

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO
USFQ**

Colegio de Ciencias e Ingenierías

**Diseño de un Sistema de Riego por Goteo
para el Cultivo de Olivos: Caso de Estudio en Malchinguí,
Cantón Pedro Moncayo, Pichincha**

Proyecto técnico

Carlos Andrés Trujillo Argüello

Ingeniería Civil

Trabajo de titulación presentado como requisito para la obtención
del título de Ingeniero Civil

Quito, 13 de mayo del 2019

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ
COLEGIO DE CIENCIAS E INGENIERÍAS**

**HOJA DE CALIFICACIÓN
DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

**Diseño de un Sistema de Riego por Goteo
para el Cultivo de Olivos: Caso de Estudio en Malchinguí,
Cantón Pedro Moncayo, Pichincha**

Carlos Andrés Trujillo Argüello

Calificación:

Nombre del Profesor:
Título Académico:

Sixto Durán-Ballén, PhD.
Profesor de Ingeniería Civil

Firma del profesor:

Quito, 13 de mayo del 2019

Derechos de Autor

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante: _____

Nombres y Apellidos: Carlos Andrés Trujillo Argüello

Código: 00124649

Cédula de identidad: 1723548531

Lugar y fecha: Quito, 13 de mayo del 2019

RESUMEN

El presente trabajo de titulación propone el diseño del sistema de riego por goteo para cultivo de olivos en un terreno de 4 hectáreas ubicado en la parroquia de Malchinguí, provincia de Pichincha. Se realiza un estudio topográfico para determinar la pendiente promedio del terreno y se calcula el volumen del reservorio ya construido. Se realiza un estudio hidrológico de la zona y demanda hídrica para el cultivo elegido. Con esta información se realiza el dimensionamiento de la tubería principal para riego y se determina otras piezas que se necesita para el mismo. Por último, se obtiene un presupuesto referencial del proyecto y se realiza un análisis costo-beneficio.

Palabras clave: sistema de riego por goteo, olivos, estudio topográfico, reservorio, estudio hidrológico, dimensionamiento, presupuesto.

ABSTRACT

The present degree work proposes a drip irrigation system for olive crops in 4 land hectares located in Malchingui's parish, Pichincha's providence. A topographic study is carried out to determine the average slope of the land and the volume of the reservoir already constructed is calculated. A hydrological study of the place and the water demand for the chosen crop is carried out. With this information, the sizing of the main irrigation is done, and it also helps to determine other pieces that are needed for it. Finally, the referential budget of the Project and the cost-benefit analysis are got.

Key words: drip irrigation system, olive, topographic study, reservoir, hydrological study, sizing, budget

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|--|----|
| CAPÍTULO I: GENERALIDADES | 13 |
| 1. INTRODUCCIÓN | 13 |
| 1.1. Antecedentes | 13 |
| 1.2. Descripción del proyecto | 14 |
| 2. OBJETIVOS | 15 |
| 2.1. Objetivos Generales | 15 |
| 2.2. Objetivos Específicos | 15 |
| 3. MARCO TEÓRICO | 15 |
| 3.1. Riego..... | 15 |
| 3.2. Riego por superficie | 16 |
| 3.3. Riego Presurizado | 17 |
| CAPÍTULO II: DESARROLLO DEL TEMA | 19 |
| 4. UBICACIÓN | 19 |
| 5. DEMOGRAFÍA | 20 |
| 6. ACTIVIDADES ECONÓMICAS | 21 |
| 7. SUELO | 21 |
| 8. TEMPERATURA | 23 |
| 9. CULTIVOS..... | 25 |
| 10. TOPOGRAFÍA DEL TERRENO..... | 26 |
| 10.1. Estudio topográfico..... | 26 |

| | | |
|---|--|----|
| 10.2. | Volumen del embalse..... | 27 |
| 10.3. | Pendiente promedio | 29 |
| 11. | INFORMACIÓN TÉCNICA DEL OLIVO | 30 |
| 11.1. | Especificaciones técnicas: | 30 |
| 11.2. | Clima..... | 31 |
| 11.3. | Temperatura..... | 31 |
| 11.4. | Suelo | 31 |
| 11.5. | Elevación..... | 32 |
| 11.6. | Demanda hídrica..... | 32 |
| 11.7. | Trazado de la plantación | 33 |
| 12. | DISPONIBILIDAD HÍDRICA | 34 |
| 12.1. | Precipitación del Sector | 34 |
| 12.2. | Determinación del coeficiente de escorrentía | 36 |
| 13. | PROYECTO DE TRASVASE CAYAMBE-PEDRO MONCAYO | 37 |
| 13.1. | Generalidades | 37 |
| 13.2. | Inversión..... | 38 |
| 13.3. | Infraestructura..... | 38 |
| 13.4. | Área del Caso de Estudio | 39 |
| CAPITULO III: DISEÑO DE RIEGO POR GOTEO | | 40 |
| 14. | CAUDAL DE RIEGO REQUERIDO | 40 |
| 15. | OFERTA HÍDRICA | 43 |
| 16. | DÉFICIT HÍDRICO DEL SECTOR | 45 |

| | | |
|-------------------------------|--|----|
| 17. | MANEJO DEL RESERVORIO | 47 |
| 18. | CÁLCULOS PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO | 49 |
| 18.1. | Necesidades netas de riego..... | 49 |
| 18.2. | Necesidades totales de riego | 55 |
| 18.3. | Porcentaje de área a mojarse A | 58 |
| 18.4. | Superficie mojada de la planta S_p | 58 |
| 18.5. | Elección de goteros..... | 58 |
| 18.6. | Superficie mojada del gotero S_g | 59 |
| 18.7. | Número de goteros por planta n | 60 |
| 18.8. | Tiempo de duración de riego t | 60 |
| 18.9. | Lamina total L_t | 61 |
| 18.10. | Unidad de riego: | 61 |
| 19. | DISEÑO DE TUBERÍAS | 62 |
| CAPITULO IV: RESULTADOS | | 65 |
| 20. | ANÁLISIS | 65 |
| 20.1. | Resultados obtenidos | 65 |
| 20.2. | Producción de aceitunas..... | 66 |
| 20.3. | Aceitunas en el Ecuador..... | 66 |
| 21. | ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO | 68 |
| 22. | ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD | 71 |
| 23. | CONCLUSIONES..... | 73 |
| 24. | RECOMENDACIONES | 75 |

| | |
|---|----|
| CAPÍTULO V: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 77 |
| CAPÍTULO VI: ANEXOS..... | 81 |
| A-1. FOTOGRAFÍAS DE TERRENO A ESTUDIAR | 81 |
| A-2. PLANO DEL TERRENO | 84 |
| A-3. PLANO DE DISTRIBUCIÓN DE CANALES TERCARIOS | 85 |
| A-4. FICHA TÉCNICA DEL GOTERO..... | 86 |
| A-5. PROFORMA HIDROTECNOLOGÍA..... | 87 |

TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1: Distribución de la población de Malchinguí según sexo y grupos de edad..... | 20 |
| Tabla 2: Registro mensual de temperaturas en Malchinguí | 23 |
| Tabla 3: Temperatura total mensual | 24 |
| Tabla 4: Pendientes promedio | 29 |
| Tabla 5: Demanda hídrica de la planta de olivo de acuerdo con su edad | 32 |
| Tabla 6: Precipitación Total Mensual | 35 |
| Tabla 7: Coeficientes de escorrentía rural..... | 36 |
| Tabla 8: Caudales designados para la ubicación del terreno | 40 |
| Tabla 9: Oferta hídrica mensual [m ³ / mes] | 44 |
| Tabla 10: Déficit hídrico para el cultivo de olivo [m ³ /mes]..... | 45 |
| Tabla 11: Conductividad eléctrica del estrato de saturación CEe | 56 |
| Tabla 12: Valores de Cu recomendables para riego localizado | 57 |
| Tabla 13: Coeficientes de Heizen - Williams..... | 63 |
| Tabla 14: Precios de Aceituna a granel local [USD/kg] | 67 |
| Tabla 15: Tasa arancelaria para importación de la Aceituna en el Ecuador | 67 |
| Tabla 16: Precios de Aceituna a granel en el Ecuador [USD/Kg]..... | 67 |
| Tabla 17: Costo de inversión inicial para el sistema de riego | 69 |
| Tabla 18: Costos anuales de la inversión para el sistema de riego | 69 |
| Tabla 19: Desglose de costos y ventas anuales | 70 |
| Tabla 20: Valores futuros esperados para una inversión anual bancaria por 10 años | 71 |
| Tabla 21: Valores futuros esperados para la obtención de la misma ganancia del proyecto para 10 años | 72 |

ILUSTRACIONES

| | |
|---|----|
| Ilustración 1: División parroquial del cantón Pedro Moncayo | 19 |
| Ilustración 2: Mapa del lugar de estudio | 20 |
| Ilustración 3: Capacidad de uso del suelo del cantón Pedro Moncayo | 22 |
| Ilustración 4: Cobertura del suelo año 2013..... | 23 |
| Ilustración 5: Temperaturas mensuales medias entre el año 2013 a 2018 de la Estación Tomalón-Tabacundo | 24 |
| Ilustración 6: Zonas productivas del cantón Pedro Moncayo | 26 |
| Ilustración 7: Plano topográfico del terreno | 27 |
| Ilustración 8: Ampliación topográfica del embalse existente en el terreno | 28 |
| Ilustración 9: El Olivo | 30 |
| Ilustración 10: Trazado de la plantación en cuadrado (A) y en rombo (B)..... | 33 |
| Ilustración 11: Mapa Estación Tomalón Tabacundo | 34 |
| Ilustración 12: Precipitaciones Medias Mensual Multianual Estación Tomalón- Tabacundo | 35 |
| Ilustración 13: Esquema general del proyecto Cayambe - Pedro Moncayo | 38 |
| Ilustración 14: Ubicación del terreno para diseño del sistema de riego por goteo | 39 |
| Ilustración 15:Áreas de terreno para diseño del sistema de riego por goteo..... | 41 |
| Ilustración 16: Distribución de plantas en el terreno | 42 |
| Ilustración 17: Oferta hídrica mensual promedio entre los años 2013 a 2018 | 44 |
| Ilustración 18:Promedio de Demanda Hídrica vs. Caudal necesario para el Olivo..... | 45 |
| Ilustración 19: Variación del factor de advección | 54 |
| Ilustración 20: Tubería propuesta para el terreno | 64 |
| Ilustración 21: Vista sur de terreno – Arbustos y maíz seco..... | 81 |
| Ilustración 22: Vista norte del terreno - accesos..... | 81 |

| | |
|--|----|
| Ilustración 23: Vista norte del terreno: acceso oeste – cerro..... | 82 |
| Ilustración 24: Vista sur del terreno - acceso oeste | 82 |
| Ilustración 25: Vista oeste del terreno - plantación de arveja | 83 |

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

Ecuador se caracteriza por ser un país diverso tanto en flora como en fauna. A pesar de tener una gran variedad de plantas que en otras partes del mundo no existen, el olivo es una de las excepciones ya que la misma no es sembrada ni cultivada en esta región. El país se dedica únicamente a la elaboración y envase del aceite de oliva extra virgen; su materia prima viene principalmente de España, Italia, Chile y Argentina. Los datos más recientes muestran que Ecuador gasta alrededor de \$2464 millones al año por importación de olivo (ProChile, 2017).

El olivo, es una planta que soporta temperaturas extremas y que es muy poco exigente en cuanto al tipo de suelo en la que se lo siembre. No necesita de abundante riego y es óptimo para sembrarlo en zonas áridas o secas. Se propone analizar la zona de Malchinguí como caso de estudio para el sembrío y cultivo de olivo por las condiciones parecidas que presenta tanto en clima como en precipitación de lluvia (Bueno & Oviedo, 2014) y un sistema de riego óptimo para la misma, de manera que la planta pueda contar con el agua necesaria para su crecimiento y posterior producción.

Malchinguí es una de las cinco parroquias del cantón Pedro Moncayo de la provincia de Pichincha ubicada al norte del Ecuador. Entre sus principales actividades económicas se destaca la agricultura, floricultura y la ganadería. Este territorio se caracteriza por tener un clima muy seco y ventoso, con precipitaciones limitadas a la época de invierno de 1 a 2 meses al año, por lo que se necesita almacenar agua de fuentes hídricas provenientes de otros lugares adyacentes para ayudar al sector con su producción y con el propio consumo humano de sus habitantes.

1.2. Descripción del proyecto

Se propone realizar el caso de estudio en un terreno de cuatro hectáreas ubicado en la zona de Malchinguí. En este sitio se busca sembrar olivo, una planta que hasta el día de hoy no ha sido cultivada en territorio ecuatoriano a gran escala. Para esto se necesita conocer las principales características de la planta, así como sus necesidades hídricas y climáticas. En base a lo anterior mencionado se procede a realizar un sistema de riego adecuado de manera que la planta pueda crecer y producir de manera adecuada.

Para el sistema de riego, se propone tomar agua del proyecto de Trasvase Cayambe-Tabacundo, ahora llamado proyecto de Canal de Riego Cayambe - Pedro Moncayo que busca abastecer de agua de riego y para ganado en las principales parroquias de los cantones del mismo nombre del proyecto, entre ellos Malchinguí (Redacción Ecuador Regional, 2018). El proyecto toma el agua de los ríos Boquerón, Arturo y San Pedro y los dirige a la laguna de San Marco, que a la vez se acopiarán en un embalse con capacidad para 45000 m³ en la parroquia de Olmedo. La obra está completada en alrededor de un 98% contando ya con redes secundarias que llevarán el agua a las zonas beneficiadas (Redacción Ecuador Regional, 2018).

Con todo esto, se procede a realizar un presupuesto del costo total del sistema de riego propuesto. Por último procedemos a realizar un análisis de costo – beneficio de manera que se pueda demostrar que la inversión en este proyecto es viable y factible en comparación a otros tipos de inversiones de manera que mejores ganancias a corto o a largo plazo.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivos Generales

- Diseñar un sistema de riego óptimo para el cultivo de olivos en la Parroquia de Malchinguí.
- Evaluar el Costo-Beneficio del cultivo y producción del olivo en Ecuador.

2.2. Objetivos Específicos

- Realizar un estudio topográfico del terreno para el diseño del sistema de riego.
- Realizar un estudio hidrológico para determinar la disponibilidad hídrica del sector.
- Evaluar e investigar las necesidades hídricas del cultivo y cuantificar la demanda hídrica.
- Dimensionar un reservorio para abastecer las necesidades hídricas del cultivo.
- Diseñar un sistema hidráulico para el control de caudales en la aplicación de riego.
- Diseñar el sistema de riego sobre las parcelas del cultivo.
- Realizar un análisis costo-beneficio para la implementación del proyecto.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Riego

Las plantas, así como todos los seres vivos, necesitan de agua como principal recurso para desarrollarse y crecer. Cada cultivo requiere de su propia cantidad de agua, depende mucho del tipo de planta y del medio en el que se la críe. Es por eso y para que un cultivo pueda desarrollarse con éxito que se le debe proveer la cantidad necesaria de agua, así como de otros nutrientes. Para esto tenemos los diferentes sistemas de riego en los que se

consideran los factores antes mencionados de manera que se optimice este recurso vital y la planta pueda desarrollarse correctamente. En riego también existen excesos o incluso carencias de agua. Para poder minimizar estos problemas, al momento de proponer y diseñar el sistema de riego se debe conocer la calidad del tipo de suelo, sus propiedades de infiltración y topografía del lugar.

3.2. Riego por superficie

Este tipo de riego es el más económico y no requiere consumo de energía, pero a la vez tiende a generar pérdidas, sobre todo por infiltración. Tenemos tres tipos: por surco, melga y tendido.

3.2.1. Surco

Este tipo de riego consiste en el avance del agua a través de surcos, de manera que el agua alimente a todo el sembrío. Por lo general se riega desde la parte más alta del terreno a la más baja de manera que, por gravedad, el agua baje a todo el terreno. Este tipo de riego se adapta fácilmente a cultivos sembrados en línea. Su eficiencia se encuentra en un porcentaje del 40% por lo que hay que tomar en cuenta algunos factores para este tipo de riego, entre ellos tenemos: observar los patrones de infiltración del suelo y la distancia entre surcos que deberían ser más alejados cuando son arcillosos y más cercanos cuando son arenosos, la longitud del surco que depende de la textura del suelo y como se infiltra el agua en este y la cantidad de agua que necesita la planta para poder crecer sin ningún problema.

3.2.2. Melga

Este método de riego consiste en “un espacio de suelo a manera de franjas que queda entre 2 bordos construidos para tal fin, de manera que el agua se mueve encajonada desde la cabecera hasta el pie.” (Demin, 2014). Se debe considerar como principal factor

influyente en este tipo de riego a la pendiente ya que, si es muy pronunciada puede acumularse el agua en la parte baja de la misma lo que obligaría a tener un medio de desagüe.

3.2.3. Tendido

Este tipo de riego es de los más antiguos y se caracteriza por tener grandes pérdidas dejando a unas partes del terreno con exceso de agua y otras sin el mismo. Lo que es recomendable para este tipo de riego es que se siga las curvas de nivel de terreno de manera que se pueda optimizar en lo mayor posible el agua, además se recomienda usar este tipo de riego para terrenos con pendientes bajas de manera que el desperdicio del líquido vital sea mínimo.

3.3. Riego Presurizado

Es aquel sistema en el cual el agua es conducida por tuberías o mangueras, a través de un sistema de presión que puede ser por la propia pendiente del terreno, uso de bombas, válvulas, entre otros. Este sistema reduce las pérdidas de agua generadas en el riego por gravedad, ya que sólo moja la corona alrededor de la base de las plantas. Por lo general es usado cuando existen grandes parcelas de un cultivo, es decir, se dedican totalmente al sembrío y producción de un determinado producto. Estos tipos de riego pueden ser por: goteo, aspersión y microaspersión.

La presurización puede darse por una bomba y usando la pendiente del terreno. “Si la presurización es por gravedad se debe tener en cuenta que, en una zona, un desnivel de 10 metros de altura equivale a una columna o tubo con agua colocado verticalmente que tiene una sección de 1 cm x 1 cm (1cm^2) y una altura de 10 metros. En la base de esa columna, por el peso del agua, existe una presión de 1 Kg/cm^2 de presión o 10 metros de columna de agua (m.c.a.). Esta presión es estática, es decir sin movimiento del agua.” (Demin, 2014)

Cualquier sistema de riego requiere un diseño minucioso de toma en cuenta la cantidad de agua que se debe aplicar, cuantas veces al día y la distancia entre plantas. Además, podemos añadir que hay que tomar en referencia también lo que se refiere al tipo de suelo, área del lote y cantidad de plantas que podrían sembrarse de manera que podamos ubicar de la manera más eficiente el sistema de riego presurizado que queramos usar. Algo muy importante que debemos tomar en cuenta es la pérdida o ganancia de presión, esta aumenta mientras la tubería es más larga y el diámetro de la tubería más pequeño, de igual manera, la presión disminuye al momento que se pueda transportar más agua por la misma.

3.3.1. Riego por goteo

Este sistema busca proveer de agua a la planta justo en el lugar que lo necesita de manera continua. Por lo general se busca que se ubique lo más cerca de las raíces del cultivo a regar de manera que se genere un bulbo húmedo. Para implementar este tipo de riego se necesita hacer estudios agrícolas e hidráulicos de tal manera que podamos determinar la cantidad de agua que sea necesaria para la planta a manera de caudal en litros/hora.

