



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Título de Tesis:

Análisis comparativo de sistemas de riego por aspersión y por goteo, distrito de Pucalá, Chiclayo, 2021.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

AUTORES:

Arrascue Ramos, Angel Alberto Fernando (ORCID: 0000-0002-9554-4013)

Huaman Acevedo, Milagros Melany (ORCID: 0000-0002-0413-7229)

ASESOR:

Msc. Ing. Paccha Rufasto, Cesar Augusto (ORCID: 0000-0003-2085-3046)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Obras Hidráulicas y Saneamiento

LIMA – PERÚ

2021

Dedicatoria

A Dios por permitirnos avanzar y guiar nuestros pasos para alcanzar nuestros objetivos. A nuestros ángeles en el cielo, por ser nuestra motivación al logro de nuestras metas. A nuestra familia por su apoyo constante y comprensión, y a todos los que nos apoyan de una u otra manera para seguir en este camino.

Agradecimientos

A Dios por iluminarnos siempre a cumplir todos nuestros propósitos, nada sería posible sin él. Agradecimiento a nuestros asesores, Msc. Ing. Cesar Paccha Rufasto y al Dr. Elmer Zamora Mondragón por sus sabios consejos y asesoría precisa para el desarrollo de nuestro proyecto. A nuestras familias y personas cercanas que nos brindan su amor, su apoyo constante y ayudarnos a que podamos culminar con éxito no solo este proyecto de investigación, si no también, a lo largo de los 5 años de carrera universitaria.

Índice De Contenidos

iDedicatoria.....	ii
Agradecimientos	iii
Índice De Contenidos.....	iv
Índice De Tablas.....	vii
Índice De Gráficos y Figuras	viii
Resumen.....	x
Abstract	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO.....	6
ESTUDIOS BÁSICOS PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO.....	29
a) Estudio Topográfico	29
b) Estudio Hidrológico	29
c) Estudio de Geología y Geotecnia	29
d) Estudio Agroeconómico	30
e) Estudio de Análisis de Riesgos y Desastres	30
f) Estudio de Impacto Ambiental.....	30
g) Diseño Agronómico del Sistema de Riego.....	30
h) Diseño Hidráulico del Sistema de Riego.....	31
i) Análisis Económico	31
j) Estudio Social	31
III. METODOLOGÍA.....	32
3.1. Tipo y diseño de investigación	33
3.2. Variables y operacionalización:.....	34
3.3. Población, muestra y muestreo	36
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	38
3.5. Procedimientos:	39
3.6. Método de análisis de datos:	41
3.7. Aspectos éticos:.....	42
IV. RESULTADOS	43
4.1 Descripción del estudio	44
4.1.1 Ubicación.....	44

4.1.2 Población:.....	45
4.1.3 Características del distrito:.....	45
4.2 Recursos hídricos.....	46
4.2.1 Características de la cuenca:	46
4.2.2 Oferta hídrica:	49
4.3 Diseño Agronómico	50
4.3.1 Área de cultivo: 1 Hectárea (10 000 m ²).	50
4.3.2 Cultivo: Caña de azúcar.	50
4.3.3 Evapotranspiración de Referencia (mm):.....	50
4.3.4 Tipo de suelo	51
4.3.5 Datos del cultivo y área	52
4.3.6 Eficiencia de Riego:.....	52
4.3.7 Distancia entre emisores:.....	52
4.3.8 Profundidad de raíces:	53
4.3.9 Distancia entre laterales:	53
4.3.10 Porcentaje de área bajo riego:	53
4.3.11 Intervalo de riego:.....	53
4.3.12 Horas disponibles para riego:.....	53
4.3.13 Lámina de riego (I _r):	54
4.3.14 Lámina neta de riego (L _n):.....	54
4.3.15 Lámina bruta de riego (I _b):.....	55
4.3.16 Caudal del emisor (q _e):	56
4.3.17 Intensidad de aplicación (I _a) / Goteo:.....	56
4.3.18 Tiempo de riego (T)	56
4.3.19 Volumen del sector de riego	57
4.3.20 Caudal del proyecto / Caudal de diseño	58
4.4 Diseño hidráulico para el sistema de riego por goteo (RG) y riego por aspersión (RA).....	59
4.4.1 Diseño del lateral de riego.	59
4.4.2 Diseño de distribución.....	66
4.4.3 Diseño de conducción	71
4.4.4 Pérdida de carga en el filtro (mca):.....	75
4.4.5 Pérdida de carga del dispositivo fertirriego:	77
4.4.6 Pérdida de carga en la válvula:.....	78
4.4.7 Pérdida de carga en el cabezal:.....	79
4.4.8 Presión necesaria en la entrada del cabezal:	79

