis de la tarde, cumpliendo las doce horas de operación.

Cabe señalar, que el día lunes el primer turno a partir de las seis hasta las nueve de la mañana se riega los sublotes (de color verde claro) comprendidos 72-a hasta 72-i, que operan 382 micro aspersores, el segundo turno del mismo día se regará los sub lotes (de color amarillo) 71-a, 71-b, 70-l, 70-m, 70-n, 70-o, 70-p, 70-q, 70-r, 70-s, 70-t. y así sucesivamente para otros sub lotes y otros días. Esta distribución va acompañada con un plano en Anexo N° 2.

Tabla 18-4. Lotes de riego en cada turno.

Código de sub lotes	Aspersores (#)	Lunes				Martes				Miércoles				Jueves			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
72-a	81	81															
72-b	20	20															
72-c	51	51															
72-d	35	35															
72-e	32	32															
72-f	43	43															
72-g	37	37															
72-h	37	37															
72-i	46	46															
71-a	28		28														
71-b	55		55														
70-l	42		42														

70-m	27		27																
70-n	22		22																
70-o	23		23																
70-p	25		25																
70-q	24		24																
70-r	53		53																
70-s	28		28																
70-t	24		24																
70-a	63			63															
70-b	23			23															
70-c	31			31															
70-d	21			21															
70-e	50			50															
70-f	33			33															
70-g	49			49															
70-h	29			29															
70-i	53			53															
70-j	53			53															
68-a	38				38														
68-b	47				47														
68-c	35				35														
68-d	46				46														
68-e	37				37														
68-f	46				46														
68-g	36				36														
68-h	43				43														
69-a	21					21													
69-b	18					18													
67-a	33					33													
67-b	35					35													
67-c	39					39													
66-a	27					27													
66-b	27					27													
66-c	26					26													
65-a	20					20													
65-b	16					16													
62-a	38						38												
62-b	39						39												
62-c	70						70												
62-d	66						66												
63-a	48						48												
63-b	49						49												
63-c	46						46												

60-a	20					20													
60-b	22					22													
60-c	22					22													
61-a	82						82												
61-b	61						61												
61-c	64						64												
61-d	40						40												
61-e	32						32												
61-f	48						48												
61-g	27						27												
64-a	89							89											
64-b	20							20											
64-c	34							34											
64-d	34							34											
57-a	30							30											
57-b	29							29											
57-c	29							29											
58-a	29							29											
58-b	39							39											
58-c	39							39											
59-a	22							22											
59-b	23							23											
59-c	22							22											
54-a	48								48										
54-b	54								54										
54-c	55								55										
55-a	51								51										
55-b	49								49										
55-c	51								51										
56-a	28								28										
56-b	31								31										
56-c	31								31										
53-a	48									48									
53-b	48									48									
53-c	53									53									
53-d	48									48									
53-e	54									54									
53-f	47									47									
53-g	51									51									
53-h	55										55								
53-i	45										45								
53-j	59										59								
53-k	51										51								

35-b	28			28																
36-a	29			29																
36-b	26			26																
36-c	22			22																
37-a	61			61																
37-b	64			64																
37-c	56			56																
31-a	34				34															
31-b	33				33															
32-a	40				40															
32-b	36				36															
33-a	40				40															
33-b	37				37															
33-c	40				40															
33-d	34				34															
27-a	21					21														
27-b	20					20														
27-c	17					17														
28	44					44														
29-a	60					60														
29-b	60					60														
30-a	33					33														
30-b	25					25														
30-c	32					32														
30-d	28					28														
22	50						50													
23	51						51													
24-a	34						34													
24-b	27						27													
25	40						40													
26-a	19						19													
26-b	21						21													
26-c	16						16													
26-d	21						21													
26-e	25						25													
26-f	21						21													
20	34							34												
21-a	24							24												
21-b	19							19												
21-c	17							17												
21-d	14							14												
21-e	33							33												
21-f	37							37												

21-g	26							26				
21-h	31							31				
21-i	27							27				
21-j	20							20				
21-k	15							15				
16-a	33							33				
16-b	28							28				
16-c	36							36				
17-a	41							41				
17-b	34							34				
17-c	24							24				
18	30							30				
19-a	31							31				
19-b	29							29				
14-a	42								42			
14-b	33								33			
15-a	40								40			
15-b	42								42			
15-c	36								36			
15-d	36								36			
15-e	32								32			
15-f	33								33			
8-a	21									21		
8-b	20									20		
8-c	19									19		
9-a	19									19		
9-b	15									15		
10-a	26									26		
10-b	23									23		
10-c	16									16		
11	25									25		
12	15									15		
13-a	28									28		
13-b	24									24		
13-c	24									24		
5-a	29										29	
5-b	24										24	
5-c	19										19	
5-d	16										16	
5-e	18										18	
6-a	20										20	
6-b	25										25	
6-c	20										20	

7	12														12	
1-a	17															17
1-b	12															12
2-a	18															18
2-b	13															13
3-a	27															27
3-b	33															33
3-c	33															33
4-a	33															33
4-b	30															30
4-c	38															38
4-d	29															29
4-e	31															31

4.3.2 Cálculo de caudal de diseño de línea de conducción y distribución

El caudal destinado para el módulo 5 es 36.7 l s^{-1} , a este caudal el diseño agronómico no debe superar y cuando ocurre esto, los micro aspersores no evacúan caudales esperados, la uniformidad de riego se distorsiona, el radio de riego se ve afectado y por ende afectará el desarrollo normal de los cultivos elegidos, este caudal se distribuye a todos los emisores del turno correspondiente.

4.3.3 Determinación de las características de aspersores y sus parámetros de riego

a. Elección del modelo y marca de micro aspersor

Por las características de los cultivos y el desnivel no muy pronunciado del módulo 5 se utiliza micro aspersor que requiere una presión nominal mínima para su funcionamiento, en este caso es el mini Wobbler, boquilla N° 6 – dorada (3/32”) con ángulo medio, que opera con presión que oscila entre 10 a 17 metro columna de agua, que evacúa caudales entre 216 a 284 l h^{-1} .

b. Diámetro de mojado o humedecimiento

El diámetro de humedecimiento depende de la boquilla del mini aspersor del caudal emitido y la presión nominal de funcionamiento, en este caso el mini wobbler con boquilla de 3/32” emite 252 l h^{-1} (0.07 l s^{-1}) el diámetro bajo condiciones de velocidad de viento igual 0 m s^{-1} es de 12 a 12.8 metros.

c. *Traslape y espaciamiento entre emisores*

El traslape entre micro aspersores cuando la velocidad del viento fluctúa entre 0.5 a 2 m/s es de 40%, la velocidad del viento promedio de Chingazo San Jacinto registrado durante 30 años de estudio es de 6 m s^{-1} , siendo obligado realizar el traslape de 50%, por eso se colocan micro aspersores separados entre sí cada 6 metros y entre hileras la misma distancia formando figura geométrica cuadrangular (marco real).

d. *Área efectiva de riego por cada aspersor mini wobbler*

El área efectiva de riego por cada micro aspersor depende del porcentaje de traslape y el diámetro de humedecimiento, en tanto que en el estudio área efectiva es de 47.52 m^2 , este resultado se obtuvo a partir del diámetro de humedecimiento que es de 11 m y el porcentaje de traslape es de 50%.