3.3.2. Riego por aspersión

Es aquel que riega agua a la planta a manera de lluvia. Este método se utiliza en caso de que el viento no sea un factor relevante en donde se esté cultivando y hay que considerar pérdidas ya que mucha del agua que se riegue va a caer en el suelo superficial consiguiendo una evaporación y por ende desperdicio. Se debe tener en cuenta la velocidad con la que aplica el agua a la planta de manera que no sea ni excesivo ni faltante. Para este sistema tenemos aspersores que “arrojan caudales de 600 litros/hora o más y de presiones de alrededor de 2.5 Kg/cm (de baja presión) y de hasta 4.5 Kg/cm (de alta presión).” (Demin, 2014)

3.3.3. Riego por microaspersión

Es aquel sistema en el que se aplica agua en pequeñas gotas, esta requiere una presión mucho más baja (1.6 kg/cm^2) que el riego por aspersión y es muy utilizada para cultivos pequeños como viveros, jardines, frutas u hortalizas. La distancia que cubre el microaspersor desde donde se lo conectó es de 3 a 4 metros, se lo recomienda para viveros y cultivos pequeños. Hay microaspersores que se ubican en el suelo conectados a una manguera y otros que se los cuelga por encima de las plantas.

CAPÍTULO II: DESARROLLO DEL TEMA

4. UBICACIÓN

La zona de estudio se encuentra en la parroquia Malchinguí, cantón Pedro Moncayo, provincia de Pichincha. A continuación, una ilustración con la división parroquial del cantón:



Ilustración 1: División parroquial del cantón Pedro Moncayo

Fuente: (Gutiérrez, 2016)

Las coordenadas exactas del terreno son 0.061209, -78.335173. A continuación, una fotografía tomada en Google Maps de la ubicación exacta del lugar.

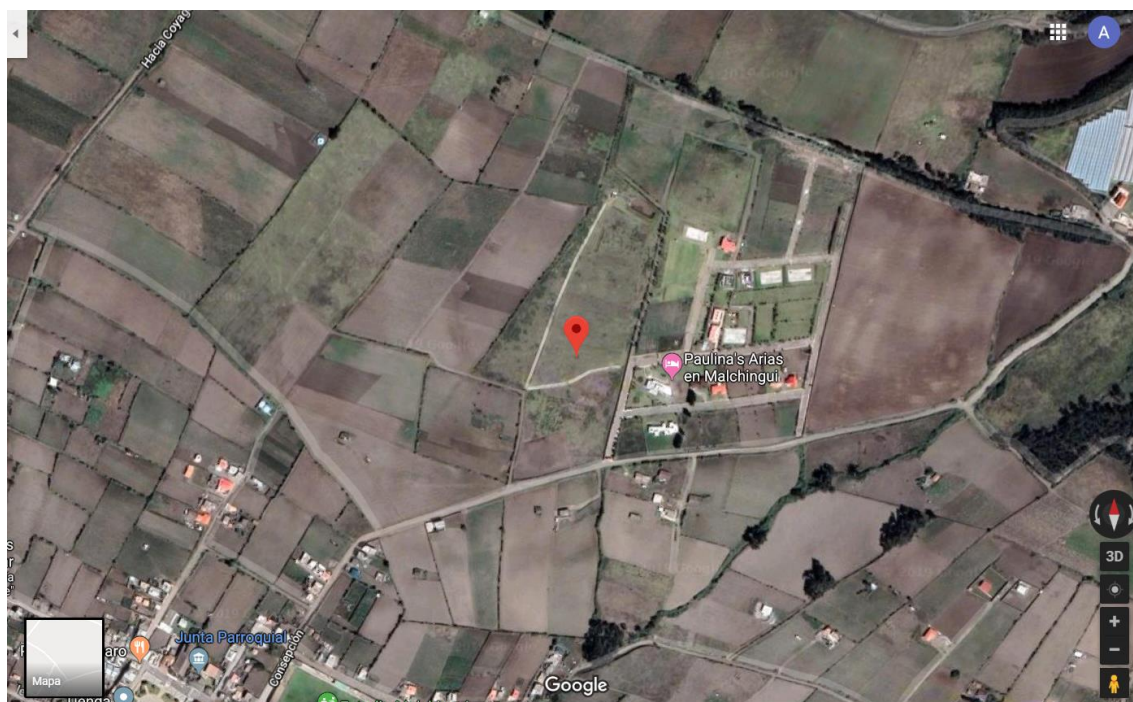


Ilustración 2: Mapa del lugar de estudio

Fuente: (Maps, s.f.)

5. DEMOGRAFÍA

Según el último censo de 2012, Malchinguí es la tercera parroquia del cantón Pedro Moncayo con mayor cantidad de habitantes con un total de 4624 personas. Su distribución según sexo y edad se presenta a continuación.

Tabla 1: Distribución de la población de Malchinguí según sexo y grupos de edad

| GRUPO DE EDAD | NÚMERO | PORCENTAJE |
|-----------------------------|--------|------------|
| Niñas niños de 1 a 3 años | 269 | 5,81 |
| Niños 4 a 12 años | 863 | 18,66 |
| Adolescentes 12-17 años | 595 | 12,87 |
| Jóvenes 18 – 29 años | 938 | 20,29 |
| Adultos 30 – 64 años | 1.358 | 29,37 |
| Adultos mayores 65 y + años | 601 | 13 |
| Total | 4.624 | 100,00 |

6. ACTIVIDADES ECONÓMICAS

Las principales actividades económicas de la parroquia de Malchinguí radican principalmente en la producción agrícola, seguida de otras actividades como la producción de leche, avicultura. Existen pequeños negocios que se dedican a todo tipo de actividades comerciales lo que quiere decir que no existen empresas grandes que se radiquen en este lugar. Existen algunas florícolas, sin embargo, esta producción es netamente nacional. El turismo es otra fuente de recursos con la que cuenta esta parroquia.

En cuestión de empleo, la principal fuente viene del trabajo, cultivo y cuidado de la tierra lo que hace una concentración de este para el género masculino. Las mujeres no trabajan en la agricultura, lo que hacen es dedicarse a las actividades de la casa o manejando los pequeños comercios que poseen en la parroquia. En general para el cantón Pedro Moncayo, hay un bajo nivel de desempleo teniendo un 97% de la población económicamente activa; Malchinguí ocupa un 13.25% (Equipo Técnico Municipal, 2018).

7. SUELO

Según su textura, existen tres tipos de suelos en Malchinguí, entre ellos tenemos: aquellos que son aptos para el cultivo ya que son ricas en nutrientes y son una mezcla de arcilla, limo y arena; los que son más finos y cuentan con ciertos problemas de permeabilidad y los últimos que presentan o mucho contenido de arena o arcilla, los unos con permeabilidad alta a diferencia de los otros. (Equipo Técnico Municipal, 2018).

El suelo usado para la agricultura representa un 65% del total del lugar. También se puede representar un 33% para cultivos transitorios y barbecho, un 22% para montes y bosques y 23% para pastos. Esta parroquia usa un 57.19% de su suelo para actividades

agropecuarias, un 31.22% para vegetación arbustiva y otros tipos de usos el restante 11.59%. (Equipo Técnico Municipal, 2018).

A continuación, una imagen que muestra la capacidad de uso del suelo del cantón Pedro Moncayo (en azul, la ubicación del presente Estudio):

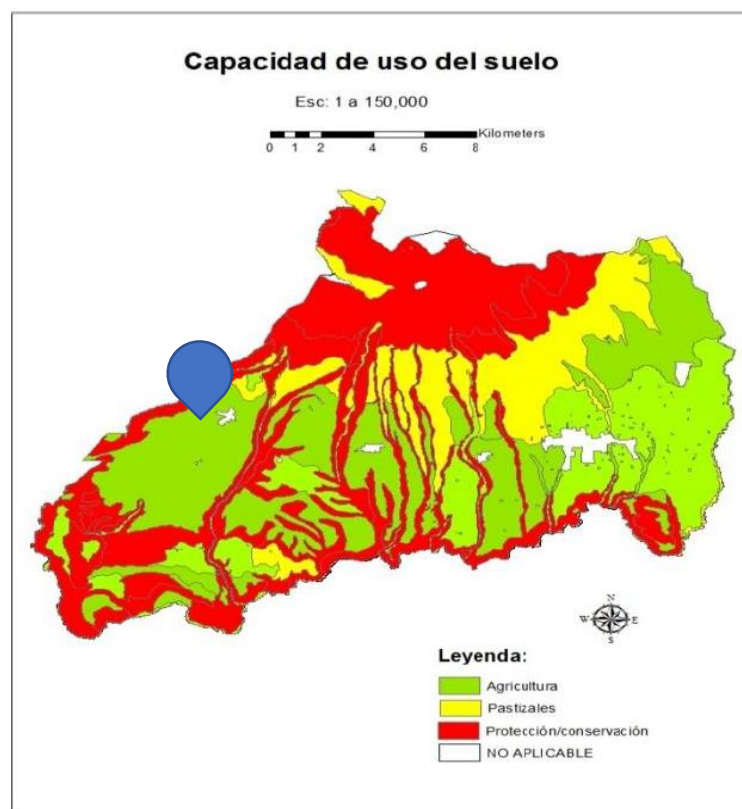


Ilustración 3: Capacidad de uso del suelo del cantón Pedro Moncayo

Fuente: (Equipo Técnico Municipal, 2018)

Presentamos de igual forma, una imagen con el mapa del cantón Pedro Moncayo según su cobertura de suelo:

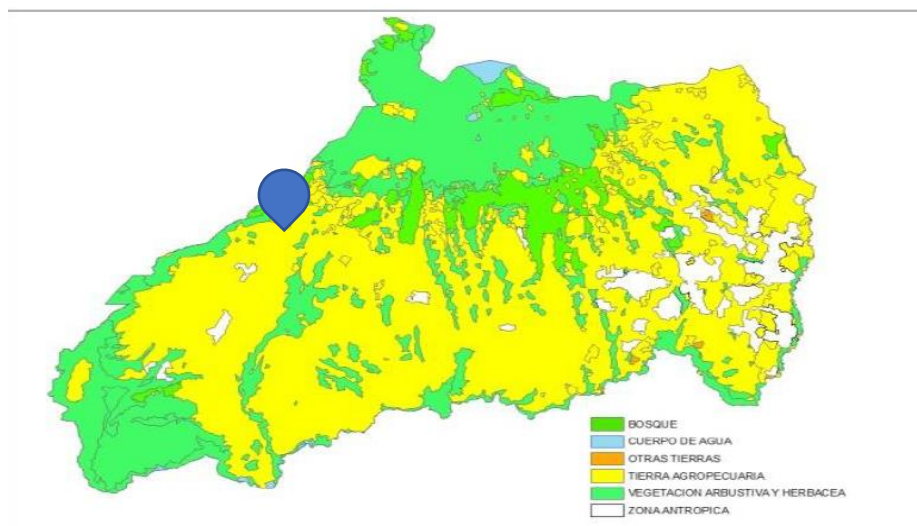


Ilustración 4: Cobertura del suelo año 2013

Fuente: (Equipo Técnico Municipal, 2018)

Como se puede observar, tanto en la ilustración 3 y 4, en la zona de Malchinguí el suelo es claramente apto para la agricultura corroborando los datos anteriormente expuestos.

8. TEMPERATURA

Según (Equipo Técnico Municipal, 2018) “los datos de temperatura muestran que existen un comportamiento estable, con ligeras variaciones que van de 1 a 2 grados centígrados, la temperatura promedio para los últimos 9 años es de 14,8°C”. Ahora tenemos también una tabla de datos mensuales:

Tabla 2: Registro mensual de temperaturas en Malchinguí

| | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |
|---------------------------|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|
| Temperatura media (°C) | 13.7 | 13.4 | 13.6 | 13.7 | 13.9 | 13.5 | 13.4 | 13.7 | 13.8 | 13.5 | 13.4 | 13.5 |

Fuente: (Climate-Data.org, s/f)

Con un promedio de estos doce meses del año de:

Temperatura promedio = 13.59°C

También tenemos las temperaturas tomadas de la estación más cercana al Malchinguí que es la Tomalón-Tabacundo, con los siguientes datos:

Tabla 3: Temperatura total mensual

| INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----|------|------|------|------|------|---------------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| Temperatura Media Mensual (°C) | | | | | | | | | | | | | | |
| SERIES MENSUALES DE DATOS METEOROLÓGICOS | | | | | | | | | | | | | | |
| NOMBRE: TOMALON-TABACUNDO | | | | | | | CODIGO: M1094 | | | | | | | |
| PERIODO: 2013 - 2018 LATITUD: 0G 00' 40.16" N LONGITUD: 78G 15' 18.19"W | | | | | | | | | | | | | | |
| ELEVACION: 2790.00 | | | | | | | | | | | | | | |
| AÑOS | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | SUMA | MEDIA |
| 2013 | 16 | 14.3 | 15.3 | 15.3 | 14 | 15.6 | 14.8 | 14.9 | 15.6 | 14.5 | 15.3 | 15.1 | 180.6 | 15 |
| 2014 | 15 | 14.9 | 14.8 | 15.4 | 14.8 | 15.3 | 16.3 | 15.4 | 15.2 | 15.5 | 15.3 | 15 | 182.7 | 15.2 |
| 2015 | 15 | 15.4 | 15.1 | 15.7 | 15.7 | 16.3 | 15.8 | 16.8 | 16.8 | 16.2 | 15.5 | 17.2 | 191.7 | 15.9 |
| 2016 | 16 | 16.7 | 16.1 | 16 | 16.1 | 15 | 15.1 | 16.5 | 15.8 | 15.9 | 16 | 15.2 | 190.8 | 15.9 |
| 2017 | 14 | 14.9 | 14.3 | 15.3 | 14.7 | 15.1 | 15.5 | 15.5 | 16.2 | 15.5 | 15 | 15 | 181.3 | 15.1 |
| 2018 | 15 | 15.2 | 15.5 | 14.9 | 14.5 | 15.4 | 15.6 | 16 | 16.3 | 15.7 | 15.4 | | 169 | 15.4 |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| media | 15 | 15 | 15.1 | 15.2 | 14.9 | 15.4 | 15.6 | 15.8 | 16 | 15.5 | 15.3 | 15.4 | 184.4 | 15.4 |
| mínima | 13 | 13.9 | 14.3 | 14.2 | 14 | 15 | 14.8 | 14.9 | 15.2 | 14.5 | 14.9 | 15 | | 13.3 |
| máxima | 16 | 16.7 | 16.1 | 16 | 16.1 | 16.3 | 16.3 | 16.8 | 16.8 | 16.2 | 16 | 17.2 | | 17.2 |

Fuente: INHAMI

A continuación, un gráfico que muestra de mejor manera los datos obtenidos anteriormente:

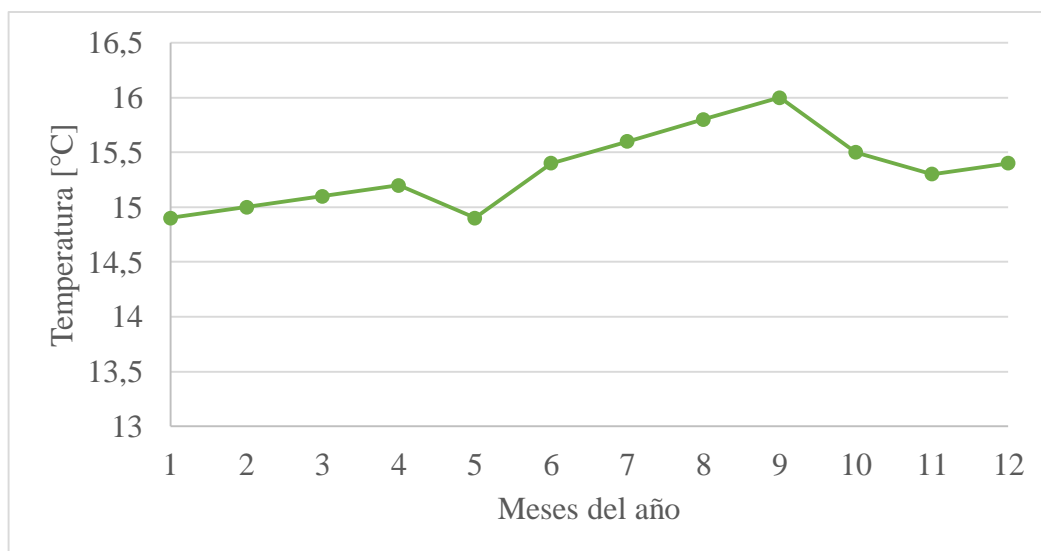


Ilustración 5: Temperaturas mensuales medias entre el año 2013 a 2018 de la Estación

Tomalón-Tabacundo

$$\textit{Temperatura promedio} = 15.4^{\circ}\text{C}$$

Podemos observar como las temperaturas fluctúan entre los 14 a 16 grados centígrados. Para realizar un estimado, promediamos todos los valores obtenidos de manera que tenemos:

$$T = \frac{14.8 + 13.59 + 15.4}{3}$$

$$T = 14.6^{\circ}\text{C}$$

Hay que destacar que los valores tomados son aproximados, ya que son datos tomados de fuentes distintas y en el caso de la INHAMI, la estación escogida es la más cercana a Malchinguí, sin embargo, tiene una distancia de aproximadamente 10 km con esta parroquia.

9. CULTIVOS

En Malchinguí se obtienen granos, hortícolas y frutas. El maíz es el principal cultivo de la zona, así como el frejol, cebada, quinua, papas y otras hortalizas. Existe una zona donde se cultivan rosas. Al ser parte de la zona norte territorio ecuatoriano, esta maneja cultivos como cereales y algunas plantas. Las flores son un cultivo muy importante en esta zona ya que constituyen una de las principales actividades de explotación agrícolas en la zona. Malchinguí se encuentra en una zona de cultivos ya que su variabilidad climática favorece totalmente a la producción de los mismos (Equipo Técnico Municipal, 2018).

A continuación, mostramos una imagen del cantón Pedro Moncayo en el que delimita la zona de cultivo, siendo Malchinguí la ubicación exacta para esta actividad:

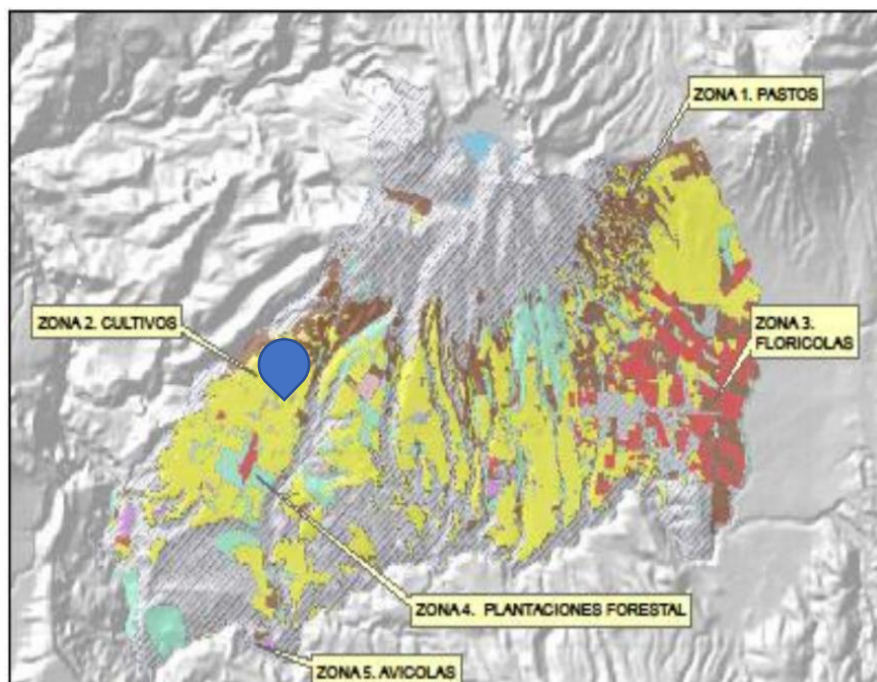


Ilustración 6: Zonas productivas del cantón Pedro Moncayo

Fuente: (Equipo Técnico Municipal, 2018)

10. TOPOGRAFÍA DEL TERRENO

Para poder realizar un diseño de sistema de riego adecuado, es necesario conocer la topografía del terreno, de manera que tengamos datos básicos como área a cubrir, pendiente del terreno y la forma que este tiene. También debemos observar en el caso que existiese algún tipo de falla o accidentes topográficos críticos en el terreno o cercano al mismo como son: quebradas, ríos, lagos, lagunas, etc; así como linderos del terreno.