4.4.9 Pérdida de carga desde la bomba al cabezal:	79
4.4.10 Altura manométrica total:.....	80
4.5 Presupuestos.....	85
4.6 Vida útil y mantenimiento de los sistemas de riego	87
4.6.1 Filtro Hidrociclón	88
4.6.2 Equipo de Fertiirrigación	88
4.6.3 Válvulas	88
4.6.4 Tuberías Principales	89
4.6.5 Laterales	89
V. DISCUSIÓN.....	91
VI. CONCLUSIONES	96
VII. RECOMENDACIONES... ..	98
REFERENCIAS	100
REFERENCIA DE IMÁGENES:	105
ANEXOS	106

Índice De Tablas

Tabla N°01: Composición de la caña de azúcar.	25
Tabla N°02: Ciclo de vida de la Caña de azúcar	25
Tabla N°03: Cédula Histórica de Cultivos en el Valle Chancay-Lambayeque.....	26
Tabla N°04: Países con los principales valores de rendimiento de caña de azúcar en el mundo.	27
Tabla N°05 Requerimientos para la caña de azúcar.....	28
Tabal N°06: Distritos que abarca la cuenca Lambayeque – Chancay.....	48
Tabla N°07: Datos topográficos.....	49
Tabla N°08: Promedio estacional y anual de evapotranspiración (mm) en la cuenca baja Chancay- Lambayeque.....	50
Tabla N°09: Valores de Kc (H).....	51
Tabla N°10: Evapotranspiración de Cultivo por temporada.....	51
Tabla N°11: Tipo de suelo de la zona de estudio.....	52
Tabla N°12: Distancia entre surcos y plantas de la caña de azúcar.....	53
Tabla N°13: Factor de reducción por la pendiente.....	57
Tabla N°14: Datos de rendimiento del inyector de Venturi.....	77
Tabla N°15: Tabla comparativa del diseño hidráulico en sistema de Riego por goteo y aspersión.	83
Tabla N°16: Tiempo de vida útil de los accesorios en sistemas de riego.....	90
Tabla N°17: Demanda y oferta del agua.....	92
Tabla N°18: Presión en los sistemas de riego.....	93

Índice De Figuras

Figura N°01. Sistema unificado de clasificación de Suelo.....	11
Figura N°02: Proceso de la Topografía.....	12
Figura N°03 : Equivalencia entre el diámetro nominal y el diámetro en pulgadas.....	15
Figura N°04: Filtro de un sistema de riego por goteo.....	15
Figura N°05: Filtro de hidrociclón.....	16
Figura N°06: Filtro de arena.....	17
Figura N°07: Malla de acero recomendada según diámetro del gotero.....	17
Figura N°08: Filtro de malla.....	18
Figura N°09: Tanque de abono.....	18
Figura N°10: Inyector de Venturi.....	19
Figura N°11: Válvulas del sistema de riego por goteo.....	19
Figura N°12: Equipo de bombeo	20
Figura N°13: Sistema de aspersión temporal.....	23
Figura N°14: Tubería de Polietileno de Alta Densidad para Riego por Aspersión.....	24
Figura N°15: Sistema de riego por aspersión.....	34
Figura N°16: Mapa del distrito de Pucalà, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque.	36
Figura N°17: Procedimientos para el desarrollo del proyecto.....	39
Figura N°18: Foto de una calicata.....	40
Figura N°19: Estación Total.....	40
Figura N°20: Software Aqua.....	41
Figura N°21: Distrito de Pucalá.....	44
Figura N°22: Entrada al distrito de Pucalá.....	45
Figura N°23: MAPA DE DEMARCACIÓN POLÍTICA DE LA CUENCA CHANCAY – LAMBAYEQUE.	47
Figura N°24: Cálculo hidráulico del lateral de riego por goteo en Aqua.....	62
Figura N°25: Cálculo hidráulico del lateral de riego por aspersión en Aqua.....	63
Figura N°26 Pérdidas de carga para el lateral de riego por goteo según Hazen – Williams.....	64
Figura N°27 Pérdidas de carga para el lateral de riego por aspersión según Hazen - Williams...	65
Figura N°28 Pérdidas de carga para la distribución de riego por goteo según Hazen – Williams..	69
Figura N°29 Pérdidas de carga para la distribución de riego por goteo según Hazen – Williams..	70