e. *Pluviometría del mini wobbler*

La pluviometría del aspersor mini wobbler depende del área efectiva de riego y del caudal del aspersor, siendo en este caso de 6.94 mm h^{-1} de hecho este valor siempre debe ser inferior a la velocidad de infiltración básica en caso de ocurrir lo contrario sufrirá el encharcamiento y posterior erosión del suelo, los suelos sujetos de estudio reportan la velocidad de infiltración de 71.00 mm h^{-1} , debido que el suelo es de textura arenoso.

f. *Número de aspersores mini wobbler en funcionamiento simultaneo*

Los aspersores mini wobbler que funcionan simultáneamente en promedio es de 344 por cada turno, y son 4 turnos por día, se dice en promedio porque algunas subparcelas tienen más y otros menos, esto depende de la forma geométrica de lotes (predios) y la pendiente topográfica.

g. *Número de posiciones de riego para toda la superficie*

En este proyecto de 35.9382 ha, realizará 28 posiciones de riego en ciclo de 7 días, y cada posición tiene una duración de 3 horas, termina esto viene la otra posición.

h. Área total regada simultáneamente

En cada turno se riega 1.2840 ha en promedio, se utilizó la media ya que existen algunos turnos más y otros menos, esto depende del número distintos de emisores y esto a su vez depende de la forma geométrica de los lotes y la pendiente topográfica de los predios.

i. Área total regada por jornada de riego (diario)

Por jornada se entiende riego diario, en este caso el riego en sí es de 12 horas, desde las 6 de la mañana hasta las 6 de la tarde, distribuidos en 4 jornadas iguales, la primera jornada inicial de 6 de la mañana a 9 de la mañana, la segunda jornada de 9 de la mañana a 12 del día, la tercera jornada de 12 a 3 de la tarde y la última jornada del día desde las 3 de la tarde hasta las 6 de la tarde, en el estudio cada día se riega en promedio de 5.1300 ha, de hecho, algunos serán más y otros menos el margen de variación es imperceptible.

4.3.4 Diseño hidráulico de la línea de conducción y las líneas de distribución

a. Diseño hidráulico a nivel parcelario (conducción terciaria)

Del tanque de almacenamiento y distribución hasta la cabecera del módulo 5 tiene un desnivel de 131 metros, y el desnivel interno del módulo desde la cabecera hasta el pie es 81 metros, comprendido entre las cotas 2608 y 2689 m.s.n.m. Basando en esta información se elabora el diseño a nivel parcelario utilizando el software de diseño hidráulico apropiado para estos trabajos, en la presente investigación existen 72 predios con áreas totalmente distintos y a la cabecera de cada predio debe llegar por lo menos con presión nominal de 30 metros de columna de agua y si existen sub lotes la presión se aumenta.

La presión nominal máxima de funcionamiento de mini wobbler es 17 metro de columna de agua, se calibra colocando el regulador de presión de 14 metros de columna de agua, se hace esto para evitar el daño de emisores, a esto se debe controlar la velocidad del fluido, que teóricamente se recomienda desde 0.5 hasta 3.0 m s⁻¹, y en este proyecto se diseña con velocidad de 6.0 m s⁻¹, es velocidad promedio de un periodo de 30 años, con todo estos parámetros hidráulicos se determina los diámetros de tuberías en cada tramo y con su resistencias respectivamente. A continuación, en (Tabla 19-4) se muestra detalladamente las tuberías en todo el proyecto.

Tabla 19-4. Diámetros de tubería y su resistencia en la conducción terciaria

TUBERÍA (m)	Tubería PVC EC 25 mm x 1.25Mpa	50,273
	Tubería PVC EC 32 mm x 0.80Mpa	3,517
	Tubería PVC EC 40 mm x 0.80Mpa	3,956
	Tubería PVC EC 50 mm x 0.80Mpa	1,421
	Tubería PVC EC 63 mm x 0.63Mpa	207

La tabla que antecede indica que, en todo el proyecto a nivel parcelario se requiere 50,273 metros de tubería PVC EC 25 mm de diámetro con resistencia de 125 metros de columna de agua (1.25Mpa). 3,517 metros de tubería PVC EC 32 mm de 80 metros de columna de agua. 3,956 metros de tubería PVC EC 40 mm de 80 metros de columna de agua. 1,421 metros de tubería PVC EC 50 mm de 80 metros de columna de agua. 207 metros de tubería PVC EC 63 mm de 63 metros de columna de agua.

b. Diseño hidráulico a nivel de conducción secundaria

Se refiere la conducción secundaria a la tubería que une entre la tubería primaria y la tubería terciaria, en este proyecto se determina tal como muestra la (Tabla 20-4).

Tabla 20-4. Diámetros de tubería en la conducción secundaria

Válvula (diámetro)	Número de válvula	longitud de tubería (m)	Resistencia a presión
50 (1 1/2")	17	822.68	PVC EC 50 mm x 0.63Mpa
63 (2")	19	1,191.17	PVC EC 63 mm x 0.63Mpa
75 (3")	6	439.80	PVC EC 75 mm x 0.63Mpa
90 (3")	9	930.94	PVC EC 90 mm x 0.63Mpa
110 (4")	9	1,107.82	PVC EC 110 mm x 0.63Mpa
160 (6")	14	5,047.70	PVC EC 160 mm x 0.63Mpa

La tabla 20-4, indica el requerimiento de tuberías, es así se necesita 822.68 metros de tubería PVC EC 50 mm de 63 metros de columna de agua. 1,191.17 metros de tubería PVC EC 63 mm de 63 metros de columna de agua. 439.80 metros de PVC EC 75 mm de 63 metros de columna de agua. 930.94 metros de PVC EC 90 mm de 63 metros de columna de agua. 1.107,82 metros de PVC EC 110 mm de 63 metros de columna de agua. 5,047.70 metros de PVC EC 160 mm de 63 metros de columna de agua.

4.3.5 Cálculo del número de hidrantes y la presión dinámica individual

El número de hidrantes diseñado para el módulo 5 son 9,621 emisores, distribuidos en los 72 lotes de distintas áreas, y la presión final de cada uno de los emisores fluctúan entre 10 y 17 metro columna de agua según el catálogo, estas presiones se determina gracias a la ayuda del software de diseño hidráulico, cuando las presiones están fuera del rango los emisores expulsaran en exceso provocando daños de los mismos, y cuando existe presión inferior al mínimo establecido no expulsara caudal necesario.

Tabla 21-4. Número de emisores por lote y la presión nominal.

LOTES	NÚMERO DE EMISOR	LOTES	NÚMERO DE EMISOR	LOTES	NÚMERO DE EMISOR	LOTES	NÚMERO DE EMISOR
M05-001	29	M05-019	60	M05-037	181	M05-055	151
M05-002	31	M05-020	34	M05-038	84	M05-056	90
M05-003	93	M05-021	263	M05-039	59	M05-057	88
M05-004	161	M05-022	50	M05-040	165	M05-058	107
M05-005	106	M05-023	51	M05-041	402	M05-059	67
M05-006	65	M05-024	61	M05-042	119	M05-060	64
M05-007	12	M05-025	40	M05-043	431	M05-061	354
M05-008	60	M05-026	123	M05-044	90	M05-062	213
M05-009	34	M05-027	58	M05-045	31	M05-063	143
M05-010	65	M05-028	44	M05-046	50	M05-064	177
M05-011	25	M05-029	120	M05-047	115	M05-065	36
M05-012	15	M05-030	118	M05-048	169	M05-066	80
M05-013	76	M05-031	67	M05-049	62	M05-067	107
M05-014	75	M05-032	76	M05-050	81	M05-068	328
M05-015	219	M05-033	151	M05-051	370	M05-069	39
M05-016	97	M05-034	100	M05-052	316	M05-070	673
M05-017	99	M05-035	57	M05-053	715	M05-071	83
M05-018	30	M05-036	77	M05-054	157	M05-072	382

En la (Tabla 21-4) se observa que el lote M05-007 es el que tiene apenas 12 emisores y los que más emisores tiene es el lote M05-053 con 715, todos los lotes reciben presión de entrada de 30 metro columna de agua.