10.1. Estudio topográfico

Para poder obtener los datos del terreno y el posterior estudio topográfico del mismo, se utilizó una estación total Marca: Sokkia, modelo: CX-105 y un dispositivo GPS tomado desde un celular. Debido a que el terreno es de aproximadamente 4 hectáreas, entonces se obtuvieron curvas de nivel primarias cada 2 metros y curvas secundarias cada 0.40m. Es así como obtenemos el siguiente plano:

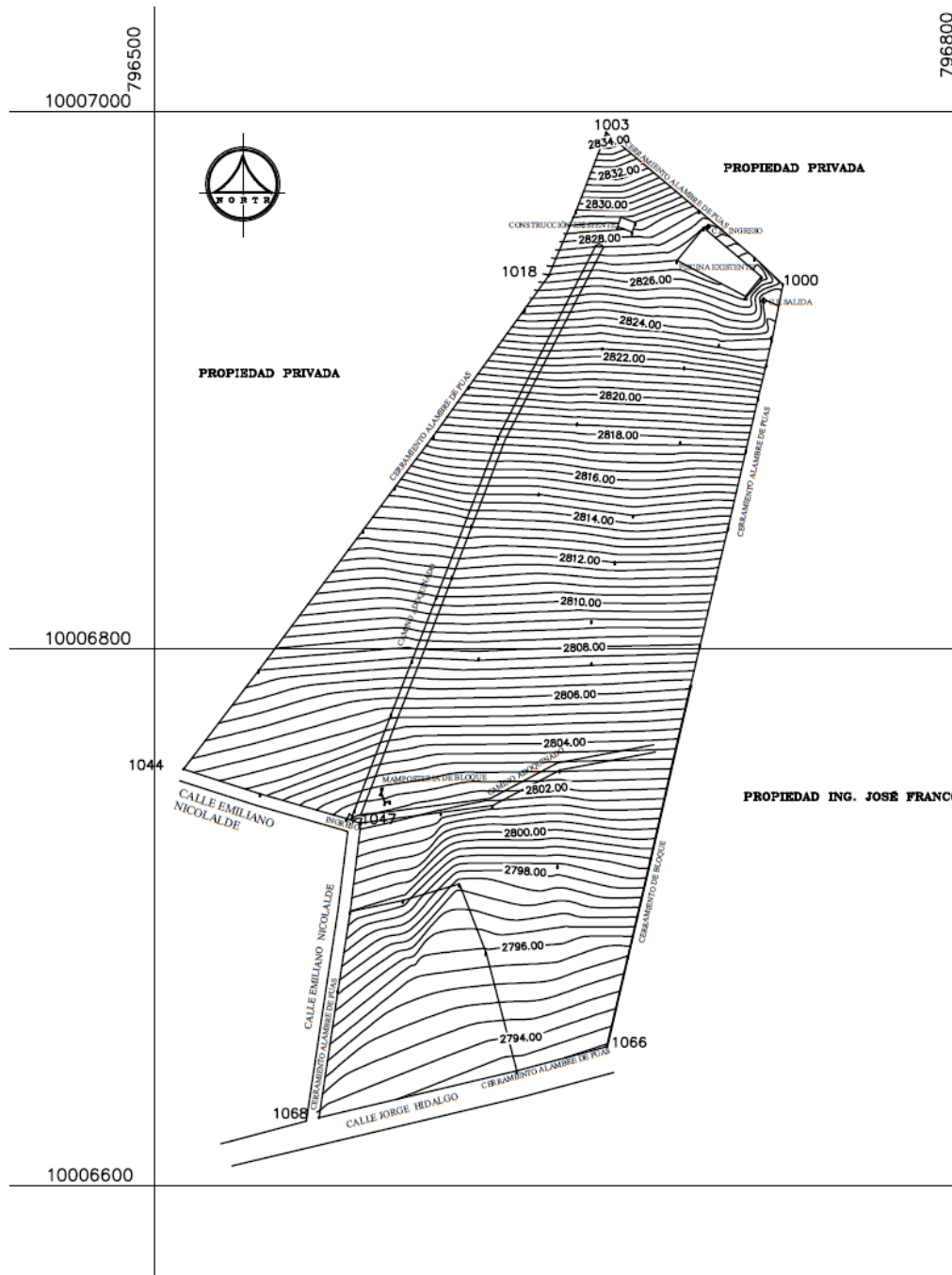


Ilustración 7: Plano topográfico del terreno

10.2. Volumen del embalse

Para obtener el volumen del embalse que se tiene en el terreno, procedemos a obtener las cotas que se obtuvo del levantamiento topográfico para obtener el área en el programa AutoCAD, también se midió la profundidad de este con el que

procedemos a calcular el volumen. A continuación, una ampliación del plano topográfico del embalse:

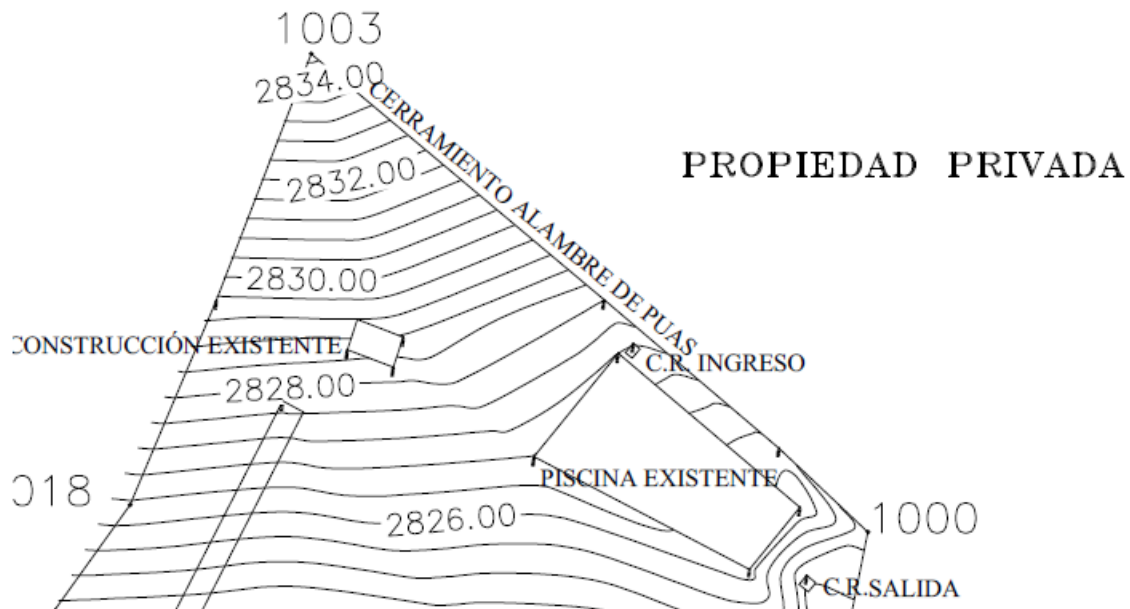


Ilustración 8: Ampliación topográfica del embalse existente en el terreno

El área obtenida del embalse es de 355.72 m², la altura del embalse es de 2.20m, por ende, tenemos:

$$V = A \times h$$

Donde:

A: área del embalse

h: altura del embalse

$$V = 355.72 \times 2.20$$

$$V = 782.58 \text{ m}^3$$

10.3. Pendiente promedio

Para el cálculo de la pendiente promedio, tomamos curvas cada 2 metros en distintas partes del terreno como se encuentra en las ilustraciones anteriores.

Usando la siguiente ecuación para la pendiente tenemos que:

$$\% \text{ pendiente} = \frac{\text{Diferencia de alturas}}{\text{Distancia horizontal}} \times 100$$

El resultado es el siguiente:

Tabla 4: Pendientes promedio

| Altura [m] | Distancia [m] | Pendiente [%] |
|-------------------|----------------------|----------------------|
| 2 | 12.56 | 15.92% |
| 2 | 17.69 | 11.31% |
| 2 | 17.77 | 11.25% |
| 2 | 12.71 | 15.74% |
| 2 | 14.25 | 14.04% |
| 2 | 14.04 | 14.25% |
| 2 | 16.93 | 11.81% |
| 2 | 15.44 | 12.95% |
| 2 | 15.00 | 13.33% |
| 2 | 18.47 | 10.83% |
| 2 | 17.76 | 11.26% |
| 2 | 18.04 | 11.09% |
| 2 | 18.04 | 11.09% |
| 2 | 17.36 | 11.52% |
| 2 | 23.80 | 8.40% |
| 2 | 14.42 | 13.87% |
| 2 | 29.41 | 6.80% |
| 2 | 36.68 | 5.45% |
| | Promedio | 11.72% |

Con estos datos podemos observar que el terreno tiene una pendiente mayor al 10% que es considerablemente alta por lo cual debe ser tomado en cuenta para un diseño por riego por goteo. También podemos destacar que el terreno es inclinado y que la gravedad puede ayudar al momento de distribuir el agua en las futuras plantaciones.

11. INFORMACIÓN TÉCNICA DEL OLIVO

11.1. Especificaciones técnicas:

Nombre común: Olivo (Aceituna)

Nombre científico: *Olea europea* L.

Familia: Oleaceae

Origen: Mediterráneo (Costas de Siria, Libano e Israel)

A continuación, presentamos una foto del fruto producido por el olivo:



Ilustración 9: El Olivo

Fuente: (MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO, 2015)

11.2. Clima

La planta de olivo se caracteriza por ser cultivada en un clima mediterráneo que se compone de dos estaciones: fría y húmeda. En la estación fría, se crea una acumulación de frío que hace que el olivo nazca de la semilla y florezca de una manera pareja y uniforme, mientras que en el clima de verano ayuda a que el fruto alcance los azúcares y nutrientes necesarios. La humedad excesiva en el ambiente hace que la planta cree hongos y algo con lo que es muy sensible la planta son las nieblas ya que esto provoca que se caigan las flores (Tapia, y otros, 2003).

11.3. Temperatura

El olivo es capaz de resistir tanto bajas como altas temperaturas. Para la parte de brote de la semilla y maduración de planta hablamos de un umbral de 12.5°C y para la parte de fructificación de entre 15 a 35°C ya que así absorbe todos los aceites y azúcares necesarios. Lo importante aquí es que haya una acumulación tanto en frío o calor para que la planta y fruto tengan un buen desarrollo (Tapia, y otros, 2003). Para el caso de Malchinguí podemos observar temperaturas bajas que pueden ayudar para el brote de la planta, sin embargo, al no existir las temperaturas altas esperadas el fruto podría llegar a ser de mediana calidad

11.4. Suelo

El suelo necesario para la planta de olivo debe ser aireado, con textura y profundidad igual a la de cualquier árbol frutal. Se habla de una profundidad efectiva de al menos 0.8 metros para un buen crecimiento de las raíces, en caso de no tenerlo se hacen lomas de 0.3 a 0.4 metros y anchos de corona de al menos 1 metro. En cuestión al nivel freático, este debe tener una profundidad mayor a 3 metros, es tolerante a problemas de salinidad

y la planta puede crecer de manera adecuada con suelos con un pH entre 5.5 a 8.5 (Tapia, y otros, 2003).

11.5. Elevación

La elevación ideal para el cultivo del olivo es de entre 250 a 500 msnm (De la Vega Lozano, 2004), este dato es considerado debido a que en las zonas con estas alturas el clima se asemeja bastante al requerido por la planta de olivo. Por el contrario, Malchinguí se encuentra en la línea Ecuatorial con una altitud es de 2800 msnm aproximadamente. En este lugar el clima se caracteriza por no tener temperaturas altas, lo que beneficia al desarrollo de la planta cuando es joven, pero no favorece para la floración y brote de este. Sin embargo, se toma en cuenta otros casos en los que el cultivo ha sido exitoso en otras elevaciones como es en Colombia en el cual cultivan olivo a 2100 msnm y el excelente suelo que Malchinguí tiene para cultivar.

11.6. Demanda hídrica

La demanda hídrica que tiene el olivo depende de la región, el clima y la temperatura donde se lo cultive. A continuación, una tabla que muestra los valores de caudal de acuerdo con la edad de la planta de olivo:

Tabla 5: Demanda hídrica de la planta de olivo de acuerdo con su edad

| Year | Volume | |
|-------------------|-----------------|-----------------|
| | Year | Summer |
| New plant-ed tree | 1.1 l/tree/week | 1.5 l/tree/wee |
| 1 | 5.0 l/tree/week | 1.0 l/tree/day |
| 2 | 2.3 l/tree/day | 3.1 l/tree/day |
| 3 | 5.7 l/tree/day | 7.5 l/tree/day |
| 4 | 12.0 l/tree/day | 15.0 l/tree/day |
| 5 | 22.0 l/tree/day | 29.0 l/tree/day |
| 6 | 37.0 l/tree/day | 49.0 l/tree/day |
| 7 | 60.0 l/tree/day | 78.0 l/tree/day |

Fuente: (USAID-Inma, 2011)

Para una densidad media, la necesidad hídrica del árbol de olivo es de 60 a 80 litros de agua por día y por árbol ya adulto (NAGREF-ITAP, s/f). Los valores para plantas jóvenes redondean entre un 12 a 40 l/día (USAID-Inma, 2011) como podemos observar en la tabla 4. El riego para este caso de estudio es de vital importancia dado que la precipitación en Malchinguí no es suficiente para cubrir las necesidades del cultivo.

11.7. Trazado de la plantación

La ubicación y distancia entre árbol de olivo depende del suelo que tenemos, clima, tipo de riego y disponibilidad hídrica. Para nuestro caso el suelo es fértil, el clima es seco, la disponibilidad hídrica radica en el embalse que tenemos con agua proveniente del Proyecto Cayambe-Pedro Moncayo y para diseño de sistema de riego presurizado, la densidad de árboles que se pueden plantar es desde 450 árboles aproximadamente de olivo por hectárea escogido para una densidad media de plantación y siendo esta de las más usadas tradicionalmente (USAID-Inma, 2011). El trazado de la plantación generalmente varía en dos formas: cuadrado y rombo. A continuación, una ilustración breve de la distribución para ambos casos:

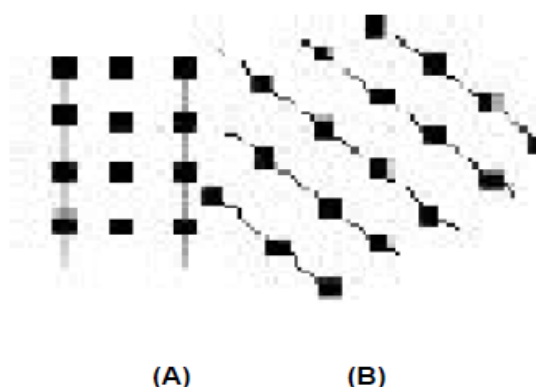


Ilustración 10: Trazado de la plantación en cuadrado (A) y en rombo (B)

Fuente: (NAGREF-ITAP, s/f)

Tenemos distancias entre árboles de 3.5 x 7, 5 x 5, 7 x 7 m., 6 x 8 m., 8 x 8 m., o 10 x 10 m., todo esto depende de la irregularidad perimetral del terreno de manera que podamos aprovechar toda área posible (NAGREF-ITAP, s/f). Para un terreno de 4 ha y una media de 450 plantas por hectárea tenemos que:

$$n^{\circ} \text{ de plantas en el terreno} = \text{área del terreno} \times n^{\circ} \text{ plantas en una ha}$$

$$n^{\circ} \text{ de plantas en el terreno} = 4 \times 450$$

$$n^{\circ} \text{ de plantas en el terreno} = 1800 \text{ plantas}$$

12.DISPONIBILIDAD HÍDRICA

12.1. Precipitación del Sector

Para conocer sobre la precipitación del sector, se tomó los datos de estación que tiene la INHAMI más cercana al lugar de estudio, en nuestro caso es la Estación Tomalón-Tabacundo ubicada aproximadamente a 11 km del sector Malchinguí.

Coordenadas: latitud: 0° 00' 40.2" N y longitud: 78°15'18.2"W



Ilustración 11: Mapa Estación Tomalón Tabacundo

Fuente: (Earth, s.f.)

Los datos obtenidos son de los cinco últimos años hasta 2017:

Tabla 6: Precipitación Total Mensual

| INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----|-------|-------|-------|------|-------|---------------|------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| Precipitación Total Mensual (mm) | | | | | | | | | | | | | | |
| SERIES MENSUALES DE DATOS METEOROLÓGICOS | | | | | | | | | | | | | | |
| NOMBRE: TOMALON-TABACUNDO | | | | | | | CODIGO: M1094 | | | | | | | |
| PERIODO: 2013 - 2018 LATITUD: 0G 00' 40.16" N LONGITUD: 78G 15' 18.19"W ELEVACION: 2790.00 | | | | | | | | | | | | | | |
| AÑOS | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | SUMA | MEDIA |
| 2013 | 32 | 99.6 | 69.2 | 75 | 125 | 2.5 | 3.8 | 22.9 | 4.7 | 82.3 | 23.8 | 42.6 | 582.6 | 48.5 |
| 2014 | 73 | 39.6 | 75.1 | 40.8 | 98.6 | 25 | 2.2 | 3.3 | 56.6 | 123.2 | 78.8 | 34 | 650.1 | 54.1 |
| 2015 | 67 | 43.5 | 73.8 | 63.7 | 23.7 | 3.1 | 21.8 | 0.7 | 14.1 | 56.5 | 61.5 | 1 | 430.3 | 35.8 |
| 2016 | 61 | 6.1 | 98.2 | 116.5 | 55.9 | 25.9 | 5.1 | 2.5 | 37.1 | 91.3 | 32.9 | 56.8 | 589.1 | 49 |
| 2017 | 97 | 48.4 | 165.2 | 77.1 | 86 | 42 | 3.4 | 34.6 | 6.1 | 88.3 | 18 | 97.3 | 762.9 | 63.5 |
| 2018 | 78 | 41.6 | 38.2 | 67.7 | 73 | 21.1 | 27.7 | 18.7 | 25.7 | 41.3 | 103.5 | | | |
| suma | 493 | 348.1 | 572.4 | 553.5 | 468 | 127.3 | 67.2 | 88.3 | 153.8 | 542.7 | 432.4 | 251.1 | 4098.3 | 341.5 |
| media | 70 | 49.7 | 81.7 | 79 | 66.9 | 18.1 | 9.6 | 12.6 | 21.9 | 77.5 | 61.7 | 41.8 | 591.4 | 49.2 |
| mínima | 32 | 6.1 | 38.2 | 40.8 | 6.7 | 2.5 | 2.2 | 0.7 | 4.7 | 41.3 | 18 | 1 | | 0.7 |
| máxima | 97 | 99.6 | 165.2 | 116.5 | 125 | 42 | 27.7 | 34.6 | 56.6 | 123.2 | 113.9 | 97.3 | | 165.2 |

Fuente: IHNAMI

A continuación, un gráfico que muestra de mejor manera los datos obtenidos anteriormente:

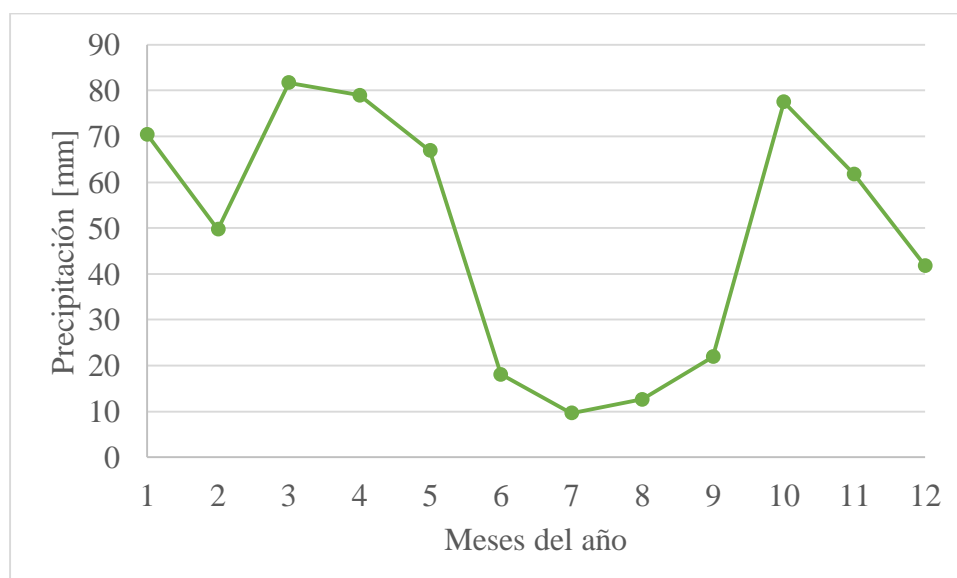


Ilustración 12: Precipitaciones Medias Mensual Multianual Estación Tomalón-Tabacundo

Al analizar estos datos podemos destacar las bajas precipitaciones prolongadas que tenemos cerca del sector, sobre todo entre los meses de junio y septiembre que resultan ser casi nulas.