Figura N°30 Pérdidas de carga para la distribución de riego por goteo según Hazen – Williams..	74
Figura N°31 Pérdidas de carga para la distribución de riego por goteo según Hazen – Williams..	74
Figura N°32: Pérdida de carga / Caudal en hidrociclón.....	76
Figura N°33: Trabajo del separador de Hidrociclón.....	76
Figura N°34: Tanque fertilizante horizontal Rivulis.....	77
Figura N°35: Pérdida de carga en función del caudal en válvula Rivulis.....	78
Figura N°36: Válvula Rivulis V2000.....	78
Figura N°37: Características de la bomba para riego por goteo, con respecto al caudal y la altura manométrica.....	81
Figura N°38: Bomba autoaspirante de impulsor abierto, Serie ARA.....	81
Figura N°39: Características de la bomba para riego por aspersión, con respecto al caudal y la altura manométrica.....	82
Figura N°40: Bomba Centrífuga de doble turbina, Serie FC.....	82
Figura N°41: Presupuesto para la ejecución de un sistema de riego por goteo.....	85
Figura N°42: Presupuesto para la ejecución de un sistema de riego por aspersión.....	86

Resumen

La presente tesis, se basa en analizar los diferentes aspectos de la comparación de un sistema de riego por aspersión y un sistema de riego por goteo; desde la eficiencia, diferencia de costos, diferencia en diseño hidráulico, mantenimiento y vida útil del sistema.

Este proyecto está ubicado en la zona norte de Perú, en el distrito de Pucalá, en Chiclayo; el cual, tomará agua del río Chancay – Lambayeque, perteneciente a la cuenca con el mismo nombre. Teniendo como cultivo a la caña de azúcar, ya que es uno de los principales cultivos de la parte norte del país.

Siendo una tesis de tipo aplicada, de diseño no experimental y enfoque cuantitativo, se orienta a la obtención de cálculos de diseño de ambos sistemas, teniendo una muestra de 1 hectárea (10000 m²) se realizan los cálculos a mano alzada y con la comparación haciendo uso del software Aqua.

Concluyendo así, que los sistemas tanto aspersión como goteo, son admisibles por su efectividad en el área, sin embargo, el sistema de riego por goteo, presenta un mayor aprovechamiento del recurso hídrico, teniendo un 90% de eficiencia de riego, comparado a 75% presentado por el sistema de riego por aspersión.

Palabras clave: riego, aspersión, goteo, diseño, eficiencia.

Abstract

This thesis is based on analyzing the different aspects of the comparison of a sprinkler irrigation system and a drip irrigation system; from the efficiency, cost difference, difference in hydraulic design, maintenance and useful life of the system.

This project is located in northern Peru, in the district of Pucalá, in Chiclayo, which will take water from the Chancay-Lambayeque River, belonging to the basin of the same name. Sugar cane is one of the main crops grown in the northern part of the country.

Being a thesis of applied type, of non-experimental design and quantitative approach, it is oriented to obtain design calculations of both systems, having a sample of 1 hectare (10000 m²) the calculations are made freehand and with the comparison making use of Aqua software.

Thus concluding that both sprinkler and drip irrigation systems are acceptable for their effectiveness in the area, however, the drip irrigation system presents a better use of water resources, having a 90% irrigation efficiency, compared to 75% presented by the sprinkler irrigation system.

Key words: irrigation, sprinkler, drip, design, efficiency.

I. INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso vital muy importante a nivel mundial, si bien se depende de este para un desarrollo económico, también para el ecosistema del mundo y tecnológico, según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO); el consumo del agua se multiplica en los últimos 50 años, debido al crecimiento de la población de y sus necesidades, por lo tanto, trae consecuencias como que nos encontremos en una crisis de agua.

El Perú es un país subdesarrollado, teniendo muchos departamentos sin la tecnología adecuada para sus sistemas de regadío, es decir existe una desigualdad en la manera de distribuir el recurso del agua en los sembríos y de las distintas realidades que afronta el país.

También es un factor importante el tipo de terreno al que se requiere el riego, por ejemplo, en la costa del país el terreno es muy fértil pero lamentablemente es seco, por otro lado, en la región sierra y selva es rico en recurso hídricos pero muy poco aprovechan esta abundancia, al no contar con sistemas de regadíos diseñados por profesionales, como ingenieros civiles.

Según Segura (2017), de acuerdo a la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), el Perú posee 6.4 millones de hectáreas altamente potenciales para el riego, de las cuales 2.6 hectáreas tienen equipamiento de riego. Estos equipamientos son los sistemas de regadío como las sequías, riachuelos, etc. que son adecuados para poder ser usados por el productor del sector agrícola.