4.4 Cálculo de presupuesto

a. Descripción de presupuesto a nivel parcelario (distribución terciaria)

El presupuesto a nivel parcelario es de 188,200.28 dólares para las 35.9382 ha, distribuidos en 72 lotes, aquel presupuesto comprende los siguientes rubros: mano de obra, excavación, y las tuberías de distintas clase y diámetro, además se considera muchos otros elementos hidráulicos, dígase los codos, los tee, los bujes, las válvulas y entre otros, la (Tabla 22-4) explica detalladamente.

Tabla 22-4. Presupuesto a nivel parcelario.

No.	Rubro / Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio global
	MÓDULO 5				
	PRELIMINARES				
1	Trazo y replanteo de líneas de tubería, ubicación de válvulas, reguladores de presión, filtros, parantes de aspersores	KM	59.37	84.86	5,038.41
2	Excavación de zanja con equipo en suelo sin clasificar, incluye rasanteo de piso. 0.80mx0.40m.	M3	18,999.43	0.63	11,969.64
	CABALLETE				
3	Suministro, Instalación y Prueba de CODO PVC INY EC 32mm X 90° PG	U	20.00	0.76	15.20
4	Suministro, Instalación y Prueba de Tubería PVC EC 32 mm x 0.80Mpa	U	5.00	1.09	5.45
5	Suministro, Instalación y Prueba de Válvula de paso oblicua 1 "	U	5.00	22.42	112.10
6	Suministro, Instalación y Prueba de Válvula Reguladora en línea 32 mm 1.4 bar	U	5.00	20.41	102.05
7	Suministro, Instalación y Prueba de CODO PVC INY EC 50mm X 90° PG	U	1,084.00	1.59	1,723.56
8	Suministro, Instalación y Prueba de Tubería PVC EC 50 mm x 0.80Mpa	U	271.00	1.66	449.86
9	Suministro, Instalación y Prueba de Válvula de paso oblicua 1 1/2"	U	271.00	42.42	11,495.82
10	Suministro, Instalación y Prueba de Válvula Reguladora en línea 50 mm 1.4 bar	U	273.00	50.41	13,761.93

11	Suministro, Instalación y Prueba de CODO PVC INY EC 63mm X 90° PG	U	4.00	2.62	10.48
12	Suministro, Instalación y Prueba de Tubería PVC EC 63 mm x 0.80Mpa	U	1.00	2.82	2.82
13	Suministro, Instalación y Prueba de Válvula de paso oblicua 2"	U	1.00	56.42	56.42
14	Suministro, Instalación y Prueba de Válvula Reguladora en línea 63 mm 1.4 bar	U	1.00	120.41	120.41
	TUBERÍA				
15	Suministro, Instalación y Prueba de Tubería PVC EC 25 mm x 1.25Mpa	U	50,273.00	1.09	54,797.57
16	Suministro, Instalación y Prueba de Tubería PVC EC 32 mm x 0.8Mpa	U	3,517.03	1.09	3,833.56
17	Suministro, Instalación y Prueba de Tubería PVC EC 40 mm x 0.80Mpa	U	3,955.61	1.36	5,379.63
18	Suministro, Instalación y Prueba de Tubería PVC EC 50 mm x 0.80Mpa	U	1,421.02	1.66	2,358.89
19	Suministro, Instalación y Prueba de Tubería PVC EC 63 mm x 0.63Mpa	U	206.55	2.65	547.36
	TEE RED				
20	Suministro, Instalación y Prueba de TEE RED PVC ENSAMBLADA EC 63 A 25mm	U	62.00	3.66	226.92
21	Suministro, Instalación y Prueba de TEE RED PVC INY EC 32 A 25 mm PG	U	944.00	1.54	1,453.76
22	Suministro, Instalación y Prueba de TEE RED PVC INY EC 40 A 25 mm PG	U	1,287.00	2.18	2,805.66
23	Suministro, Instalación y Prueba de TEE RED PVC INY EC 50 A 25 mm PG	U	458.00	2.36	1,080.88
24	Suministro, Instalación y Prueba de TEE RED PVC INY EC 50 A 32 mm	U	3.00	2.36	7.08
25	Suministro, Instalación y Prueba de TEE RED PVC INY EC 50 A 40mm	U	4.00	2.36	9.44
	TEE				
26	Suministro, Instalación y Prueba de TEE PVC INY EC 25mm PG	U	427.00	1.09	465.43
27	Suministro, Instalación y Prueba de TEE PVC INY EC 32mm PG	U	1.00	1.46	1.46
28	Suministro, Instalación y Prueba de TEE PVC INY EC 40mm	U	1.00	1.76	1.76
	BUJE				
29	Suministro, Instalación y Prueba de RED PVC INY LARGO CC 50 A 25mm	U	9.00	3.83	34.47

30	Suministro, Instalación y Prueba de RED PVC INY LARGO CC 50 A 32mm	U	61.00	2.33	142.13
31	Suministro, Instalación y Prueba de RED PVC INY LARGO CC 40 A 25mm	U	25.00	1.33	33.25
32	Suministro, Instalación y Prueba de RED PVC INY LARGO CC 50 A 40mm	U	200.00	1.36	272.00
33	Suministro, Instalación y Prueba de RED PVC INT LARGO EC 63 A 32mm	U	0.00	2.05	0.00
34	Suministro, Instalación y Prueba de RED PVC INY BUJE EC 32 A 25 mm PG	U	134.00	1.61	215.74
35	Suministro, Instalación y Prueba de RED PVC INY BUJE EC 40 A 32 mm PG	U	149.00	2.21	329.29
36	Suministro, Instalación y Prueba de RED PVC INY BUJE EC 63 A 50mm	U	18.00	2.33	41.94
	CODO				
37	Suministro, Instalación y Prueba de CODO PVC INY EC 25mm X 90° PG	U	85.00	0.76	64.60
38	Suministro, Instalación y Prueba de CODO PVC INY EC 32mm X 90° PG	U	73.00	0.76	55.48
39	Suministro, Instalación y Prueba de CODO PVC INY EC 40mm X 90° PG	U	104.00	0.82	85.28
40	Suministro, Instalación y Prueba de CODO PVC INY EC 50mm X 90° PG	U	45.00	1.59	71.55
	ASPERSOR				
41	Suministro, Instalación y Prueba de TEE RED PVC INY EC 25 A 20mm PG	U	6,261.00	1.33	8,327.13
42	Suministro, Instalación y Prueba de CODO PVC INY EC 25mm X 90° PG	U	3,360.00	0.93	3,124.80
43	Suministro, Instalación y Prueba de RED PVC INY BUJE EC 25 A 20 mm PG	U	3,351.00	1.36	4,557.36
44	Suministro, Instalación y Prueba de Tubería PVC EC 20 mm x0.8Mpa	U	9,621.00	0.99	9,524.79
45	Suministro, Instalación y Prueba de ADAPTADOR HEMBRA de 20mm x 1/2"	U	9,621.00	0.69	6,638.49
46	Suministro, Instalación y Prueba de mini aspersor de 1/2"	U	9,621.00	3.83	36,848.43
				TOTAL:	188,200.28

b. Descripción de presupuesto a nivel de distribución secundaria

Este rubro corresponde a la instalación de tuberías desde las redes primarias hasta llegar a las redes de distribución terciarias, de hecho, los diámetros y las clases de tuberías son totalmente distintos para cada lote, esto se debe a la heterogeneidad topográfica y de tamaño de área de los predios, en suelos planos el diámetro de tubería son las mismas, mientras en predios grandes el diámetro es variado, a continuación, la (Tabla 23-4) describe en forma oportuna.