12.2. Determinación del coeficiente de escorrentía

Para el coeficiente de escorrentía, nos basamos en el tipo de suelo que tiene la zona de Malchinguí y la pendiente del terreno. A continuación, mostramos una tabla de los coeficientes según la textura y el tipo de vegetación para una zona rural que caracteriza a la parroquia en su mayoría:

Tabla 7: Coeficientes de escorrentía rural

| Vegetación y topografía | | Textura del suelo | | |
|-------------------------|-----------------------|----------------------|----------------|-----------------|
| | | Limo arenoso abierto | Arcilla y limo | Arcilla abierta |
| Bosque | Plano pend 0-5% | 0.10 | 0.30 | 0.40 |
| | Ondulada pend 5-10% | 0.25 | 0.35 | 0.50 |
| | Montañosa pend 10-30% | 0.30 | 0.50 | 0.60 |
| Pastura | Plano | 0.10 | 0.30 | 0.40 |
| | Ondulada | 0.16 | 0.36 | 0.55 |
| | Montañosa | 0.22 | 0.42 | 0.60 |
| Cultivos | Plano | 0.30 | 0.50 | 0.60 |
| | Ondulada | 0.40 | 0.60 | 0.70 |
| | Montañosa | 0.52 | 0.72 | 0.82 |

Fuente: (Punguil, 2009)

Como alrededor del terreno que estamos estudiando existen muchos cultivos no permanentes, entonces su tierra es rica en nutrientes de manera que entraría dentro de una mezcla de arcilla, limo y arena apto para el cultivo. Además, observamos que la pendiente promedio es mucho mayor al 10% para el terreno de Malchinguí. Con todos estos datos

obtenidos, podemos determinar que el coeficiente de escorrentía “c” es una media entre limo arenoso abierto y arcilla y limo, por ende:

$$c = \frac{0.52 + 0.72}{2}$$

$$c = 0.62$$

Un $c = 0.62$ significa que un 38% de la precipitación se infiltra en el suelo como aporte a la irrigación al cultivo. Mientras que el 62% de la precipitación se escurre o drena. Es por lo que constantemente se necesita de otras fuentes hídricas para poder satisfacer la demanda que los habitantes necesitan para el riego de sus cultivos. Para esto vamos a tomar como fuente el nuevo Proyecto de Traslase Cayambe – Pedro Moncayo que brindará agua para el riego a muchas partes de los sectores con el nombre del proyecto, entre ellos Malchinguí

13. PROYECTO DE TRASVASE CAYAMBE-PEDRO MONCAYO

13.1. Generalidades

El proyecto busca beneficiar al sector productivo de diferentes zonas como Olmedo, Tabacundo, Tocachi, Malchinguí, La Esperanza, entre otras. Con esto se regará más de 14 mil hectáreas de terreno y busca que durante se operación se obtengan 450 mil toneladas de alimentos aproximadamente de manera que logre cubrir en parte, la demanda que tiene el país. A continuación, presentamos un esquema general del proyecto:



Ilustración 13: Esquema general del proyecto Cayambe - Pedro Moncayo

Fuente: (Contenido Medios, 2012)

13.2. Inversión

La inversión total del proyecto es de aprox. \$200 millones de dólares.

13.3. Infraestructura

“La obra capta las aguas de los ríos Arturo, Boquerón y San Pedro, que vienen de los deshielos de las vertientes orientales del nevado Cayambe.” (AC, 2017). Todo este caudal se transportará hasta en la Laguna de San Marcos, a una represa de 10 millones de metros cúbicos. De ahí se realizará un trasvase de aproximadamente 5 km que conectará a una laguna de regulación en Olmedo y a partir de allí habrá una conexión por canales y conductos abiertos de 67 km hasta Malchinguí. Existirán 59 ramales de redes secundarias de agua y de las mismas se tomarán las redes terciarias en tuberías de PVC (AC, 2017).

En el Anexo A.3 podemos observar un plano detallado con los ramales terciarios por construir, el área que van a cubrir y el caudal en l/s asignados para cada sector.

13.4. Área del Caso de Estudio

A continuación, mostramos una ampliación del plano detallado del Anexo A.3 en donde se encuentra el terreno para el cual se va a realizar el diseño del sistema de riego:

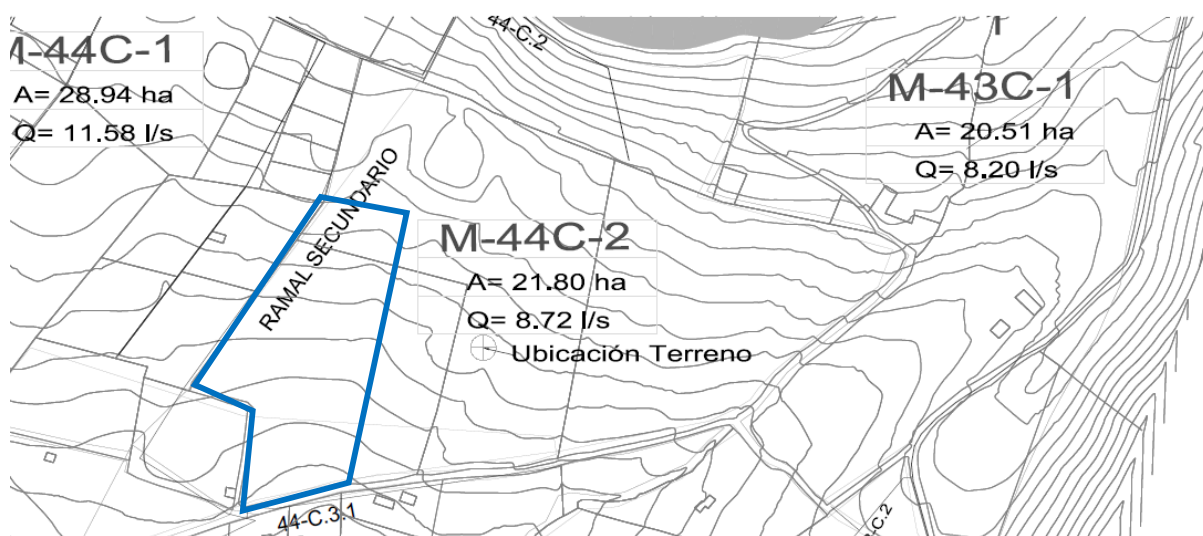


Ilustración 14: Ubicación del terreno para diseño del sistema de riego por goteo

Fuente: (Gobierno de la provincia de Pichincha, 2019)

En este claramente vemos que el terreno se encuentra dentro de la nomenclatura M-44C-2, con un área de 21.80 ha y el caudal que se va a proveer para todo esta parte es de 8.72 L/s. A continuación, se muestra una tabla con el caudal, la velocidad y el diámetro de tubería para el diseño de la red terciaria:

Tabla 8: Caudales designados para la ubicación del terreno

| 44-C.2 | | | | | | |
|----------|--------------|---------------|---------|------------------|--------------------|-----------|
| ABSCISA | AREA A REGAR | CAUDAL DISEÑO | VÁLVULA | DIÁMETRO INTERNO | DIÁMETRO COMERCIAL | VELOCIDAD |
| | Ha | Lt/s | | mm | mm | m/s |
| 0+000 | 21,79 | 8,72 | | 71,4 | 75 | 2,18 |
| 0+020 | 21,79 | 8,72 | | 71,4 | 75 | 2,18 |
| 0+040 | 21,79 | 8,72 | | 71,4 | 75 | 2,18 |
| 0+060 | 21,79 | 8,72 | | 71,4 | 75 | 2,18 |
| 0+080 | 21,79 | 8,72 | | 71,4 | 75 | 2,18 |
| 0+100 | 21,79 | 8,72 | | 71,4 | 75 | 2,18 |
| 0+120 | 21,79 | 8,72 | | 71,4 | 75 | 2,18 |
| 0+140 | 21,79 | 8,72 | | 71,4 | 75 | 2,18 |
| 0+160 | 21,79 | 8,72 | | 71,4 | 75 | 2,18 |
| 0+180 | 21,79 | 8,72 | | 71,4 | 75 | 2,18 |
| 0+200 | 21,79 | 8,72 | | 71,4 | 75 | 2,18 |
| 0+220 | 21,79 | 8,72 | | 71,4 | 75 | 2,18 |
| 0+240 | 21,79 | 8,72 | | 71,4 | 75 | 2,18 |
| 0+260 | 21,79 | 8,72 | | 71,4 | 75 | 2,18 |
| 0+268,43 | 21,79 | 8,72 | | 71,4 | 75 | 2,18 |

Fuente: (Gobierno de la provincia de Pichincha, 2019)

Con todos estos datos podemos comenzar a realizar el diseño de riego por goteo que mostrarán los datos referentes a tiempos y caudales necesarios tanto para la demanda del cultivo como para la del reservorio.

CAPITULO III: DISEÑO DE RIEGO POR GOTEO

14.CAUDAL DE RIEGO REQUERIDO

Para el diseño del sistema de riego por goteo para el cultivo de olivo, tomaremos en cuenta únicamente el área mostrada a continuación, que es de 2.1 ha con proyección a las otras partes del terreno. Todo esto debido a que existen ya otras plantaciones en las áreas no consideradas que se desea mantener.

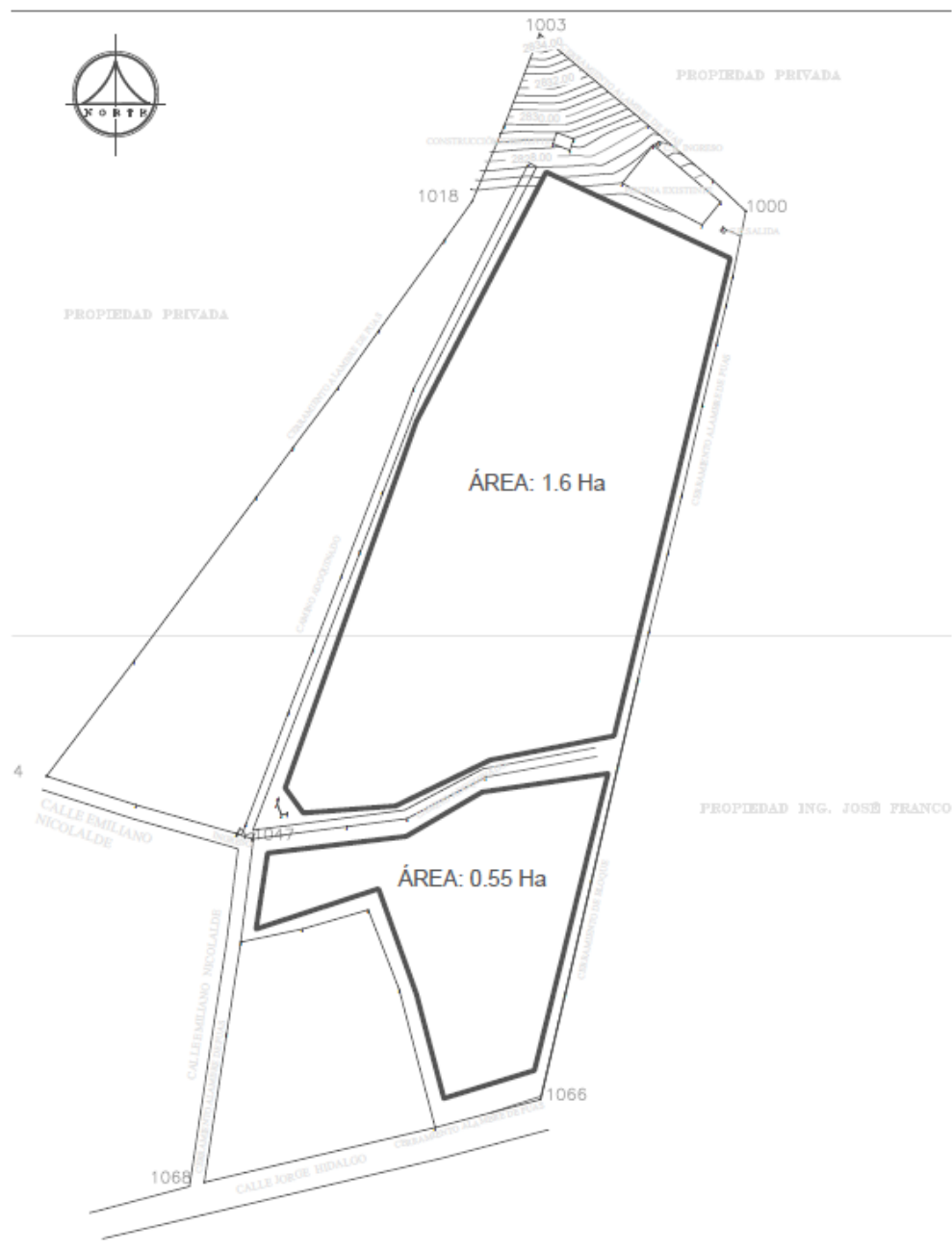


Ilustración 15: Áreas de terreno para diseño del sistema de riego por goteo

Para el diseño se escogió una distancia entre plantas de 5 x 5 metros debido a que se requiere plantaciones de mediana densidad y son las que más se utilizan actualmente con sistemas de riego (USAID-Inma, 2011). En total tendremos 860 plantas de olivo para las 2.15 hectáreas como se muestra a continuación:

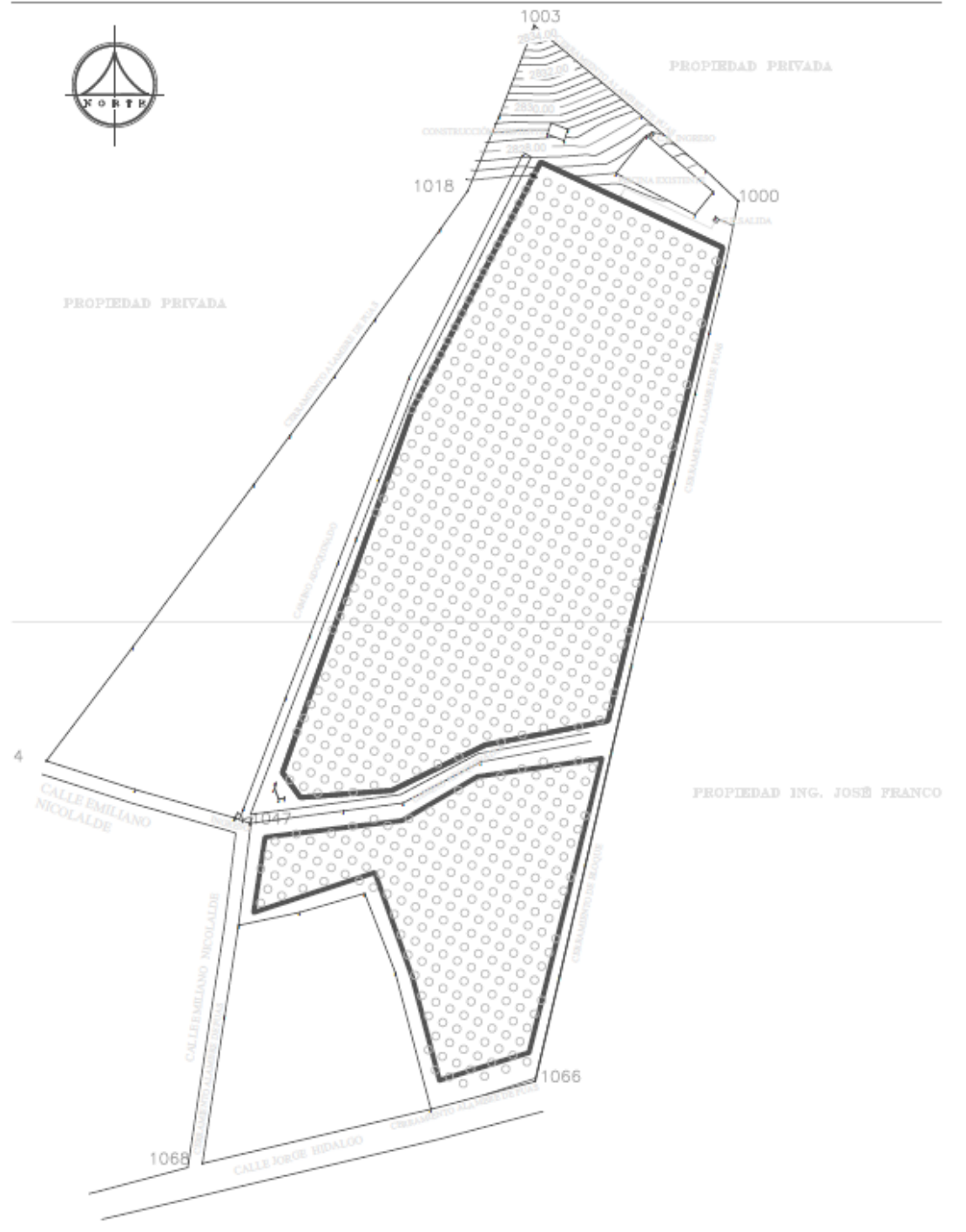


Ilustración 16: Distribución de plantas en el terreno

Con el valor de la demanda hídrica de 70 l/hr se busca un diseño de riego que sirva para cualquier edad de la planta. Por ende, para una plantación de 860 árboles de olivo tenemos un caudal de:

$$Q = \text{litros al día} * n^{\circ} \text{ de árboles a plantar}$$

$$Q = 70 \frac{l}{día} (860 \text{ árboles})$$

$$Q = 60200 \left[\frac{l}{día} \right]$$

$$Q = 1806 \left[\frac{m^3}{mes} \right]$$

Entonces, para el volumen del embalse que es de litros, tenemos que:

$$n^{\circ} \text{ días} = \frac{\text{volumen embalse}}{Q}$$

$$n^{\circ} \text{ días} = \frac{782580 \text{ l}}{60200 \frac{l}{día}}$$

$$n^{\circ} \text{ días} = 12.99 \text{ días}$$

Esto quiere decir que, teniendo el embalse lleno, podemos tener agua para 13 días aproximadamente para abastecer a las 860 plantas de olivo sin la necesidad de la precipitación existente en el sector.