Tabla 23-4. Presupuesto a nivel de conducción secundaria.

Válvula (diámetro)	Costo de válvula	Costo de tubería (m)	Costo de Codos (unidad)	Costo de Tee (unidad)
50 (1 1/2")	170.00	12,340.20	50.53	16.24
63 (2")	228.00	17,867.55	90.00	69.00
75 (3")	90.00	10,555.20	31.44	38.50
90 (3")	153.00	23,273.50	91.00	156.00
110 (4")	180.00	38,773.70	92.00	192.15
160 (6")	350.00	378,577.50	1,236.60	4,142.00
total	1,171.00	481,387.65	1,591.57	4,613.89
GRAN TOTAL	488,764.11			

El costo de la conducción secundaria bordea los 488,764.11 dólares, considerando las válvulas, tuberías y los elementos hidráulicos detallados en la (Tabla 24-4).

Tabla 24-4. Presupuesto a nivel de conducción secundaria.

Válvula (diámetro)	Número de válvula	Longitud de tubería (m)	Codos (unidad)	Tee (unidad)
50 (1 1/2")	17	822.68	31	14
63 (2")	19	1,191.17	45	30
75 (3")	6	439.80	12	11
90 (3")	9	930.94	28	26
110 (4")	9	1,107.82	23	21
160 (6")	14	5,047.70	108	109

Es importante mencionar que en conducción secundaria se requiere 822.68 metros de PVC EC 50 mm de 63 metro de columna de agua; 1,191.17 metros de PVC EC 63 mm de 63 metro de columna de agua; 439.80 metros de PVC EC 75 mm de 63 metros de columna de agua; 930.94 metro de

PVC EC 90 mm de 63 metro de columna de agua; 1,107.82 metros de PVC EC 110 mm de 63 metro de columna de agua; 5,047.70 metro de PVC EC 160 mm de 63 metro de columna de agua, más otros elementos hidráulicos detallados en el tabla anterior.

4.5 Análisis económico del Proyecto

a. Evaluación económica sin Proyecto

En la (Tabla 25-4) muestra el costo de producción de cada uno de los cultivos presentes en la cédula de cultivo propuesto para el proyecto del módulo 5.

Tabla 25-4. Rendimiento de cultivos sin proyecto.

Cultivo	Área cultivada (Ha)	Productividad (Mg ha ⁻¹)	Cosechas en el año	Producción (Mg)
Maíz	1.3400	1.20	1.00	1.60
Fresa	0.5300	0.11	98.00	5.72
Alfalfa	0.5300	14.00	3.00	22.46
Limón	0.2700	0.15	52.00	2.12
Mora	0.8000	0.05	52.00	2.28
Tuna	0.5300	0.48	13.00	3.34
Suelo en descanso	24.9891			
Barbecho	6.9382			
Total	35.9382			

La tabla que antecede indica que al no existir agua de riego la mayoría de superficie se encuentra en descanso, siendo 24.9891 ha, y una mínima parte son cultivadas de maíz, fresa, alfalfa, limón, mora y tuna, asimismo la producción en comparación al costo de compra de tanqueros de agua es totalmente ínfima. Así la producción de maíz en una hectárea es 1.20 mega gramos (Mg) y la cosecha se hace una sola vez y en área cultivada de 1.34 ha resulta 1.60 Mg, así se determina todos los otros rubros.

Tabla 26-4. Costos de producción sin proyecto.

Cultivo	Área cultivada (ha)	Costo unitario (US\$ ha ⁻¹)	Costo Total (US\$)
Maíz	1.3400	902.16	1,206.19
Fresa	0.5300	3,622.84	1,937.45
Alfalfa	0.5300	750.00	401.09
Limón	0.2700	1,956.69	523.19
Mora	0.8000	1,921.00	1,541.03
Tuna	0.5300	857.56	458.62
Total			6,067.57

La (Tabla 26-4) muestra el costo de producción sin proyecto, siendo que, los rubros existentes en la actualidad (columna de área cultivada) cuesta 6,067.57 dólares, incluye la compra de tanquero de agua, sin asistencia técnica, entre otros.

Tabla 27-4. Utilidad agrícola sin proyecto.

Cultivo	Producción (Mg)	Precio del producto (US\$ Mg ⁻¹)	Utilidad Bruta (US\$)	Costo Total (US\$)	Utilidad Neta (US\$)
Maíz	1.60	490.00	786.16	1,206.19	-420.03
Fresa	5.72	1,960.00	11,206.03	1,937.45	9,268.58
Alfalfa	22.46	100.00	2,246.11	401.09	1,845.02
Limón	2.12	600.00	1,274.13	523.19	750.93
Mora	2.28	1,760.00	4,004.58	1,541.03	2,463.56
Tuna	3.34	715.00	2,386.06	458.62	1,927.44
Total			21,903.07	6,067.57	15,835.50

La rentabilidad económica de los rubros de mayor importancia de la zona es tal como se observa en la última columna de la (Tabla 27-4), siendo inclusive para el maíz una pérdida total, mientras para otros rubros si existe ingresos favorables para los agricultores, en conclusión, teniendo al año una rentabilidad de 15,835.50 dólares.

b. Evaluación económica con Proyecto

En un trabajo integrado entre los beneficiarios y el mercado se decidió aquellos suelos en descanso y en barbecho destinar a la producción de limón, debido que los precios y la demanda de este producto va en ascenso en la (Tabla 28-4), se presenta este comportamiento teniendo una

producción anual de 301.34 mega gramos de limón, seguido de alfalfa de 28.88 mega gramos, y así sucesivamente de otros rubros.

Tabla 28-4. Rendimiento de cultivos con proyecto.

Cultivo	Área cultivada (Ha)	Productividad (Mg ha ⁻¹)	Cosechas en el año	Producción (Mg)
Maíz	1.3400	2.50	1.00	3.34
Fresa	0.5300	0.12	98.00	6.29
Alfalfa	0.5300	18.00	3.00	28.88
Limón	32.1900	0.18	52.00	301.34
Mora	0.8000	0.06	52.00	2.50
Tuna	0.5300	0.50	13.00	3.48
Total	35.9382			

La (Tabla 29-4) muestra los costos de producción de cada rubro, siendo el más alto el limón con 66,144.64 dólares en las 32.1900 ha, seguido de fresa con 2,034.32 dólares para 0.5300 ha.

Tabla 29-4. Costos de producción con proyecto.