15. OFERTA HÍDRICA

Podemos aplicar los coeficientes y datos obtenidos para el área que se va a considerar de la planta de olivo que es de 2.1 ha, de manera que se pueda obtener un caudal estimado para cada mes de cada año en el que poseemos datos de precipitación y, de igual manera la media y máximos y mínimos para cada mes, de manera que, aplicando la siguiente fórmula:

$$Q = ciA$$

Donde:

Q: caudal [m^3/mes]

c: coeficiente de escurrimiento

i: precipitación promedio [m/mes]

A: área que necesita ser regada [m²]

Tenemos que:

Tabla 9: Oferta hídrica mensual [m³/mes]

| Oferta Hídrica Mensual (m ³ /mes) | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|
| SERIES MENSUALES DE DATOS METEOROLÓGICOS | | | | | | | | | | | | | | |
| NOMBRE: TOMALON-TABACUNDO | | | | | | | CODIGO: M1094 | | | | | | | |
| PERIODO: 2013 - 2018 LATITUD: 0G 00' 40.16" N LONGITUD: 78G 15' 18.19"W ELEVACION: 2790.00 | | | | | | | | | | | | | | |
| AÑOS | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | SUMA | MEDIA |
| 2013 | 422.6 | 1327.7 | 922.4 | 999.8 | 1659.6 | 33.3 | 50.7 | 305.3 | 62.7 | 1097.1 | 317.3 | 567.9 | 7766.1 | 647.2 |
| 2014 | 971.8 | 527.9 | 1001.1 | 543.9 | 1314.3 | 333.3 | 29.3 | 44.0 | 754.5 | 1642.3 | 1050.4 | 453.2 | 8665.8 | 722.2 |
| 2015 | 891.8 | 579.9 | 983.8 | 849.1 | 315.9 | 41.3 | 290.6 | 9.3 | 188.0 | 753.1 | 819.8 | 13.3 | 5735.9 | 478.0 |
| 2016 | 810.5 | 81.3 | 1309.0 | 1552.9 | 745.1 | 345.2 | 68.0 | 33.3 | 494.5 | 1217.0 | 438.6 | 757.1 | 7852.7 | 654.4 |
| 2017 | 1286.3 | 645.2 | 2202.1 | 1027.7 | 1146.4 | 559.9 | 45.3 | 461.2 | 81.3 | 1177.0 | 239.9 | 1297.0 | 10169.5 | 847.5 |
| 2018 | 1043.7 | 554.5 | 509.2 | 902.4 | 973.1 | 281.3 | 369.2 | 249.3 | 342.6 | 550.5 | 1379.7 | 0.0 | 7155.5 | 596.3 |
| suma | 5426.6 | 3716.4 | 6927.6 | 5875.9 | 6154.5 | 1594.3 | 853.1 | 1102.4 | 1923.5 | 6437.1 | 4245.6 | 3088.6 | 47345.5 | 3945.5 |
| media | 904.4 | 619.4 | 1154.6 | 979.3 | 1025.7 | 265.7 | 142.2 | 183.7 | 320.6 | 1072.8 | 707.6 | 514.8 | 7890.9 | 657.6 |
| minima | 422.6 | 81.3 | 509.2 | 543.9 | 315.9 | 33.3 | 29.3 | 9.3 | 62.7 | 550.5 | 239.9 | 0.0 | 5735.9 | 478.0 |
| maxima | 1286.3 | 1327.7 | 2202.1 | 1552.9 | 1659.6 | 559.9 | 369.2 | 461.2 | 754.5 | 1642.3 | 1379.7 | 1297.0 | 10169.5 | 847.5 |

Con estos datos que obtenemos el siguiente gráfico:

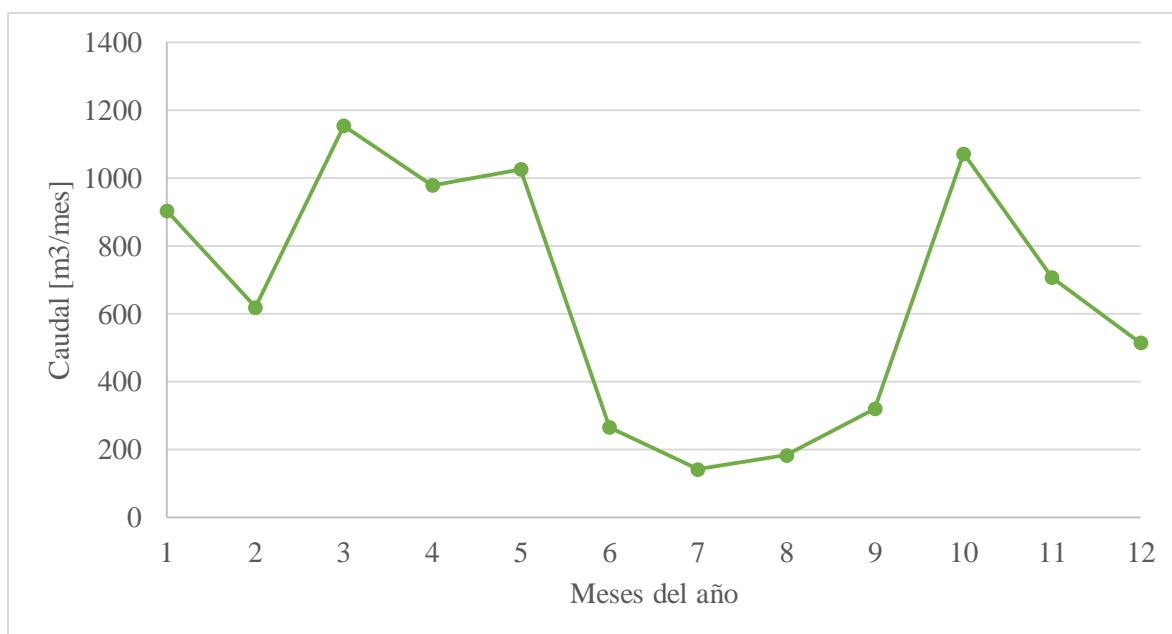


Ilustración 17: Oferta hídrica mensual promedio entre los años 2013 a 2018

En el gráfico podemos observar claramente que los caudales bajan entre los meses de junio y septiembre y esto resulta ser razonable ya que, las precipitaciones en estos meses son también bajas. Con esto podemos ratificar la necesidad hídrica del sector, por lo que se aprovechará el nuevo proyecto de trasvase Cayambe – Pedro Moncayo para satisfacer las necesidades hídricas para el cultivo de Olivo que estamos proponiendo.

16. DÉFICIT HÍDRICO DEL SECTOR

Procedemos a realizar una comparación entre la oferta hídrica mensual de los últimos 6 años con el caudal necesario para la plantación de olivo de manera que tenemos:

Tabla 10: Déficit hídrico para el cultivo de olivo [m³/mes]

| DEFICIT HÍDRICO PARA EL CULTIVO DE OLIVO [m ³ /mes] | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| MES | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | MEDIA |
| MEDIA | 904.44 | 619.40 | 1154.60 | 979.31 | 1025.74 | 265.71 | 142.19 | 183.73 | 320.59 | 1072.84 | 707.60 | 514.76 | 657.58 |
| CAUDAL OLIVO | 1806 | 1806 | 1806 | 1806 | 1806 | 1806 | 1806 | 1806 | 1806 | 1806 | 1806 | 1806 | 1806 |
| DEFICIT | 901.56 | 1186.60 | 651.40 | 826.69 | 780.26 | 1540.29 | 1663.81 | 1622.27 | 1485.41 | 733.16 | 1098.40 | 1291.24 | 1148.42 |

Con estos datos, procedemos a realizar un gráfico comparativo:

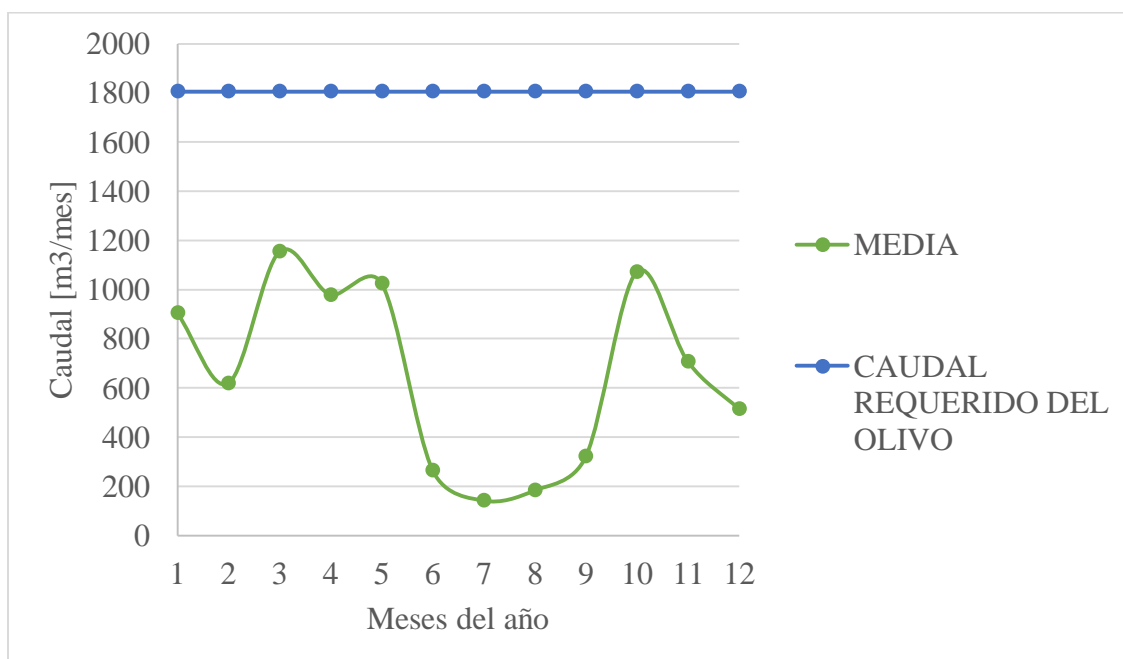


Ilustración 18: Promedio de Demanda Hídrica vs. Caudal necesario para el Olivo

Podemos observar claramente el déficit hídrico que tendrá la planta de olivo a lo largo del año, siendo los meses más críticos de junio a septiembre, por lo cual se necesita de un sistema de riego y de un abastecimiento de agua proveniente de otra fuente hídrica para cubrir la falta de agua en los meses de sequía para cumplir con la necesidad del cultivo.

Entonces, tomando el déficit promedio mensual multianual de agua y transformándolo a l/día tenemos que:

$$Q = 1148.42 \left[\frac{m^3}{mes} \right]$$

$$Q = 38280.79 \left[\frac{l}{día} \right]$$

$$Q = 38.28 \left[\frac{m^3}{día} \right]$$

Para el volumen del embalse que es de 888290 litros, tenemos que:

$$n^{\circ} \text{ días} = \frac{\text{volumen embalse}}{Q}$$

$$n^{\circ} \text{ días} = \frac{782580 \text{ l}}{38280.79 \frac{l}{día}}$$

$$n^{\circ} \text{ días} = 20.44 \text{ días}$$

Esto quiere decir que, teniendo el embalse lleno, podemos tener agua para 21 días aproximadamente para abastecer a las 860 plantas de olivo teniendo en cuenta la precipitación existente en el sector.

17. MANEJO DEL RESERVORIO

Tomando en cuenta que el caudal de entrada al reservorio es de 8.7 L/s constante y el volumen del reservorio de 782.58 m³, entonces podemos calcular el tiempo de llenado de este:

$$t = \frac{V_{res}}{Q_{in}}$$

$$t = \frac{782,58 \text{ m}^3}{0.0087 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}$$

$$t = 89951.72 \text{ s}$$

$$t = 24.95 \text{ hr}$$

Al tener en cuenta que un turno de agua correspondiente para el terreno es de 8 horas en un día tenemos que:

$$t = 30.19 \text{ hr} * \frac{1 \text{ día}}{8 \text{ hr}}$$

$$t = 3.77 \text{ días}$$

Con esto entonces tenemos que para 1 día el volumen de agua captado en el reservorio es:

$$V = 1 \text{ día} * \frac{782.58 \text{ m}^3}{3.77 \text{ días}}$$

$$V = 207.36 \text{ m}^3$$

Procedemos a calcular el tiempo de abaste del reservorio:

$$t = \frac{V_{reservorio}}{Q_{prom}}$$

Donde:

t : tiempo de duración del reservorio para regado del cultivo [días]

$V_{\text{reservorio}}$: volumen del reservorio en un día [m^3]

Q_{prom} : caudal diario multianual promedio [$m^3/\text{día}$]

$$t = \frac{207.36 \text{ m}^3}{38.28 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}}$$

$$t = 5.42 \text{ días}$$

Este resultado nos dice que llenando el reservorio en un día por ocho horas abastece para 5 días y medio a todo el cultivo. Dado que las tuberías terciarias aún se encuentran en construcción y aún no se cuenta con un sistema de turnos establecido, procedimos a averiguar sobre este en lugares aledaños a la zona de Malchinguí como son Guayllabamba y Tabacundo estableciendo que tienen turnos dos veces a la semana por propiedad Entonces tendríamos:

$$V_{\text{semana}} = 2 \text{ días} * 207.36 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{semana}} = 414.72 \text{ m}^3$$

El caudal promedio multianual semanal sería entonces:

$$Q = 38.28 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * 7 \text{ días}$$

$$Q = 267.96 \frac{\text{m}^3}{\text{semana}}$$

Procedemos a calcular el tiempo de abaste del reservorio:

$$t = \frac{V_{reservorio}}{Q_{prom}}$$

Donde:

t: tempo de duración del reservorio para el cultivo [semanas]

$V_{reservorio}$: volumen del reservorio en una semana [m^3]

Q_{prom} : caudal semanal multianual promedio [$m^3/semana$]

$$t = \frac{414.72 \text{ m}^3}{267.96 \frac{\text{m}^3}{semana}}$$

$$t = 1,54 \text{ semanas}$$

Analizando el rendimiento del reservorio podemos ver que, a pesar de no contar con un sistema de turnos establecido, calculamos que se podrá abastecer el agua suficiente para una semana y media de regadío. Esto resulta ser conveniente ya que asumiendo que los turnos son dos veces a la semana, entonces el reservorio nunca se va a vaciar por completo teniendo una reserva que puede servir para días de total sequía.

18. CÁLCULOS PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO

18.1. Necesidades netas de riego

En un sistema de riego por goteo, la demanda neta es igual a la evapotranspiración. No se considera la precipitación efectiva debido a la alta frecuencia que este sistema de riego acarrea. Además, debemos considerar para el cálculo de la demanda neta tres coeficientes correctores K1, K2 y K3 que se relacionan con la localización, variación climática y advección respectivamente (Cadena, 2016).

Por ende, tenemos que:

$$Dn = ET * K1 * K2 * K3$$

Para el cálculo de la evapotranspiración, usamos el método de Thornthwaite que se expresa en la siguiente fórmula:

$$ET = 1.6 \left(\frac{10T}{I} \right)^a$$

Donde:

ET: evaporación [mm]

T: temperatura media mensual [°C]

I: índice calórico anual, que se obtiene del índice calórico mensual expresado con la siguiente fórmula:

$$i = \left(\frac{T}{5} \right)^{1.514}$$

i: índice calórico mensual

a: Constante que depende del lugar y que es función del índice de eficiencia anual de temperatura. Se calcula con la siguiente fórmula:

$$a = 0.000000675 I^3 - 0.0000771 I^2 + 0.017925 I + 0.49239$$

La temperatura media mensual para la zona de Malchinguí es de 14.6°C por lo que:

$$i = \left(\frac{14.6}{5} \right)^{1.514}$$

$$i = 5.07$$

Encontramos el índice calórico anual al multiplicar el índice mensual por 12 que son los meses del año:

$$I = 5.07 * 12$$

$$I = 60.78$$

Entonces:

$$a = 0.000000675 (60.78)^3 - 0.0000771(60.78)^2 + 0.017925(60.78) + 0.49239$$

$$a = 1.45$$

Para la evapotranspiración tenemos:

$$ET = 1.6 \left(\frac{10 * 14.6}{60.78} \right)^{1.45}$$

$$ET = 5.69 \frac{mm}{día}$$

- **Cálculo del coeficiente de Localización (K1)**

Este coeficiente se calcula con el factor de área sombreada (FAS), de manera que:

$$FAS = \frac{\text{área sombreada}}{\text{área que ocupa la planta}}$$

$$FAS = \frac{\pi D^2}{\text{marco de plantación}}$$

Para el caso del olivo, tenemos diámetros de área sombreada de entre 2 a 4 metros, escogimos un valor de 2 metros. (Fernández Luque, Díaz Espejo, Palomo García, Girón Moreno, & Moreno Lucas, s/f) ya que se quiere mantener un árbol de mediana altura. El marco de plantación escogido es de 5 x 5 metros. Entonces el factor de área sombreada sería:

$$FAS = \frac{\pi * 2^2}{5 * 5}$$

$$FAS = 0.50$$

Entonces, procedemos a calcular de coeficiente K1 con algunas fórmulas, de estas se eliminan dos valores extremos y se saca un promedio de los que quedan. Las fórmulas son:

Fórmula de Aljibury:

$$K1 = 1.34 * FAS$$

$$K1 = 1.34 * 0.50$$

$$K1 = 0.67$$

Fórmula de Decroix:

$$K1 = 0.1 + FAS$$

$$K1 = 0.1 + 0.50$$

$$K1 = 0.60$$

Fórmula de Hoare:

$$K1 = FAS + 0.50(1 - FAS)$$

$$K1 = 0.60 + 0.50(1 - 0.50)$$

$$K1 = 0.85$$

Fórmula de Keller:

$$K1 = FAS + 0.15(1 - FAS)$$

$$K1 = 0.60 + 0.15(1 - 0.50)$$

$$K1 = 0.67$$

Con esto, eliminamos tanto el resultado de Aljibury como el de Decroix y sacamos el promedio de los dos restantes:

$$K1 = \frac{0.67 + 0.60}{2}$$

$$K1 = 0.64$$

- **Cálculo del coeficiente de Variación Térmica (K2)**

Según (Fernández Luque, Díaz Espejo, Palomo García, Girón Moreno, & Moreno Lucas, s/f), “la variación climática existente en un 15 a 20% con lo que el valor de K2 será de 1.15 o 1.20 según nuestra decisión dependiendo de la necesidad de agua que tenga la planta. Para nuestro caso escogeremos:

$$K2 = 1.20$$

- **Cálculo del coeficiente de Advección (K3)**

Este coeficiente puede ser determinado en base a la naturaleza del cultivo y al área a ser regada, por lo que nos basamos en el siguiente gráfico:

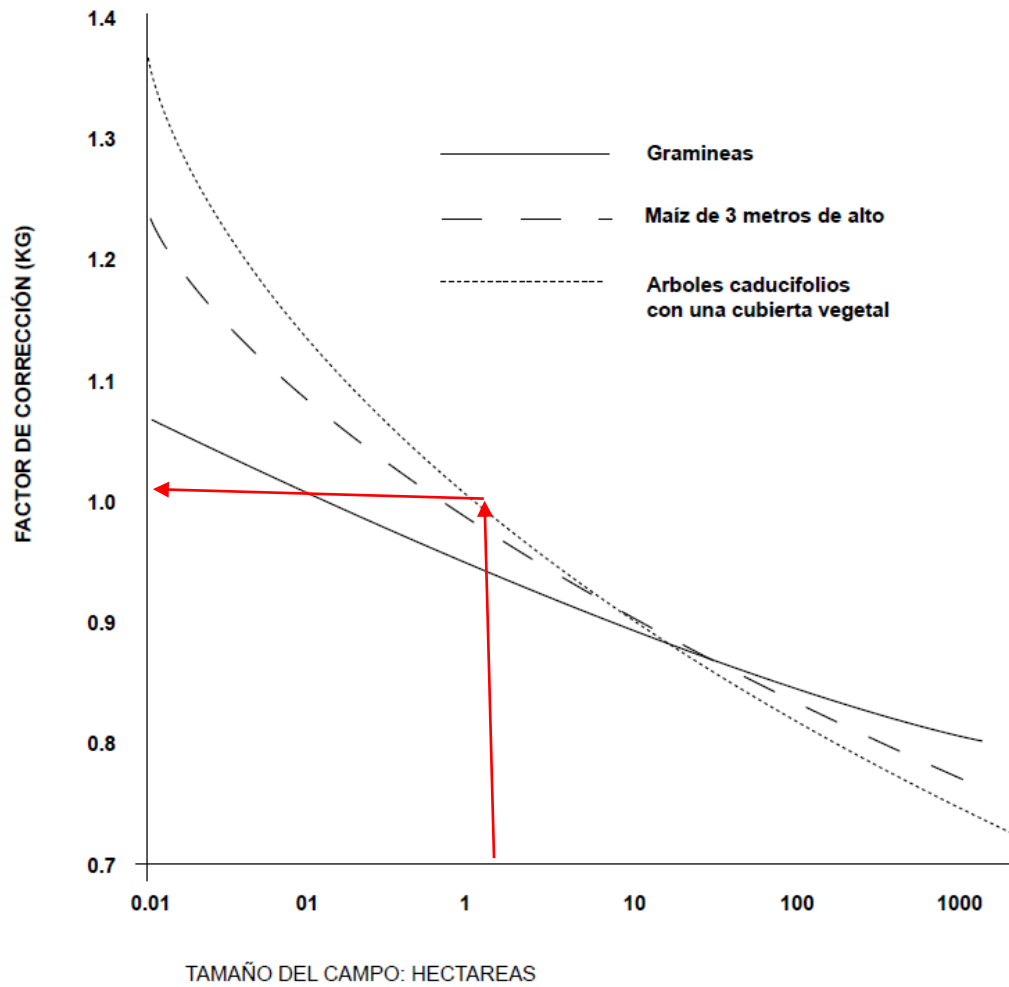


Ilustración 19: Variación del factor de advección

Fuente: (Cadena, 2016)

El olivo pertenece al grupo de los árboles caducifolios, y las hectáreas por cubrir son de 2.1, por lo que tenemos un coeficiente de advección de:

$$K3 = 1.0$$

Con esto, tenemos que la demanda neta es de:

$$Dn = 5.69 * 0.64 * 1.20 * 1.0$$

$$Dn = 4.37 \frac{mm}{día}$$

18.2. Necesidades totales de riego

Para la demanda total se debe considerar pérdidas por percolación profunda o por salinidad, por lo que tenemos la siguiente fórmula:

$$Dt = \frac{Dn}{Rp * Cu}$$

Donde:

Dt: Demanda total

Dn: Demanda neta

Rp: Relación de percolación que se obtiene con la siguiente fórmula:

$$Rp = 1 - Rl$$

Rl: Requerimiento de lavado que a su vez se obtiene con:

$$Rl = \frac{CEa}{2maxCEe}$$

CEa: Conductividad del agua en dS/m

CEe: Conductividad eléctrica del estrato de saturación en dS/m

Cu: Coeficiente de uniformidad

- **Conductividad del agua CEa**

Se toma promedio de análisis de perfiles del suelo encontrados en (Equipo Técnico Municipal, 2018) que es de:

$$CEa = 1.45 \text{ dS/m}$$

- **Conductividad eléctrica del estrato de saturación CEe**

Se obtiene de la siguiente tabla:

Tabla 11: Conductividad eléctrica del estrato de saturación CEe

| Tolerancia de los cultivos a la salinidad en relación con la disminución de su rendimiento (FAO) | | | | | |
|--|---|-----|-----|-----|------|
| Disminución del rendimiento | 0% | 10% | 25% | 50% | 100% |
| Cultivos extensivos | Conductividad eléctrica del extracto de saturación (dS/m) | | | | |
| Disminución del rendimiento | | | | | |
| Granado | 2,7 | 3,8 | 5,5 | 8,4 | 14 |
| Higuera | 2,7 | 3,8 | 5,5 | 8,4 | 14 |
| Limonero | 1,7 | 2,3 | 3,3 | 4,8 | 8 |
| Manzano | 1,7 | 2,3 | 3,3 | 4,8 | 8 |
| Melocotonero | 1,7 | 2,2 | 2,9 | 4,1 | 6,5 |
| Naranja | 1,7 | 2,4 | 3,3 | 4,8 | 8 |
| Nogal | 1,7 | 2,3 | 3,3 | 4,8 | 8 |
| Olivo | 2,7 | 3,8 | 5,5 | 8,4 | 14 |
| Palmera datilera | 4 | 6,8 | 11 | 18 | 32 |
| Peral | 1,7 | 2,3 | 3,3 | 4,8 | 8 |
| Pomelo | 1,8 | 2,4 | 3,4 | 4,9 | 8 |
| Vod | 1,5 | 2,5 | 4,1 | 6,7 | 12 |
| Zarzamora | 1,5 | 2 | 2,6 | 3,8 | 6 |

Fuente: (Cadena, 2016)

Ya que el cultivo del olivo es moderadamente sensible a la salinidad, escogemos una disminución del rendimiento del 25%, por lo que tenemos:

$$CEe = 5.5 \text{ dS/m}$$

- **Requerimiento de lavado RI**

$$Rl = \frac{1.45}{2 * (5.5)}$$

$$Rl = 0.13$$

- **Relación de percloración Rp**

$$Rp = 1 - 0.13$$

$$Rp = 0.87$$

- **Coefficiente de uniformidad Cu**

Los goteros al no transmitir un caudal uniforme y por las distintas presiones a los que están sometidos, se deberá conocer el coeficiente de uniformidad de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 12: Valores de Cu recomendables para riego localizado

| Emisor | Emisores por planta | Pendiente (i) | CU |
|--|---------------------|-----------------------------------|-------------|
| Goteros espaciados Más de 1 metro | Más de tres | Uniforme (i < 2%) | 0.90 – 0.95 |
| | | Uniforme (i > 2%) u ondulada | 0.85 – 0.90 |
| | Menos de tres | Uniforme (i < 2%) | 0.85 – 0.90 |
| | | Uniforme (i > 2%) u ondulada | 0.80 – 0.90 |
| Goteros espaciados menos de 1 m, mangueras y cintas de exudación | | Uniforme (i < 2%) | 0.80 – 0.90 |
| | | Uniforme (i > 2%) u ondulada | 0.70 – 0.85 |
| | | Uniforme (i < 2%) | 0.90 – 0.95 |
| Difusores y Micro aspersores | | Uniforme (i > 2%) | 0.85 – 0.90 |
| | | u ondulada | 0.85 – 0.90 |

Fuente: (Cadena, 2016)

Elegimos goteros espaciados menos de 1 metro y ya que las pendientes del terreno son mayores a 2%, es cogemos un coeficiente de uniformidad de:

$$Cu = 0.80$$

Con esto tenemos que:

$$Dt = \frac{4.37}{0.87 * 0.80}$$

$$Dt = 6.30 \left[\frac{mm}{día} \right]$$

18.3. Porcentaje de área a mojarse A

Dado que no se moja la superficie, hay que determinar un mínimo de área a mojarse.

Tenemos una escala según el tipo de marco en el que se encuentra el cultivo:

En cultivos de marco amplio: $25 < A < 35$

En cultivos de marco medio: $40 < A < 60$

En cultivos hortícolas: $70 < A < 90$

Entonces, al ser el olivo un árbol que vamos a mantener en tamaño mediano, entonces podemos determinar que es un cultivo de marco medio por lo que escogeremos un porcentaje de área a mojarse de:

$$A = 50\%$$

18.4. Superficie mojada de la planta Sp

Para esto, se toma el marco escogido de cada planta que en nuestro caso es de 5 x 5 metros considerando que las raíces se van a expandir 5 metros a cada lado, con lo que tenemos:

$$Sp = 0.50 * 5 * 5$$

$$Sp = 12.50 m^2$$

18.5. Elección de goteros

En el país, se manejan goteros de 2, 4 y 8 l/h, goteros ajustables de entre 10 a 70 l/h. (Anexo A-4) Además, contamos con goteros cilíndricos de presión compensada de 1.1, 1.6, 2.2, 3.5 y 3.8 l/h Se escogió un gotero ajustable hasta 70 l/h con mangueras de 20mm, ya que, al inicio, la planta es pequeña y no tiene la misma necesidad hídrica de

cuando es adulta y se escogió ese diámetro de manguera debido al número de plantas que se necesita regar. (Hidrotecnología, s/f). En el Anexo A-4 podemos observar una ficha técnica del gotero a usar.

18.6. Superficie mojada del gotero S_g

Se lo calcula en base a fórmulas existentes que consideran el caudal del gotero y el suelo (Cadena, 2016), tenemos que:

En suelos de textura arcillosa: $d = 1.2 + 0.1q$

En suelos de textura media: $d = 0.7 + 0.11q$

En suelos de textura arenosa: $d = 0.3 + 0.12q$

Donde:

d : diámetro mojado del gotero

q : caudal escogido para el gotero

Escogemos un suelo de textura media y un caudal para una planta adulta de 70 l/h:

$$d = 0.7 + 0.11 (70)$$

$$d = 8.40 \text{ m}$$

Entonces la superficie mojada del gotero es:

$$S_g = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$S_g = \frac{\pi(8.40)^2}{4}$$

$$S_g = 55.42 \text{ m}^2$$

18.7. Número de goteros por planta n

Se toma la siguiente ecuación:

$$n = \frac{\text{Superficie mojada de la planta}}{\text{Superficie mojada del gotero}}$$

$$n = \frac{12.50}{55.42}$$

$$n = 0.23$$

$$n = 1$$

18.8. Tiempo de duración de riego t

Para el tiempo de duración del riego, consideramos la siguiente fórmula tomada de folleto “Hablemos de riego”:

$$t = \frac{Dt * Sp}{q * n}$$

Donde:

Dt: demanda total

Sp: Superficie mojada de la planta

q: caudal del gotero escogido

n: número de goteros por planta

$$t = \frac{6.30 * 12.5}{70 * 1}$$

$$t = 1.12 \text{ horas}$$

Hay que destacar que este tiempo puede ir variando dependiendo del caudal que se regule para el gotero en base a la necesidad hídrica de la planta.

18.9. Lamina total L_t

Se calcula con:

$$L_t = q * n * t$$

Donde:

q: caudal del gotero

n: número de goteros

t: tiempo de riego

$$L_t = 70 * 1 * 1.57$$

$$L_t = 78.71 \frac{mm}{día}$$

18.10. Unidad de riego:

- **Número total de goteros nT**

$$nT = n_g * n_p$$

Donde:

n_g : número de goteros

n_p : número de plantas

Entonces tenemos:

$$nT = 1 * 860$$

$$nT = 860 \text{ goteros}$$

- **Área cubierta para riego A_c**

$$A_c = \text{área que ocupa cada planta} * nP$$

$$Ac = 5 * 5 * 860$$

$$Ac = 21500 \text{ m}^2$$

$$Ac = 2.15 \text{ Has}$$

Esta área resulta ser la escogida para el sistema de riego. Por lo que se comprueba que los cálculos realizados son correctos

19. DISEÑO DE TUBERÍAS

La tubería escogida es de polietileno debido a los dobleces necesarios para que la tubería pueda avanzar por todo el terreno y satisfacer la demanda de todas las plantas.

Para el dimensionamiento de la tubería usamos la fórmula de Heizen – Williams:

$$D = \left(\frac{3.59 * Q}{C_h * s^{0.54}} \right)^{0.38}$$

Donde:

D: Diámetro de la tubería [m]

Q: demanda necesaria de las 860 plantas de olivo [m³/s]

C_h: Coeficiente de Heizen – Williams

s: Pérdida de carga sobre longitud [m/m]

De la siguiente tabla:

Tabla 13: Coeficientes de Heizen - Williams

| Tipo de tubo | C_h | |
|--|---|-----------------|
| | Promedio para tuberías nuevas y limpias | Valor de diseño |
| Acero, hierro dúctil o fundido con aplicación centrifuga de cemento o revestimiento bituminoso | 150 | 140 |
| Plástico, cobre, latón, vidrio | 140 | 130 |
| Acero, hierro fundido, sin recubrimiento | 130 | 100 |
| Concreto | 120 | 100 |
| Acero corrugado | 60 | 60 |

Fuente: (Mott, 2006)

Hay que destacar que el caudal tomado es el que proviene del déficit promedio multianual mensual de los 6 años en los que se obtuvo los cálculos de manera que:

$$Q = 1148.42 \left[\frac{m^3}{mes} \right]$$

$$Q = 0.4431 \left[\frac{m^3}{s} \right]$$

El coeficiente de Heizen – Williams se lo toma en base al material escogido para la tubería, en nuestro caso como se escogió de polietileno y al ser tubería nueva y amplia tenemos que:

$$c_h = 140$$

Para la pérdida de carga sobre longitud, tomamos la pendiente promedio calculada anteriormente de manera que tenemos:

$$s = 0.1172$$

Con esto, obtenemos:

$$D = \left(\frac{3.59 * 0.4431}{140 * 0.1172^{0.54}} \right)^{0.38}$$

$$D = 0.0174 \text{ m}$$

$$D = 17.35 \text{ mm}$$

$$D = 25.00 \text{ mm}$$

Por ende, se escoge una tubería de 1 pulgada al ser la más próxima en dimensiones para el requerimiento del terreno y el cultivo de olivo. A continuación, se muestra un gráfico del terreno con la tubería deseada:

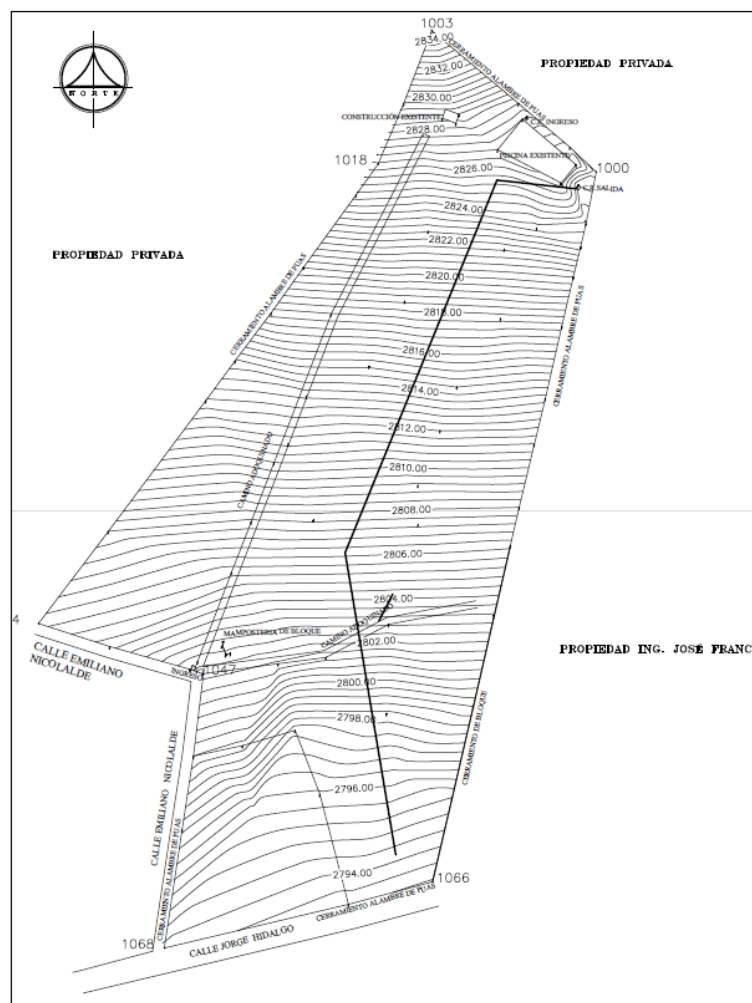


Ilustración 20: Tubería propuesta para el terreno

De este, tomamos que la longitud total requerida de tubería es de 320 metros para las 2.15 ha de terreno dispuesto para el cultivo de olivo. Hay que destacar que no se diseña ninguna bomba de presión debido a que se va a usar la gravedad y pendiente del terreno para que el agua sea conducida por toda la tubería y pueda satisfacer la demanda hídrica de la planta.

CAPITULO IV: RESULTADOS

20. ANÁLISIS

20.1. Resultados obtenidos

Luego de haber realizado todos los cálculos, podemos decir que el sistema de riego por goteo en el terreno de Malchinguí para 2.15 hectáreas se conforma de 1 tubería de polietileno de 1 pulgada de diámetro con una longitud de 320 metros. Adicionalmente, tenemos un gotero por planta que va a ocupar un área de 25 m² elegida para una densidad media de olivos y las mangueras que conectan a los mismos. Hay que destacar que no se necesita una bomba debido a la pendiente pronunciada del terreno, sin embargo, se considera una llave de paso para el canal de salida del reservorio.

Los goteros elegidos pueden regular su caudal hasta 70 l/h por lo cual se pueden usar desde que la planta es pequeña hasta que ya se convierte en un árbol, es por lo que el tiempo necesario puede variar según el caudal. Es por lo que se tomó un caudal promedio para un árbol ya adulto de entre unos 4 a 5 años de vida que fue de 50 l/h, por lo que tenemos un tiempo de riego de 1.12 horas considerando todos los parámetros del suelo y también la pendiente que tiene el mismo. Adicionalmente, al tener el reservorio lleno, este tiene la capacidad para abastecer por 14 días a las 860 plantas de olivo.

Respecto a la distribución de agua para cada terreno, el gobierno de la parroquia de Malchinguí va a ser el encargado de eso generando un sistema de turnos para cada propiedad existente en el lugar que requiera de riego. No existen por el momento datos sobre el sistema de turnos que van a usar, sin embargo, analizando sistemas de riego de lugares aledaños como Guayllabamba como se dijo anteriormente, podemos dar un estimado de 5 a 8 horas al día de riego dos veces a la semana.

20.2. Producción de aceitunas

La producción de aceitunas depende del tamaño que tenga el árbol, su desarrollo, que tipo de olivo es el que se sembró y cuál es el que se quiere cosechar (verde o negra). Un olivo puede comenzar a producir aceitunas a partir de los 3 a 5 años y se calcula que aproximadamente puede dar de 20 a 50 kilogramos¹ de aceitunas al año o entre 4 y 9 litros de aceite (Amigo, 2019).

Si tomamos un promedio de 35 kg/año con una producción a partir del sexto año de la vida del árbol tenemos que:

$$ProduccionAnual = n^{\circ} \text{árboles} * prom \text{ kg/año}$$

$$kg/año = 860 \text{ arboles} * 35kg/año$$

$$ProduccionAnual = 30100 \text{ kg/año}$$

20.3. Aceitunas en el Ecuador

En Ecuador la producción de olivos es casi nula, por el momento solo se ha encontrado sembríos en el Valle de Patate, por la vía antigua de Ambato hacia baños y algunas plantas en la ciudad de Cuenca. Se puede destacar que en el país se procesan las

¹ Huerto Olivanto (Angel, 2018)

aceitunas provenientes de la marca de olivo Carbonel en España para hacerlas aceite de oliva procesadas por empresas como La Fabril (ProChile, 2017).