Cultivo	Área cultivada (ha)	Costo unitario (US\$ ha ⁻¹)	Costo Total (US\$)
Maíz	1.3400	930.96	1,244.70
Fresa	0.5300	3,803.99	2,034.32
Alfalfa	0.5300	778.80	416.49
Limón	32.1900	2,054.52	66,144.64
Mora	0.8000	2,017.05	1,618.08
Tuna	0.5300	900.43	481.55
Total	35.9382	10,485.75	71,939.78

La utilidad neta de los 35.9382 ha de suelos del módulo 5 es de 132,608.42 dólares, siendo el rubro más alto con 114,660.73 dólares para limón, seguido de fresa 10,292.31 dólares, y los otros rubros superiores si comparamos con utilidad sin proyecto, en mayor detalle se observa en la (Tabla 30-4).

Tabla 30-4. Utilidad agrícola con proyecto.

Cultivo	Producción (Mg)	Precio del producto (US\$ Mg ⁻¹)	Utilidad Bruta (US\$)	Costo Total (US\$)	Utilidad Neta (US\$)
Maíz	3.34	490.00	1,637.83	1,244.70	393.13
Fresa	6.29	1,960.00	12,326.64	2,034.32	10,292.31
Alfalfa	28.88	100.00	2,887.85	416.49	2,471.36
Limón	301.34	600.00	180,805.37	66,144.64	114,660.73
Mora	2.50	1,760.00	4,405.04	1,618.08	2,786.96
Tuna	3.48	715.00	2,485.48	481.55	2,003.93
Total			204,548.20	71,939.78	132,608.42

c. Comparación de las utilidades con y sin proyecto

De hecho, el agua de riego mejora la producción agrícola tanto en cantidad, calidad y continuidad, en ese horizonte la (Tabla 31-4) indica que la presencia de agua de riego si influye positivamente, siendo que la utilidad sin proyecto es 15.835,50 dólares, y con proyecto es 132.608,42 dólares, apareciendo un incremento de 116.772,93 dólares, dando un promedio 1.357,82 dólares por familia y por año.

Tabla 31-4. Utilidad agrícola con proyecto.

DESCRIPCION	TOTAL
Sin proyecto (USD \$)	15,835.50
Con proyecto (USD \$)	132,608.42
Incremental (USD \$)	116,772.93
Promedio (USD \$/familia/año)	1,357.82
Promedio (USD \$/familia/mes)	113.15

Tabla 33-4. Relación B/C Indicador financiero calculado para 10 años.

Flujo del proyecto	Años										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos Agrícolas		56,887.55	170,662.64	227,550.19	227,550.19	227,550.19	227,550.19	227,550.19	227,550.19	227,550.19	227,550.19
Total Ingresos		56,887.55	170,662.64	227,550.19	227,550.19	227,550.19	227,550.19	227,550.19	227,550.19	227,550.19	227,550.19
Egresos Agrícolas		(16,468.05)	(49,404.16)	(65,872.21)	(65,872.21)	(65,872.21)	(65,872.21)	(65,872.21)	(65,872.21)	(65,872.21)	(65,872.21)
Total Egresos		(16,468.05)	(49,404.16)	(65,872.21)	(65,872.21)	(65,872.21)	(65,872.21)	(65,872.21)	(65,872.21)	(65,872.21)	(65,872.21)
Inversión	(532,527.00)										

Tasa de descuento	12,00%
VNA ingresos	1'087,981.57
VNA egresos	-314,953.58
VNA egresos + inversión	-847,480.75
B/C	1.28

Tabla 34-4. Periodo de retorno de la inversión, calculado para 10 años.

Flujo del proyecto	Período de Retorno de la Inversión										
	Años										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Flujo de caja		21,599.47	102,438.46	142,857.96	142,857.96	142,857.96	142,857.96	142,857.96	142,857.96	142,857.96	647,367.17
factor de descuento		1.12	1.25	1.40	1.57	1.76	1.97	2.21	2.48	2.77	3.11
flujo descontado (12%)		19,285.24	81,663.31	101,683.47	90,788.81	81,061.44	72,376.29	64,621.68	57,697.93	51,516.01	208,434.90
flujo descontado acum		19,285.24	100,948.55	202,632.02	293,420.84	374,482.28	446,858.56	511,480.25	569,178.18	620,694.19	829,129.09

Inversión	532,527.00
Costo recuperado	569,178.18
Saldo costo	-36,651.01
Flujo siguiente	620,694.19
índice CPR/FS	-0.059
PRI-años	7.941

La (Tabla 32-4) muestra detalladamente que la intervención de los rubros ingresos por concepto de venta de productos agrícolas de la zona y los egresos por concepto de inversión en la producción agrícolas, sumados las inversiones netamente del sistema de riego, se obtiene los indicadores financieros, siendo el Valor Actual Neto de la inversión del proyecto para 10 años a una tasa de descuento del 12.00% es de 296.60 dólares. Mientras la Tasa Interna de Retorno para el mismo periodo es de 20.75% que es superior a la tasa de descuento (12.00%).

Mientras la (Tabla 33-4) indica otro indicador financiero, la relación Beneficio – Costo para el mismo periodo, siendo de 1.28.

Los 3 indicadores financieros del proyecto de implementación del sistema de riego muestran la viabilidad del mismo, caso del VAN y relación B/C son mayores a 1, mientras la TIR es superior a la tasa del descuento.

En la (Tabla 34-5) se observa que, el periodo de retorno de la inversión del proyecto de riego es de 7.941 años.

4.7 Evaluación de impacto ambiental

Tabla 35-4. Análisis de impacto ambiental.

ACCCIONES COMP. AMB.	TRANSFOR. SUELO		PROCESOS DE PRODUCCIÓN							MANEJO MATERIA PRIMA			PROD. ENER.	UTILI. TRAN.	ACCIDENT.		CONT. SANIT.	AFECTAC. POSITIVAS	AFECTAC. NEGATIVAS	AGREGAC.IMPACTOS
	Emplaz. industrial	Línea de transmisión	Demanda agua	Efluen. liquid. indus.	Efluen. liquid. domést.	Emisión atmosférica	Ruido y vibraciones	Olores	Desechos sólidos	Polvo	Almacenamiento	Ruido y Vibraciones	Ruido y vibraciones	Carreteras	Explosiones	Derrames fugas	Dispos. desechos sólidos			
1 Calidad Aire	3/3					3/1		3/-1			3/-2			1/-1		1/-1		2	4	1
2 Agua subterránea			3/-1															0	1	-3
3 Flora Fauna Suelos Agrícolas	1/2																	1	0	2
	1/1	1/-1						2/1								1/-1	2/-2	2	3	-3
	3/-2		3/1															1	1	-3
6 Paisaje	1/-1																	0	1	-1
7 Salud Condición de vida Empleo Migración Aspec.culturales	3/3					2/2					2/2		1/-1				3/-3	3	2	7
	2/2		3/-2			1/-1		2/2	2/2		2/-1	1/-1	2/1				3/-1	4	5	1
	2/1																	1	0	2
	1/1																	1	0	1
	1/1																	1	0	1
AFEC. POSIT.	8	0	1	0	0	2	0	2	0	0	1	0	1	0	0	1	0	5		
AFEC. NEGAT.	2	1	2	0	0	1	0	1	1	0	2	1	2	1	0	1	3			
AGRC. IMPACTOS	22	-1	-6	0	0	6	0	3	4	0	-4	-1	1	-1	0	-2	-16			

La evaluación de impacto ambiental utilizando la matriz de Leopold detallado en la (Tabla 35-4), contiene en la primera columna los componentes ambientales y asimismo en la primera fila corresponde las acciones y la interacción de estos dos elementos se cuantifica el impacto en sí, si el resultado es positivo (última celda con valor 5) significa que el impacto de la implementación del proyecto de riego en módulo 5 del Chingazo San Jacinto es positivo, por ende, es conveniente ejecutarla, si fuera valor negativo no es conveniente ejecutarla dicho proyecto.