Para el precio de venta de la aceituna a granel, tomamos en cuenta los valores que se manejan en algunos países como son España, Colombia, Chile y Ecuador (sembríos en Patate). A continuación, una tabla resumen de estos:

Tabla 14: Precios de Aceituna a granel local [USD/kg]

| España | Chile | Colombia | Ecuador |
|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| 0.70 ² | 3.46 ³ | 7.50 ⁴ | 15.00 ⁵ |

Hay que considerar que la mayoría de las aceitunas para consumo y aceite de oliva en Ecuador son importadas de Perú y España. (Banco Central del Ecuador, 2019). Por ende, el costo de estas aumenta debido a las tasas arancelarias que se manejan en Ecuador para importación de la aceituna que son:

Tabla 15: Tasa arancelaria para importación de la Aceituna en el Ecuador

| | |
|------------------------------|-----------|
| Partida aceitunas | 709920000 |
| Tasa arancelaria | 25% |
| Sobretasa arancelaria | 45% |
| Tasa total | 70% |

Fuente: (Servicio Nacional de Aduana del Ecuador, 2019)

El costo final de importación de la aceituna depende de que parte del mundo venga y que tipo sea. Sin embargo, tomando los valores aproximados de la Tabla 15 y tasa total que es la suma de la tasa arancelaria y sobretasa arancelaria que es del 70%, tenemos que:

Tabla 16: Precios de Aceituna a granel en el Ecuador [USD/Kg]

| España | Chile | Colombia | Ecuador |
|---------------|--------------|-----------------|----------------|
| 1.19 | 5.88 | 12.75 | 15.00 |

² (Agrocomprador, 2019)

³ (Productos de Chile, 2019)

⁴ (Angel, 2018)

⁵ (Alonso, 2019)

Debido a que España es de los principales exportadores de aceituna a nuestro país, entonces tomamos un valor aproximado de 1.15 a 1.20 dólares el kg como costo final de importación sin incluir transporte. Con esto, procedemos a establecer un precio aproximado para nuestro producto de origen nacional:

$$\text{Precio de venta} = 1 \frac{USD}{kg}$$

El precio establecido no incluye transporte. Por ende, con una producción estimada de 30100 kg/año de aceitunas la ganancia anual sería:

$$\text{Ganancia anual} = 30100 \frac{kg}{año} * 1 \frac{USD}{kg}$$

$$\text{Ganancia anual} = 30100 \frac{USD}{año}$$

21. ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO

Para este análisis presentamos un detalle de los costos establecidos para el sistema de riego que incluye: material, mano de obra y producto o materia prima. Cabe destacar que los precios fueron tomados a partir de un análisis de materiales a usar para este sistema de riego en algunas ferreterías. Se tomó también el costo de la construcción del reservorio. Además, se cotizó la parte de las mangueras primarias, las secundarias que portarán los goteros y los goteros propiamente en la empresa Hidrotecnología ubicada en Ambato, con sedes en Cayambe y Latacunga. La cotización respectiva se encuentra en el Anexo A-5. A continuación, un detalle de todo lo anterior mencionado:

Tabla 17: Costo de inversión inicial para el sistema de riego

| INVERSIÓN | | | | | |
|------------------|---|-----------------|---------------|------------------------|----------------|
| Nº | DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | UNIDAD | PRECIO UNITARIO | TOTAL |
| 1 | Manguera multiuso negra | 330 | mts | 1.05 | 346.50 |
| 2 | Manguera negra ciega 20 mm 0.4 Mpa | 4300 | mts | 0.21 | 903.00 |
| 3 | Gotero botón regulable 0-70 L/H | 860 | und | 0.06 | 51.60 |
| 4 | Válvula compacta negra mango azul | 10 | und | 7.53 | 75.30 |
| 5 | Codo negro | 10 | und | 3.21 | 32.10 |
| 6 | Neplo negro | 10 | und | 1.08 | 10.80 |
| 7 | Adaptador flex | 20 | und | 0.75 | 15.00 |
| 8 | Tee negra | 10 | und | 3.60 | 36.00 |
| 9 | Teflón negro | 5 | und | 1.00 | 5.00 |
| 10 | Mano de obra para instalación | 5 | días | 90.00 | 450.00 |
| 11 | Semillas olivo | 900 | und | 0.42 | 375.00 |
| 12 | Obra de corte y relleno para reservorio | 782.58 | m3 | 0.96 | 751.28 |
| 13 | Geomembrana 0.75mm | 710 | m2 | 4.90 | 3479.00 |
| 14 | Caja de entrada y salida con tuberías | 782.58 | m3 | 1.65 | 1291.26 |
| TOTAL | | | | | 7821.83 |

Tenemos también los costos anuales que son:

Tabla 18: Costos anuales de la inversión para el sistema de riego

| COSTOS ANUALES | | | | | |
|-----------------------|---|-----------------|---------------|------------------------|-----------------|
| Nº | DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | UNIDAD | PRECIO UNITARIO | TOTAL |
| 1 | Cuidador para sembrío | 48 | mes | 80.000 | 3840.00 |
| 2 | Fertilizante | 120 | mes | 30.000 | 3600.00 |
| 3 | Cuidador para sembrío fijo (a partir del 5to año) | 72 | mes | 394.000 | 28368.00 |
| 4 | Mantenimiento y cosecha | 120 | mes | 20 | 2400 |
| TOTAL | | | | | 38208.00 |

Cabe destacar que estos se consideran por un cuidador que va un par de horas al día en los cuatro primeros años de vida de la planta debido a que no necesita mucho cuidado

y aun no existe cosecha. A partir del quinto año tomamos en cuenta un cuidado fijo de sembrío con un salario mínimo establecido por la ley debido a que ya debe existir producción de olivo y se va a necesitar un mayor cuidado, mantenimiento y cosecha de las plantas.

Ahora, si realizamos un análisis desglosando los costos anuales, suponiendo que las plantas de aceitunas comenzarán a producir a partir del cuarto año tenemos:

Tabla 19: Desglose de costos y ventas anuales

| AÑO | GASTOS | VENTAS | FLUJO DE EFECTIVO | SUMA |
|------------|---------------|---------------|--------------------------|---------------|
| 1 | \$ 9,381.83 | \$ - | \$ -9,381.83 | \$ -9,381.83 |
| 2 | \$ 1,560.00 | \$ - | \$ -1,560.00 | \$ -10,941.83 |
| 3 | \$ 1,560.00 | \$ - | \$ -1,560.00 | \$ -12,501.83 |
| 4 | \$ 1,560.00 | \$ 8,600.00 | \$ 7,040.00 | \$ -5,461.83 |
| 5 | \$ 5,328.00 | \$ 17,200.00 | \$ 11,872.00 | \$ 6,410.17 |
| 6 | \$ 5,328.00 | \$ 30,100.00 | \$ 24,772.00 | \$ 31,182.17 |
| 7 | \$ 5,328.00 | \$ 30,100.00 | \$ 24,772.00 | \$ 55,954.17 |
| 8 | \$ 5,328.00 | \$ 30,100.00 | \$ 24,772.00 | \$ 80,726.17 |
| 9 | \$ 5,328.00 | \$ 30,100.00 | \$ 24,772.00 | \$ 105,498.17 |
| 10 | \$ 5,328.00 | \$ 30,100.00 | \$ 24,772.00 | \$ 130,270.17 |

Con esto podemos ver claramente que a partir del quinto año no solo se recupera la inversión total, sino que también comienzan a existir ganancias de manera que para el décimo año tenemos una ganancia exponencial de aproximadamente 130.000 dólares.

Tomando este valor y el costo total para 10 años que es de:

$$\text{Costo total[USD]} = 7471.83 + 37248.00$$

$$\text{Costo total[USD]} = 44719.83$$

Tenemos que el índice de rentabilidad es:

$$\text{Índice de rentabilidad} = \frac{\Sigma \text{ Ganancias}}{\Sigma \text{ Costos}}$$

$$\text{Índice de rentabilidad} = \frac{130270.17}{46029.83}$$

$$\text{Índice de rentabilidad} = 2.83$$

Debido a que este índice es mayor a 1 se puede demostrar que el proyecto es rentable para un período de 10 años.

22. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

Realizamos un análisis en el cual se compara el costo de inversión total para el sistema de riego con una inversión en el banco. Al colocar el dinero por invertir en una póliza de acumulación a un año plazo, el interés generado sería aproximadamente del 5% (Banco Pichincha, 2019). Con esto procedemos una estimación del total obtenido para 10 años contando con que no se retire el interés generado cada año de manera que el capital sea mayor y por ende, el interés recibido con el pasar de los años:

Tabla 20: Valores futuros esperados para una inversión anual bancaria por 10 años

| AÑO | GASTOS [USD] | MONTO [USD] |
|-----|--------------|---------------------|
| 1 | \$ 9,381.83 | \$ 9,850.93 |
| 2 | \$ 1,560.00 | \$ 11,981.47 |
| 3 | \$ 1,560.00 | \$ 14,218.55 |
| 4 | \$ 1,560.00 | \$ 16,567.47 |
| 5 | \$ 5,328.00 | \$ 22,990.25 |
| 6 | \$ 5,328.00 | \$ 29,734.16 |
| 7 | \$ 5,328.00 | \$ 36,815.27 |
| 8 | \$ 5,328.00 | \$ 44,250.43 |
| 9 | \$ 5,328.00 | \$ 52,057.35 |
| 10 | \$ 5,328.00 | \$ 60,254.62 |
| Σ | \$ 46,029.83 | \$ 14,224.79 |

Con esto, podemos observar que la ganancia total para 10 años sería aproximadamente de:

$$\text{Ganancia en 10 años [USD]} = 60254.62 - 46029.83$$

$$\text{Ganancia en 10 años [USD]} = \$14224.79$$

$$\text{Tasa de rendimiento anual} = 5\%$$

Se puede observar claramente que la ganancia debido al mismo valor de inversión en el sistema de riego es mayor que en el banco, la única diferencia radica en que se podría obtener una ganancia desde el año 1 en el caso del banco, mientras que, en el caso del sistema de riego, la ganancia provendría a partir del año 5. Esto se puede ratificar al obtener tasa de rendimiento anual para nuestra propuesta de proyecto iterando dichos porcentajes hasta llegar al valor ganado calculado anteriormente, de manera que tenemos:

Tabla 21: Valores futuros esperados para la obtención de la misma ganancia del proyecto para 10 años

| AÑO | GASTOS [USD] | MONTO [USD] |
|------------|---------------------|----------------------|
| 1 | \$ 9,381.83 | \$ 11,602.89 |
| 2 | \$ 1,560.00 | \$ 16,279.09 |
| 3 | \$ 1,560.00 | \$ 22,062.32 |
| 4 | \$ 1,560.00 | \$ 29,214.68 |
| 5 | \$ 5,328.00 | \$ 42,720.34 |
| 6 | \$ 5,328.00 | \$ 59,423.33 |
| 7 | \$ 5,328.00 | \$ 80,080.60 |
| 8 | \$ 5,328.00 | \$ 105,628.28 |
| 9 | \$ 5,328.00 | \$ 137,224.13 |
| 10 | \$ 5,328.00 | \$ 176,300.00 |
| Σ | \$ 46,029.83 | \$ 130,270.17 |

Estos valores se obtuvieron con una tasa de:

$$\text{Tasa de rendimiento anual} = 23.67\%$$

Con esto, podemos destacar que la tasa de rendimiento anual debido a este proyecto es mucho mejor que si se invirtiera en un banco de manera que este es más rentable. Además, podemos obtener la tasa interna de retorno (TIR) mediante Excel. Esta medirá

la oportunidad de inversión del proyecto frente a la inversión en un banco tomando flujo de caja proveniente de la Tabla 18, de manera que tenemos:

$$TIR = 54.55\%$$

También, podemos obtener el valor actual neto (VAN) mediante Excel tomando el mismo porcentaje de rentabilidad que nos ofrece el banco que es del 5% y el flujo de caja de la Tabla 18 restado de la inversión inicial obteniendo:

$$VAN = \$91800.70$$

Ya que la TIR es mayor al porcentaje de renta que ofrece el banco y el VAN es mayor que 0, entonces se considera que el proyecto es acepto y es viable.

23.CONCLUSIONES

El diseño óptimo del sistema de riego para el cultivo de olivo en un terreno en Malchinguí fue realizado exitosamente, de manera que satisface las necesidades hídricas de la planta. Se pudo comprobar mediante el análisis beneficio – costo de la planta que en los cinco primeros años de crianza de la planta no vamos a tener ganancias, sin embargo, haciendo una proyección al décimo año, la ganancia va a ser crecer exponencialmente a un valor de \$130000 dólares incluyendo los costos por mantenimiento de las plantas.

Se realizó un estudio topográfico detallado generando las curvas de nivel del terreno, así como sus dimensiones exactas de 4 ha, el volumen del reservorio de 782.58 m³ y la dimensión del terreno por usar de 2.15 ha. También se pudo conocer con el mismo la pendiente aproximada del terreno que es de 11.72% lo que nos permitió diseñar el sistema de riego sin la necesidad de colocar bombas de presión en el mismo. Además, pudimos

establecer que mediante datos del INHAMI como precipitación, temperatura y coeficiente de escorrentía, que la disponibilidad hídrica del sector es baja, sobre todo en meses de verano teniendo como caudal promedio multianual desde el año 2013 hasta el año 2018 de 657.58 m³/mes, mientras que la necesidad hídrica del cultivo es 1806 m³/mes obteniendo un déficit de 1148.42 m³/mes dando como pauta el diseño de este sistema de riego para cubrir este último valor

Al momento de comenzar con el estudio para el diseño del sistema de riego, el reservorio ya estaba construido por lo que se realizaron los cálculos para determinar el abastecimiento de este. Se determinó que su volumen era el suficiente requerido para la planta de olivo dando como resultado que tiene una capacidad de 13 días sin tomar en cuenta la precipitación del lugar, 21 días ya tomándola en cuenta. La fuente de riego que usaremos será la del nuevo proyecto Cayambe – Tabacundo, esta nos permitió conocer el caudal que tendremos de entrada para nuestro proyecto que es de 8.7 l/s por lo que se estableció el tiempo de duración del reservorio para riego del olivo tomando en cuenta un sistema de turnos de dos veces por semana dando como resultado un tiempo de una semana y media. Esto es satisfactorio ya que se va a contar con una reserva en caso de que no exista agua o para los meses más secos en ese lugar.

Para el diseño de sistema de riego se determinó usar goteo debido a que la precipitación de Malchinguí es baja, por lo que se evita un desperdicio grande de agua con este sistema de riego. Como resultado de esto obtuvimos que se necesita una tubería de polietileno de 25 mm de acuerdo con los cálculos establecidos, además se escogió este tipo de material para la tubería debido a su facilidad de colocación y rotación al momento de instalar. También establecimos goteros que permiten regular el caudal y llegan hasta 70 l/hr, debido a que cuando la planta es joven no requiere tanto caudal en comparación de cuando llegan a los 3 o 4 años aproximadamente. Entonces estos goteros pueden ser

usados durante toda la vida del árbol de olivo. Por último tenemos mangueras portagoteros de 20 mm que fueron recomendadas por la empresa cotizante de estos goteros debido al caudal que va a manejar la tubería central al momento de distribuir el agua en las plantas.

Por último, pudimos realizar un presupuesto del que se obtuvo que el costo del sistema de riego total es de 7821.83 dólares. Al realizar un análisis comparativo para obtener el beneficio de invertir en este proyecto resultó que las aceitunas pueden venderse a un precio de 1 dólar el kilogramo, siendo este precio más bajo que el pagado por las empresas aquí en el Ecuador que importan este producto que es aproximadamente entre 1.60 a 1.70 dólares el kilogramo. Se estableció una producción anual a partir del cuarto año de vida del árbol baja con un crecimiento progresivo hasta la totalidad de su producción para el sexto año. Comenzamos a obtener ganancias anuales a partir del quinto año de 24772 dólares anuales. Si proyectamos este valor para 5 años más podemos obtener una ganancia total acumulada de aproximadamente 130000 dólares. Con este valor obtenemos una tasa de rendimiento anual de 18.54%, demostrando que es mucho más rentable invertir en este proyecto que en una póliza de acumulación en el banco ya que el interés es muy bajo y por ende la ganancia por este es baja.

24. RECOMENDACIONES

Se recomienda que para proyectos a futuro en la misma zona, se considere la ubicación exacta de las tuberías terciarias debido a que en la actualidad, el proyecto Cayambe – Tabacundo no cuenta con estas físicamente construidas. Además, considerar el sistema de turnos establecidos cuando el proyecto antes mencionado haya sido terminado, de manera que conozcamos con mayor precisión la cantidad de agua que va a

recibir cada propiedad y si esta es suficiente para la demanda del cultivo que se piense sembrar.

Para el sistema de riego por goteo se recomienda realizar una inspección y mantenimiento dos o tres veces al año de manera que los goteros y las mangueras se mantengan en buen estado y no existan taponamientos ni algún otro tipo de problema como pérdidas de agua. De la misma manera, se recomienda un mantenimiento anual y limpieza del reservorio para la no contaminación del agua y para que siempre cumpla su correcto funcionamiento.

Referente a la investigación, podemos sugerir que se realice un estudio más profundo del lugar como obtener datos in situ de la demanda hídrica del terreno ya que los datos obtenidos fueron obtenidos de lugares cercanos al terreno, más del lugar exacto. También, se podría tomar muestras del suelo para confirmar que este es apto para este cultivo. En referencia al sistema de riego y teniendo la información anteriormente propuesta, se podría estudiar este mismo caso con otro sistema de riego, de manera que podamos tener otra opción en incluso realizar una comparación sobre cual sistema sería el más eficiente para este cultivo.

Por último, es necesario realizar una evaluación detallada del lugar en el que se va a realizar el sembrío como: tipo de suelo, demanda hídrica, clima, entre otros. Con esto, se logrará que el diseño de riego sea óptimo y útil para la planta que se desee sembrar y no haya algún problema o pérdida de dinero debido a la no consideración de estos factores. Además, se recomienda realizar un análisis de factibilidad más a detalle que permita comparar el cultivo de olivo con otros productos que siembran en la zona de estudio como choclo, arveja, frejol, cebada y papas, para que se pueda demostrar a mayor precisión que la siembra de olivo es rentable también para estos casos.

CAPÍTULO V: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AC, G. D. (1 de Diciembre de 2017). *Sistema de Riego Cayambe-Pedro Moncayo*.

Obtenido de Prefectura de Pichincha:
<http://www.pichincha.gob.ec/gestion/riego/159-sistema-de-riego-cayambe-pedro-moncayo>

Agrocomprador. (Abril de 2019). *Comprar aceitunas a granel, directas de agricultores*.

Obtenido de Agrocomprador: <https://www.agrocomprador.com/comprar-aceitunas>

Alonso. (13 de Abril de 2019). Costo aceituna a granel-Huerto en Patate. (C. A. Trujillo Argüello, Entrevistador)

Amigo, A. (23 de Marzo de 2019). *Cuántos kilos de aceitunas da un olivo*. Obtenido de MundoHuerto.com: <http://www.mundohuerto.com/cultivos/olivo/cuanto-tarda-crecer>

Angel, J. (Dirección). (2018). *Como Cultivar Aceitunas en Colombia* [Película].

Banco Central del Ecuador. (Abril de 2019). *Estadísticas de Comercio Exterior*. Obtenido de Banco Central del Ecuador:
<https://www.bce.fin.ec/index.php/component/k2/item/350-comercio-exterior>

Banco Pichincha. (Abril de 2019). *Tarifario apertura de cuentas, inversiones y planes de ahorro futuro*. Obtenido de Banco Pichincha:
<https://www.pichincha.com/portal/Portals/0/Transparencia/TARIFARIO%20UNIFICADO%20INFORMATIVO%20AGENCIA%20-%202001-04-2019.pdf?ver=2019-04-01-092839-803>

- Bueno, L., & Oviedo, A. (2014). *Plantación de Olivo: Instituto Nacional de Teconología Agropecuaria*. Obtenido de Instituto Nacional de Teconología Agropecuaria: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_manual_plantacion_olivo.pdf
- Cadena, V. H. (noviembre de 2016). *Hablemos de Riego* (Segunda ed.). Quito: El Telégrafo EP. Obtenido de Consorcio de Gobiernos Autónomos Provinciales del Ecuador.
- Climate-Data.org. (s/f). *Clima Malchinguí*. Obtenido de Climate-Data.org: <https://es.climate-data.org/america-del-sur/ecuador/provincia-de-pichincha/malchingui-179633/>
- Contenido Medios. (02 de Junio de 2012). *Proy. Riego Cayambe-Pedro Moncayo*. Obtenido de Youtube: https://www.youtube.com/watch?v=D_gOtT1YhAg&feature=youtu.be
- De la Vega Lozano, J. A. (3 de Noviembre de 2004). *Plantación de Olivos*. Obtenido de <https://www.gestiopolis.com/plantacion-olivos/>
- Demin, P. (21 de Mayo de 2014). *AGRICULTURES*. Obtenido de Aportes para el mejoramiento del manejo de los sistemas de riego: <http://agriculturers.com/aportes-para-el-mejoramiento-del-manejo-de-los-sistemas-de-riego/>
- Earth, G. (s.f.). *Mapa de la Estaciòn Tomalón-Tabacundo*. Obtenido de https://earth.google.com/web/@0.0111556,-78.2550528,2659.08862844a,1056.54286319d,35y,0h,45t,0r/data=CjoaOBIwCgAZJ4tWSb_Yhj8hNbD6yFKQU8AqGjDCsDAwJzQwLjIiTiA3OMKwMTUnMTguMiJXGAIgASgCKAI

Equipo Técnico Municipal. (15 de marzo de 2018). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*. Obtenido de DOCPLAYER: <https://docplayer.es/94582368-Plan-de-desarrollo-y-ordenamiento-territorial-pdot.html>

Fernández Luque, J. E., Díaz Espejo, A., Palomo García, M. J., Girón Moreno, I., & Moreno Lucas, F. (s/f). *Riego y Fertilización del Olivar*. Sevilla: Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología.

Gobierno de la provincia de Pichincha. (2019). *Implantación parroquia de Malchinguí*. Quito.

Gutiérrez, J. C. (2016). *Informe de Rendición de Cuentas Dirección Distrital de Educación Cayambe - Pedro Moncayo 17D10*. Quito: Ministerio de Educación.

Haro Robayo, D. P. (Septiembre de 2012). *Diseño hidráulico de la red de alcantarillado pluvial de la parroquia*. Obtenido de Repositorio Digital UIDE: <http://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/2061>

Hidrotecnología. (s/f). *Riego por goteo*. Obtenido de Hidrotecnología Ecuador: <https://www.hidrotecnologiaecuador.com/riego-por-goteo>

Maps, G. (s.f.). *Mapa del terreno de estudio*. Obtenido de <https://www.google.com.ec/maps/place/0%C2%B003'40.4%22N+78%C2%B020'06.6%22W/@0.061209,-78.3373617,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x0:0x0!8m2!3d0.061209!4d-78.335173>

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO. (2015). *Ficha Técnica N°13. Requerimientos agroclimáticos del cultivo del olivo*. Obtenido de Programa

presupuestal 0089. Reducción de la degradación de los suelos agrarios:
<http://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/ais-2015/ficha13-olivo.pdf>

Mott, R. (2006). *Mecánica de fluidos* (Sexta ed.). Ciudad de México, Estado de México, México: Pearson Educación.

NAGREF-ITAP. (s/f). El cultivo del olivo. *TDC Olive*. Enciclopedia del Olivo.

ProChile. (Septiembre de 2017). *El Mercado de Aceite de Oliva en el Ecuador: ProChile*.

Obtenido de ProChile: https://www.prochile.gob.cl/wp-content/uploads/2017/09/fmp_aceite_de_oliva_ecuador_2017.pdf

Productos de Chile. (Abril de 2019). *Aceitunas*. Obtenido de Productos de Chile:
<http://www.productosdechile.cl/home/our-services/aceitunas/>

Punguil, M. (2009). Normas de diseño de Sistemas de Alcatarillado para la EMAAP-Q. *Normas de Alcantarillado EMAAP-Q*. Quito, Pichincha, Ecuador: V&M Gráficas.
Obtenido de Slideshare: <https://es.slideshare.net/lbelalcazar/normas-alcantarillado-emaap-q>

Redacción Ecuador Regional. (14 de Febrero de 2018). *14 mil familias se beneficiarán del proyecto Cayambe-Pedro Moncayo: eltelégrafo*. Obtenido de eltelégrafo:
<https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/ecuador/1/14-mil-familias-se-beneficiaran-del-proyecto-cayambe-pedro-moncayo>

Servicio Nacional de Aduana del Ecuador. (Abril de 2019). *Consulta de Arancel*.
Obtenido de SENAE.Aduana del Ecuador: <https://ecuapass.aduana.gob.ec/>

Tapia, F., Astoga, M., Ibacache, A., Martínez, L., Sierra, C., Quiroz, C., . . . Riveros, F. (2003). *Manual del cultivo del Olivo*. La Serena, Chile: Prograf Impresiones Ltda.

USAID-Inma. (2011). *Olives Production Manual*. Inma Agribusiness Program.

CAPÍTULO VI: ANEXOS

A-1. FOTOGRAFÍAS DE TERRENO A ESTUDIAR



Ilustración 21: Vista sur de terreno – Arbustos y maíz seco.



Ilustración 22: Vista norte del terreno - accesos



Ilustración 23: Vista norte del terreno: acceso oeste – cerro

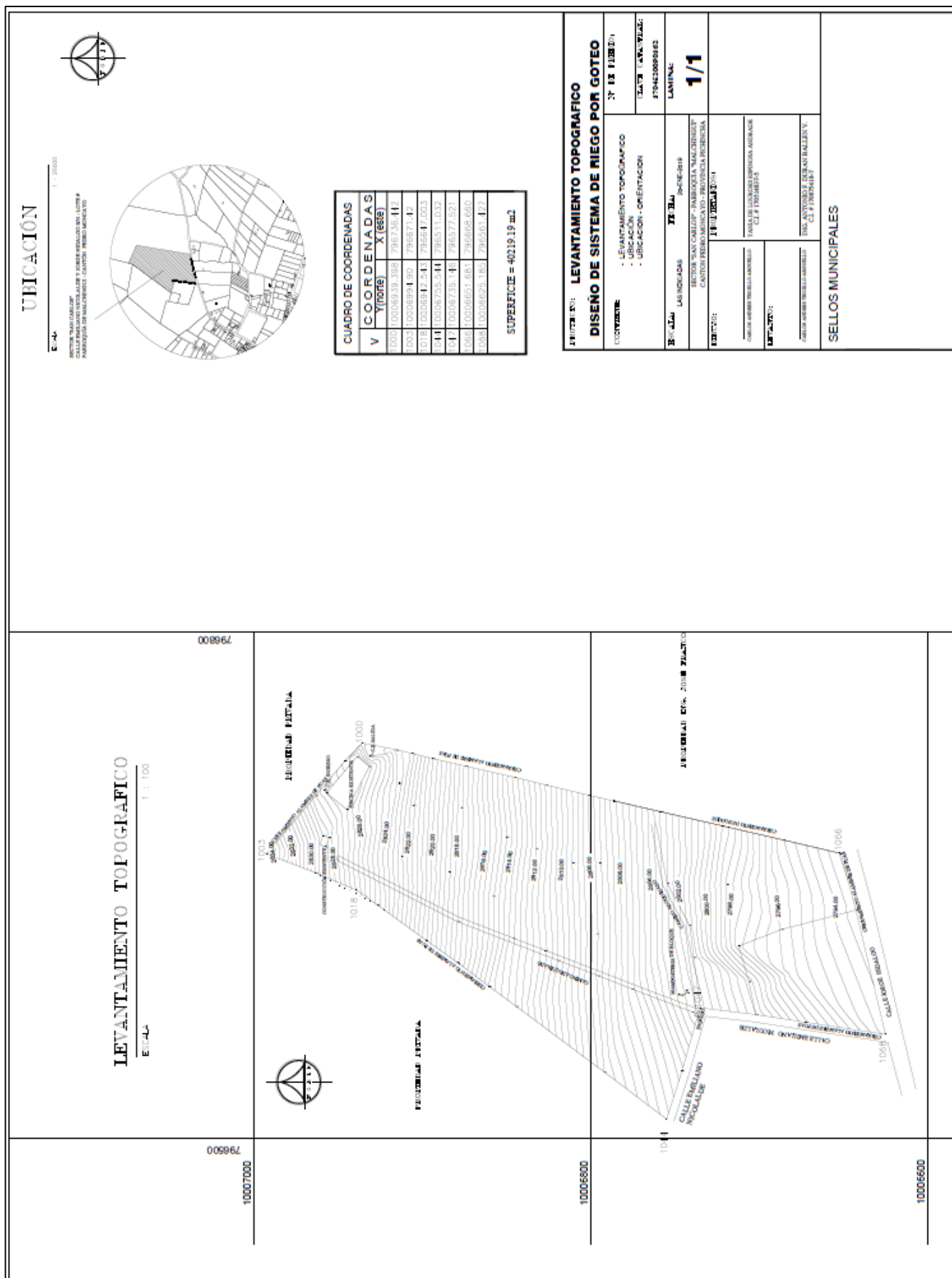


Ilustración 24: Vista sur del terreno - acceso oeste



Ilustración 25: Vista oeste del terreno - plantación de arveja

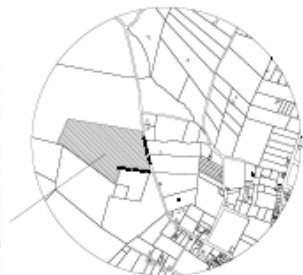
A-2. PLANO DEL TERRENO



UBICACION

E-4- 1:10000

SECTOR SAN CARLOS - PARROQUIA MALDONADO
CANTON PIEDRA NEGRA - PROVINCIA BOLIVIA



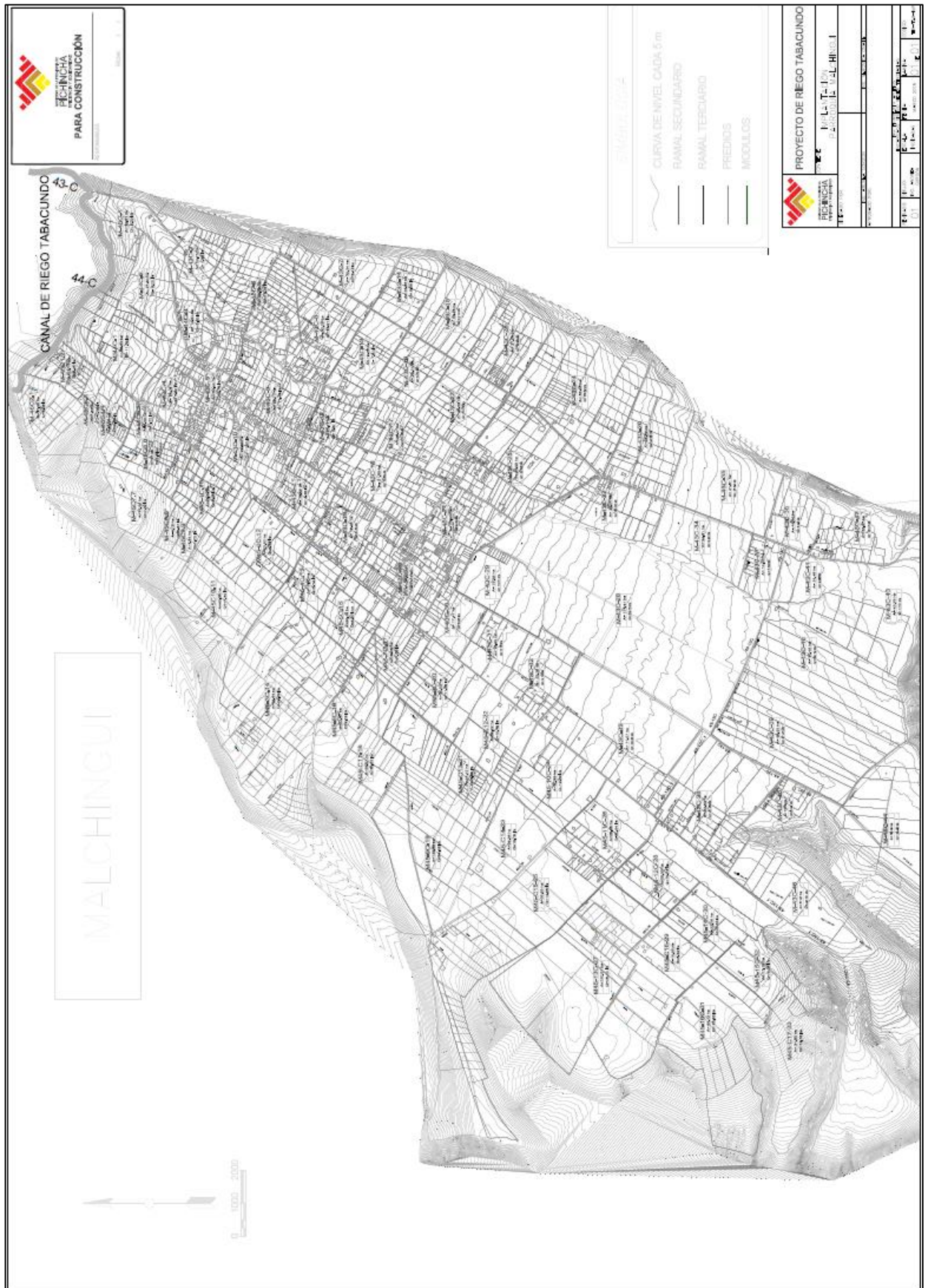
| CUADRO DE COORDENADAS | |
|-----------------------|---------------|
| V | COORDENADAS |
| Y (mets) | X (mets) |
| 1003 | 10006931.388 |
| 1005 | 10006991.950 |
| 1018 | 10006981.541 |
| 1041 | 100069735.511 |
| 1066 | 100069651.465 |
| 1093 | 10006955.181 |

SUPERFICIE = 40219.19 m²

| | |
|--|---|
| OBJETIVO: LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DISEÑO DE SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO | |
| EXEQUENTE: LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO - UBICACION - ORIENTACION | ESTADO: SANTA FE PROYECTO: 2018-2019 |
| PROYECTANTE: LAS INGENIERAS SOCIETADE | ESCALA: 1/1 |
| CLIENTE: SECTOR SAN CARLOS - PARROQUIA MALDONADO CANTON PIEDRA NEGRA - PROVINCIA BOLIVIA | FECHA: 2018 |
| UBICACION: LAS INGENIERAS | PROYECTO: 2018-2019 |
| CLIENTE: SECTOR SAN CARLOS - PARROQUIA MALDONADO CANTON PIEDRA NEGRA - PROVINCIA BOLIVIA | FECHA: 2018 |
| UBICACION: LAS INGENIERAS | PROYECTO: 2018-2019 |
| CLIENTE: SECTOR SAN CARLOS - PARROQUIA MALDONADO CANTON PIEDRA NEGRA - PROVINCIA BOLIVIA | FECHA: 2018 |

SELLOS MUNICIPALES

A-3. PLANO DE DISTRIBUCIÓN DE CANALES TERCIARIOS



A-4. FICHA TÉCNICA DEL GOTERO

GOTEROS EN LINEA GOTERO AJUSTABLE



APLICACIONES

- Cultivos de fruta
- Olivos
- Invernaderos
- Cultivos en hilera
- Cultivos a campo

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

- Larga durabilidad
- Fácil conexión
- Se puede extraer de cinta de riego cuando sea necesario
- Gran área de filtración
- Flujo regulable
- Amplio paso de agua para prevenir la obturación
- Gotero inyectado de forma compacta
- Resistente a los rayos UV
- Resistente a químicos y fertilizantes usados en agricultura

DATOS TÉCNICOS

Caudal nominal (1 bar):

70 / 100 LPH

Normas relacionadas:

ISO 9261 Equipos de riego agrícola – Emisores & Tuberias con emisor -- Especificaciones & métodos de prueba

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

| Código del producto | Caudal LPH | Cantidad de bolsa | Cantidad de caja | Peso de caja kg |
|---------------------|------------|-------------------|------------------|-----------------|
| 070 ONA D03 000 000 | 70 | 50 | 1000 | 7,4 |
| 100 ONA D03 000 000 | 100 | 50 | 1000 | 7,9 |

A-5. PROFORMA HIDROTECNOLOGÍA

| | |
|---|--------------------|
| HIDROTECNOLOGIA | RUC: 1802151835001 |
| JOSE ALBERTO VALDIVIESO SN Y AV BOLIVARIANA | TLF: 032416180 |

CLIENTE: CARLOS ANDRES TRUJILLO ARGUELLO
 CODIGO: 00008174 1723548531
 DIRECCION LOMA GRANDE
 TELEFONO:

PROFORMA N° PM003688
 EMISION: 09/04/2019 VENCIMIENTO: 09/04/2019
 VENDEDOR: MIGUEL TOASA

| N° | CODIGO | DESCRIPCION | CANTIDAD | UND | PRECIO UNITARIO | DESC. | TOTAL |
|----|----------|-------------------------------------|----------|-----|-----------------|-------|--------|
| 1 | MM2 | MANGUERA MULTIUSO NEGRA 2 | 600,00 | MET | 1,0510 | 0,00 | 630,60 |
| 2 | MC20 | MANGUERA NEGRA CIEGA 20MM X 0.4MPA | 4.500,00 | MET | 0,2100 | 0,00 | 945,00 |
| 3 | 77700540 | GOTERO BOTON REGULABLE 0-70L/H | 1.000,00 | UND | 0,0600 | 0,00 | 60,00 |
| 4 | 993766 | VALVULA COMPACTA NEGRA MANGO AZUL 2 | 10,00 | UND | 7,5300 | 0,00 | 75,30 |
| 5 | EF2 | CODO NEGRO 2 | 10,00 | UND | 3,2100 | 0,00 | 32,10 |
| 6 | N2 | NEPLO NEGRO 2 | 10,00 | UND | 1,0800 | 0,00 | 10,80 |
| 7 | FXA2 | ADAPTADOR FLEX 2 | 20,00 | UND | 0,7500 | 0,00 | 15,00 |
| 8 | TF2 | TEE NEGRO 2 | 10,00 | UND | 3,6000 | 0,00 | 36,00 |
| 9 | PTFRG | TEFLON GRANDE | 5,00 | UND | 1,0000 | 0,00 | 5,00 |

| | | | | |
|--|--|----------------|------------------------|----------|
| | | Observaciones: | SUBTOTAL: | 1.809,80 |
| | | | DESCUENTO 0,00 % | 0,00 |
| | | | TOTAL NETO: | 1.809,80 |
| | | | I.V.A. 12 % | 0,60 |
| | | | VALOR A PAGAR: | 1.810,40 |

LA CANTIDAD DE:

RECIBI CONFORME