CAPÍTULO V

5. PROPUESTA

El agua es un recurso muy valioso que debe ser usado de forma correcta en las actividades agrícolas, esta investigación determinó estadísticas y procesos que se pueden adelantar en diversas comunidades campesinas para “tratar los sistemas de riego de una forma más ambiental que técnica permitiendo así que el uso de agua se convierta en un elemento indispensable para la soberanía alimentaria y su uso se haga de forma responsable y consciente”.

Los resultados entregados en esta tesis brindan herramientas muy importantes para los pequeños y grandes agricultores permitiendo el mejoramiento de sus procesos y conociendo en detalle los impactos positivos que se pueden generar al implementar un sistema de riego adecuado y con los resultados que se esperan obtener.

Esta tesis abre las puertas a la implementación de una política pública que pueda favorecer el cuidado del agua y a su vez, los manejos que se brindan en las periferias rurales en aras de una agricultura más sostenible y con menos impacto ambiental.

De hecho, para obtener resultados favorables en cuanto a la eficiencia de riego se debe realizar las instalaciones con las especificaciones descritas en el presente texto, tales como: las tuberías con las resistencias correspondientes, los elementos hidráulicos, las distancias entre emisores, distancias entre laterales, los aspersores determinadas para el presente proyecto, posterior a las especificaciones técnicas, es importante trabajar en el ámbito social y del mercadeo.

CONCLUSIONES

- ✓ El estudio socio – económico orienta que la población económicamente activa (PEA) comprendido entre las edades de 13 y 70 años, en el sector de estudio bordea el 77%, siendo suficiente mano de obra para desarrollar las actividades productivas.
- ✓ En Chingazo San Jacinto, en el módulo 5 la evapotranspiración de cultivo supera la cantidad de precipitación, obligando realizar riegos para suplir las necesidades, siendo para este periodo la perdida promedio de 4.00 mm por día, mientras la precipitación más alta es de 1.6 mm por día.
- ✓ En el diagnostico agronómico se determinó la cedula de cultivo, siendo cada cultivo un mundo totalmente distinto en cuanto al requerimiento hídrico, de hecho, influenciado de los factores edáficos, factores climáticos, en la actualidad existen cultivos anuales y perennes producidos a costos totalmente altos y a la voluntad climática, siendo: la alfalfa, frutilla, limón, maíz, mora y tuna, el cultivo de mayor superficie es maíz con área de 1.3370 ha.
- ✓ Una vez determinada las necesidades netas de riego máximo, se diseñó la instalación, la conducción de tuberías y la colocación de micro aspersores y otros elementos hidráulicos en las 35.9382 ha a nivel parcelario, cuyo presupuesto es de 188,200.28 dólares.

RECOMENDACIONES

- ✓ Instalar el sistema riego a presión con la finalidad de optimizar al máximo el agua.

- ✓ Involucrar a todos los beneficiarios en la capacitación sobre el manejo de sistema de riego, en especial en los turnos de riego, distribución y planificación por cada usuario, días y horas de riego, por ende.

- ✓ Construir cortinas rompevientos con especies arbóreas de la zona para evitar que el viento afecte en la distribución de micro gotas de la lluvia artificial.

GLOSARIO

Presión nominal (PN). - Es el valor numérico de una serie convencional que se adopta, a efectos de referencia, para caracterizar los tubos, las piezas especiales y los demás elementos de la tubería en relación con la presión hidráulica interior (kp/cm²) que son capaces de resistir en ausencia de cargas externas.

Evapotranspiración. - Conocido como uso consuntivo, corresponde a la pérdida de agua del suelo y de los cultivos por efecto de la presión de los factores climáticos y fisiológico de los cultivos.

Emisores. – comúnmente conocidos micro aspersores.

Capacidad de campo. – Es la cantidad de agua que puede retener el suelo, y que las plantas aprovechan sin problemas, la cantidad de agua retenido se varía de acuerdo a la textura del mismo.

Punto de marchitez permanente. – Es el agua retenido por el suelo pero que no es aprovechado por las plantas, debido a que estos están siendo retenidos a presiones mayores que el cultivo no puede extraer.

Diseño agronómico. – Corresponde a determinar cuánto, cuando, y como regar agua en los cultivos.

Diseño hidráulico. – Es uso de tuberías y elementos hidráulicos apropiados, tuberías que soportan las presiones y están en función de la variación topográficas.

BIBLIOGRAFÍA

- Andrade, L. 2013. Sistema de información para la interpolación de datos de evapotranspiración de referencia del Ecuador. Revista Politécnica Nacional. Quito, Ecuador. 14 p.
- Belarmino, S. 2017. Cómo tomar muestras de suelos. 2^{da} Ed. México. 20 p.
- Caballero, R. 2008. El enfoque sistémico para un diseño agroecológico. Universidad Agraria de la Habana. 5^{ta} Ed. La Habana, Cuba. 10 – 13 p.
- Calvache, M. 2012. Riego andino tecnificado. 1^{ra} Ed. Quito, Ecuador. 20 – 31 p.
- Carrazón J. 2007. Manual práctico para el diseño de sistemas de minirriego. 1^{ra} Ed. Honduras. 20-35 p.
- Consortio de Gobiernos Autónomos Provinciales del Ecuador - CONGOPE. 2016. Hablemos de Riego con los agricultores. 1^{ra} Ed. Quito, Ecuador. 251 – 265 p.
- Consortio Tracasa – NIPSA. 2014. Levantamiento de cartografía temática a escala 1:25000. 1^{ra} Ed. Honduras. 7 p.
- Demin, P. 2014. Aportes para el mejoramiento del manejo de los sistemas de riego. 2^{da} Ed. Catamarca, Argentina. 212 – 228 p.
- Fernández, R. 2010. Manual de riego para agricultores. 2^{da} Ed. Sevilla, España. 58, 64, 88 p.
- Fontova, M. 2001. Ingeniería de riego. 1^{ra} Ed. La Habana, Cuba. 45 p.
- Gobierno Autónomo Descentralizado de Guano - GAD-Guano. 2019. Actualización del plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Guano. Guano, Ecuador. 45 – 65 p
- Gobierno Autónomo Descentralizado Provincia de Chimborazo - GADPCH, 2016. Plan provincial de riego y drenaje. Chimborazo, Ecuador. 23 – 64 p.
- García, E. 2001. Ingeniería del riego. 1^{ra} Ed. La Habana, Cuba. 112 p.
- García, L. 1999. Diagnóstico agroecológico de sistemas agrícolas. Universidad Agraria de la Habana, Cuba. 56 p.
- Gaviláñez, F. 2019. La hidráulica del Ingeniero Agrícola. 1^{ra} Ed. Quito, Ecuador. 68 – 96 p.
- Holdridge, L. 2000. Ecologías basadas en zonas de vida. 5^{ta} Ed. San José, Costa Rica. 321 p.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización - INEN. 2003. Calidad del Agua, Manejo y Conservación de Muestras. 1^{ra} Edición. Quito, Ecuador.

- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura - IICA. 2017. El Agua para la Agricultura de las Américas. 5^{ma} Ed. México. 241 p.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos - INEC. 2015. Metodología de la encuesta de condiciones de vida. Quito, Ecuador. 67 p.
- León, C. 2005. Métodos bio-matemáticos para el análisis de sistemas agropecuarios en el Ecuador. Quito, Ecuador.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería - MAG. 2020. Resumen ejecutivo de los diagnósticos territoriales del sector agrario. 1^{ra} Ed. Quito, Ecuador. 5 p.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP). 2016. La política agropecuaria ecuatoriana hacia el desarrollo territorial rural sostenible 2015 – 2025. Quito, Ecuador. 56 – 89 p
- Maldonado. 2001. Manual de riego Parcelario. 2^{da} Ed. Santiago, Chile. 52 – 61 p.
- Monje, M. 2018. Diseño agronómico e hidráulico de riegos agrícolas a presión. 1^{ra} Ed. Madrid, España. 231 – 252 p.
- Montiel, V. 2002. Elementos básicos de riego presurizado para productores. Toluca, México.
- Muñoz, Villers. 2015. Efectos hidrológicos de la conversión del bosque de niebla en el centro de Veracruz, México.
- Núñez, A. 2015. Manual de cálculo de eficiencia para sistemas de riego. 2^{da} Ed. Lima, Perú. 52 p.
- Ojeda, W. 2015. Calendarización del riego, teoría y práctica. 2^{da} Ed. México. 38 p.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - FAO. 2006. Estudio FAO Riego y Drenaje, Evapotranspiración del cultivo, guía para la determinación de requerimientos de agua de los cultivos. 10^{ma} Ed. Editorial ROMANA. New York, USA. 340 p.
- Paz, M. 2015. Manual de capacitación riego por goteo. 1^{ra} Ed. La Habana, Cuba. 36 p.
- Plan de Desarrollo Local - PDL. 2010. Plan de desarrollo local del canal de riego Chingazos, Pungales. 45 – 53 p.
- Pizarro, F. 1996. Riegos localizados de alta frecuencia. 3^{ra} Ed. Editorial Mundi – Prensa. Madrid – España. 345 – 357 p.
- Rodríguez, J. 2003. Riego localizado, programas informáticos para Windows. 2^{da} Ed. Ed, Mundi – Prensa. Madrid, España. 230 p.
- Santos, L. 2010. Riego y sus tecnologías. 1^{ra} Ed. Madrid, España. 132 p.

Sistema mundial de información de la FAO sobre el agua en agricultura (AQUASTAT). 2000. Modelos que estima la extracción del agua. 2^{da} Ed. Roma, Italia. 123 p.

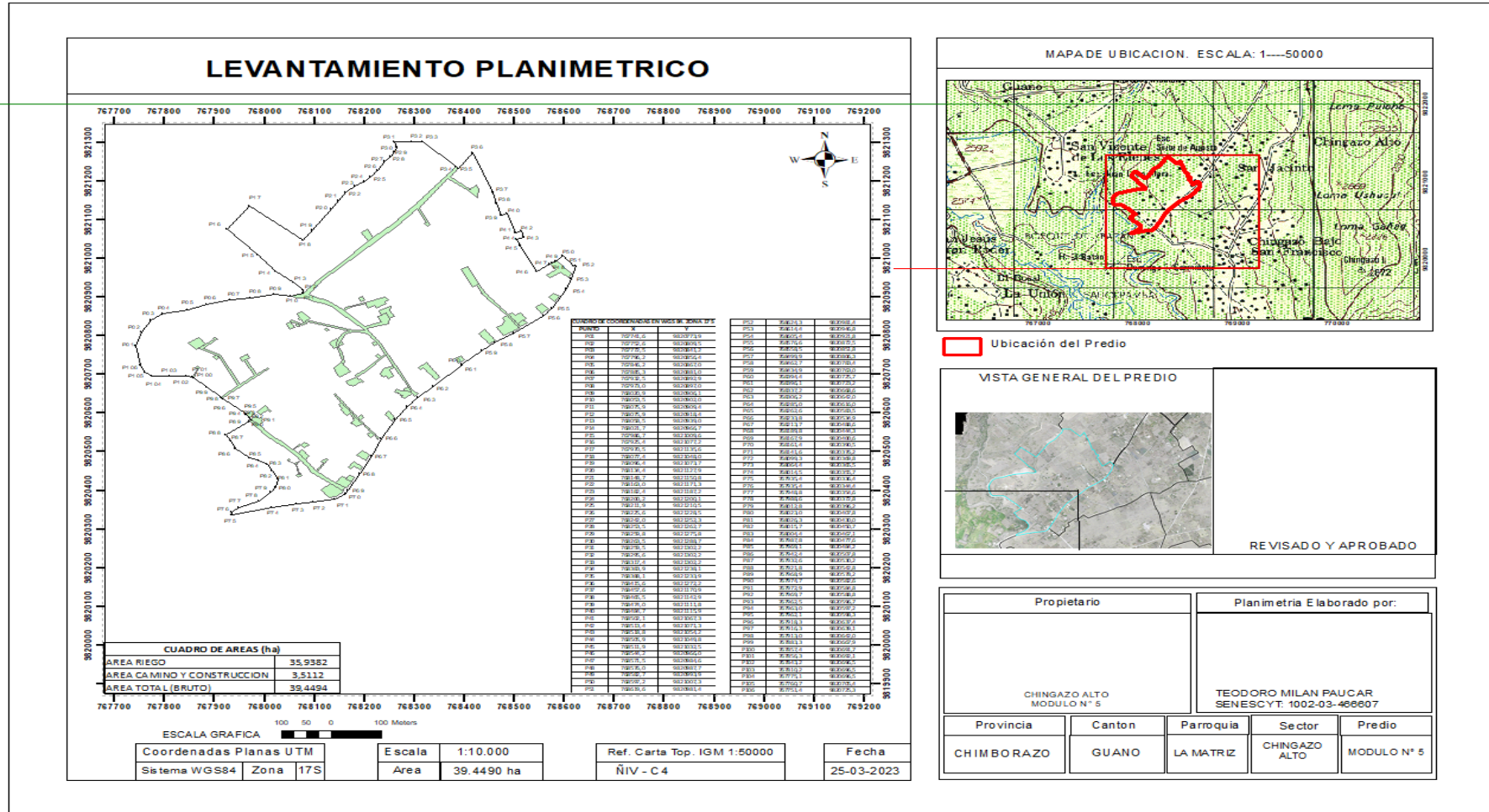
Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo (SCCS). 2000. Fundamentos para la interpretación de análisis de suelos, plantas y aguas de riego. 3^{ra} Ed. Bogotá, Colombia. 101 p.

Tapia, F. 1999. Concepto sobre diseño y manejo de riego presurizado. 1^{ra} Ed. Santiago, Chile. 64 p.

Tarjuelo, J. 2005. El riego por aspersión y su tecnología. 3^{ra} Ed. Editorial Mundi Prensa. Madrid, España.

ANEXOS

Anexo A. Plano del Módulo 5. Chingazo San Jacinto



Anexo B. Turnos de riego con ciclo de 7 días

DISEÑO PARCELARIO MÓDULO 05



LEYENDA TURNOS DE RIEGO

[Color]	LUNES 0842 - 0843
[Color]	LUNES 0843 - 0844
[Color]	LUNES 0844 - 0845
[Color]	MARTES 0845 - 0846
[Color]	MARTES 0846 - 0847
[Color]	MARTES 0847 - 0848
[Color]	MARTES 0848 - 0849
[Color]	MARTES 0849 - 0850
[Color]	MARTES 0850 - 0851
[Color]	MARTES 0851 - 0852
[Color]	MARTES 0852 - 0853
[Color]	MARTES 0853 - 0854
[Color]	MARTES 0854 - 0855
[Color]	MARTES 0855 - 0856
[Color]	MARTES 0856 - 0857
[Color]	MARTES 0857 - 0858
[Color]	MARTES 0858 - 0859
[Color]	MARTES 0859 - 0860
[Color]	MARTES 0860 - 0861
[Color]	MARTES 0861 - 0862
[Color]	MARTES 0862 - 0863
[Color]	MARTES 0863 - 0864
[Color]	MARTES 0864 - 0865
[Color]	MARTES 0865 - 0866
[Color]	MARTES 0866 - 0867
[Color]	MARTES 0867 - 0868
[Color]	MARTES 0868 - 0869
[Color]	MARTES 0869 - 0870
[Color]	MARTES 0870 - 0871
[Color]	MARTES 0871 - 0872
[Color]	MARTES 0872 - 0873
[Color]	MARTES 0873 - 0874
[Color]	MARTES 0874 - 0875
[Color]	MARTES 0875 - 0876
[Color]	MARTES 0876 - 0877
[Color]	MARTES 0877 - 0878
[Color]	MARTES 0878 - 0879
[Color]	MARTES 0879 - 0880
[Color]	MARTES 0880 - 0881
[Color]	MARTES 0881 - 0882
[Color]	MARTES 0882 - 0883
[Color]	MARTES 0883 - 0884
[Color]	MARTES 0884 - 0885
[Color]	MARTES 0885 - 0886
[Color]	MARTES 0886 - 0887
[Color]	MARTES 0887 - 0888
[Color]	MARTES 0888 - 0889
[Color]	MARTES 0889 - 0890
[Color]	MARTES 0890 - 0891
[Color]	MARTES 0891 - 0892
[Color]	MARTES 0892 - 0893
[Color]	MARTES 0893 - 0894
[Color]	MARTES 0894 - 0895
[Color]	MARTES 0895 - 0896
[Color]	MARTES 0896 - 0897
[Color]	MARTES 0897 - 0898
[Color]	MARTES 0898 - 0899
[Color]	MARTES 0899 - 0900
[Color]	MARTES 0900 - 0901
[Color]	MARTES 0901 - 0902
[Color]	MARTES 0902 - 0903
[Color]	MARTES 0903 - 0904
[Color]	MARTES 0904 - 0905
[Color]	MARTES 0905 - 0906
[Color]	MARTES 0906 - 0907
[Color]	MARTES 0907 - 0908
[Color]	MARTES 0908 - 0909
[Color]	MARTES 0909 - 0910
[Color]	MARTES 0910 - 0911
[Color]	MARTES 0911 - 0912
[Color]	MARTES 0912 - 0913
[Color]	MARTES 0913 - 0914
[Color]	MARTES 0914 - 0915
[Color]	MARTES 0915 - 0916
[Color]	MARTES 0916 - 0917
[Color]	MARTES 0917 - 0918
[Color]	MARTES 0918 - 0919
[Color]	MARTES 0919 - 0920
[Color]	MARTES 0920 - 0921
[Color]	MARTES 0921 - 0922
[Color]	MARTES 0922 - 0923
[Color]	MARTES 0923 - 0924
[Color]	MARTES 0924 - 0925
[Color]	MARTES 0925 - 0926
[Color]	MARTES 0926 - 0927
[Color]	MARTES 0927 - 0928
[Color]	MARTES 0928 - 0929
[Color]	MARTES 0929 - 0930
[Color]	MARTES 0930 - 0931
[Color]	MARTES 0931 - 0932
[Color]	MARTES 0932 - 0933
[Color]	MARTES 0933 - 0934
[Color]	MARTES 0934 - 0935
[Color]	MARTES 0935 - 0936
[Color]	MARTES 0936 - 0937
[Color]	MARTES 0937 - 0938
[Color]	MARTES 0938 - 0939
[Color]	MARTES 0939 - 0940
[Color]	MARTES 0940 - 0941
[Color]	MARTES 0941 - 0942
[Color]	MARTES 0942 - 0943
[Color]	MARTES 0943 - 0944
[Color]	MARTES 0944 - 0945
[Color]	MARTES 0945 - 0946
[Color]	MARTES 0946 - 0947
[Color]	MARTES 0947 - 0948
[Color]	MARTES 0948 - 0949
[Color]	MARTES 0949 - 0950
[Color]	MARTES 0950 - 0951
[Color]	MARTES 0951 - 0952
[Color]	MARTES 0952 - 0953
[Color]	MARTES 0953 - 0954
[Color]	MARTES 0954 - 0955
[Color]	MARTES 0955 - 0956
[Color]	MARTES 0956 - 0957
[Color]	MARTES 0957 - 0958
[Color]	MARTES 0958 - 0959
[Color]	MARTES 0959 - 0960
[Color]	MARTES 0960 - 0961
[Color]	MARTES 0961 - 0962
[Color]	MARTES 0962 - 0963
[Color]	MARTES 0963 - 0964
[Color]	MARTES 0964 - 0965
[Color]	MARTES 0965 - 0966
[Color]	MARTES 0966 - 0967
[Color]	MARTES 0967 - 0968
[Color]	MARTES 0968 - 0969
[Color]	MARTES 0969 - 0970
[Color]	MARTES 0970 - 0971
[Color]	MARTES 0971 - 0972
[Color]	MARTES 0972 - 0973
[Color]	MARTES 0973 - 0974
[Color]	MARTES 0974 - 0975
[Color]	MARTES 0975 - 0976
[Color]	MARTES 0976 - 0977
[Color]	MARTES 0977 - 0978
[Color]	MARTES 0978 - 0979
[Color]	MARTES 0979 - 0980
[Color]	MARTES 0980 - 0981
[Color]	MARTES 0981 - 0982
[Color]	MARTES 0982 - 0983
[Color]	MARTES 0983 - 0984
[Color]	MARTES 0984 - 0985
[Color]	MARTES 0985 - 0986
[Color]	MARTES 0986 - 0987
[Color]	MARTES 0987 - 0988
[Color]	MARTES 0988 - 0989
[Color]	MARTES 0989 - 0990
[Color]	MARTES 0990 - 0991
[Color]	MARTES 0991 - 0992
[Color]	MARTES 0992 - 0993
[Color]	MARTES 0993 - 0994
[Color]	MARTES 0994 - 0995
[Color]	MARTES 0995 - 0996
[Color]	MARTES 0996 - 0997
[Color]	MARTES 0997 - 0998
[Color]	MARTES 0998 - 0999
[Color]	MARTES 0999 - 1000

This section contains the logos of the project's institutions, including the IREC logo. Below the logos, there is a technical drawing area featuring a scale bar and a north arrow, which are essential for interpreting the spatial dimensions and orientation of the parcel design.