A su vez, FAO (2015) sostiene que el uso indebido de agua para la productividad agrícola agota los acuíferos, baja el rendimiento del caudal de los ríos, reduce el hábitat de la flora y fauna silvestres, esto ha sido provocación para que las sales degraden el 20% de la zona terrestre irrigada del mundo. El uso indebido de químicos como fertilizantes conlleva a que el agua se contamine, afectando lagos, ríos, etc.

Por lo tanto, podemos deducir que el agua es utilizada en proporciones mayores para la agricultura, siendo el riego una de las características más relevantes para el desarrollo agrícola. El recurso del agua para un mejor uso agrícola, se canaliza

por medio de una red hidráulica estructuralmente diseñada tomando el nombre como canales de irrigación.

La tecnología en la agricultura ha ido evolucionando, esto se debe a que los países desarrollados toman como característica principal el manejo eficiente del agua, dosificando la misma; aumentando así la calidad, productividad y el factor rentable de los sembríos.

Los sistemas de riego más utilizados en el mundo son los tecnificados ya sea por aspersión o por goteo, donde el objetivo es conservar al máximo el recurso del agua, donde interviene la tecnología para poder beneficiar la agricultura. Asimismo, permite que el modo de riego sea controlado, al saber cómo, cuánto y cuándo regar, de tal forma que se agregue los respectivos fertilizantes y nutrientes de la mejor forma posible para el desarrollo de las plantas.

El Perú a pesar de que conoce y diseña riegos tecnificados sigue siendo un sector mínimo la que goza del beneficio de la tecnología hacia sus sembríos.

Al diseñar sistemas de riego tecnificados se orienta principalmente a la agricultura con el fin de que el abastecimiento para las parcelas sea por unas redes que cubran dicho territorio, para esto se debe estudiar las diversas obras hidráulicas y civiles para llegar al objetivo.

Los sistemas de riego se componen básicamente con las tuberías de policloruro de vinilo, es el material que se usa tradicionalmente, cabe mencionar que es un material muy usado en el rubro del abastecimiento de agua potable y el alcantarillado, esto se debe a que el policloruro de vinilo brinda propiedades las cuales son beneficiosos al propio sistema.

No obstante; se tiene que tener a disposición tuberías precisas para la captación, traslación y distribución del recurso del agua, pero el sistema debe llevar agua que sea apta para los sembríos; sin ninguna alteración ni pérdida de los mismos. Por ende, se busca métodos, los cuales ayuden con la solución de dicho problema; por ejemplo, para los sembríos la mejor solución es diseñar un sistema de riego que se adecue tanto al sembrío, al terreno y a la disposición del agua.

Otro método a utilizar es optar por otro tipo de material a incluir en el sistema de riego, como las tuberías de polietileno, donde también sus propiedades son beneficiosas para el riego tales como la resistencia térmica, resistencia a la corrosión, larga vida útil, etc.

El polietileno está dentro de las poliolefinas, donde también es químicamente inerte, es producto de la polimerización del etileno por ende lleva dicho nombre. se puede decir que el polietileno es de bajo costo y se puede maniobrar para aplicar al sistema de riego tecnificado.

Luis, (2019) afirma que, las propiedades únicas de las tuberías de polietileno, en comparación con otros tipos de tuberías, es que la tasa de crecimiento y la distribución de agua del uso de este producto en redes de tuberías de fertilizantes y pesticidas agrícolas son mucho más altas que en otros proyectos. Cabe mencionar que también es de alta duración y resistencia, como fácil instalación, estas tuberías se usan ya en granjas en el mundo, uno de los beneficios es que se tiene un control de nivel de agua.

Cidelsa (2020) en su publicación corrugadas de HDPE, nos hace mención que, la tubería hecha de resina de polietileno de alta densidad (HDPE), combinada con un exterior corrugado en forma de anillo, mejora la resistencia en su estructura y en su interior es liso para una mayor conducción de fluidos sin presión.

El distrito de Pucalá es uno de los distritos más importantes de Chiclayo, debido a que es una de zona de producción de azúcar más importantes del Perú. En los últimos años genero un crecimiento poblacional significativo lo cual contribuye a que aumente la productividad agrícola con sembríos rústicos. Se requiere en consecuencia mejorar los riegos a través sistemas tecnificados que promueven un desarrollo sustentable conjugando aspectos técnicos, económicos, ambientales y sociales para asegurar una mejor cosecha y el menor desperdicio del agua.

Se logra deducir que el presente proyecto analizará la comparación de un sistema de riego por aspersión y un sistema de riego por goteo empleando las tuberías de Polietileno en la zona del distrito de Pucalá, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque, se siembra caña de azúcar, maíz, zarandaja, arroz y palta, donde

la captación del agua será a través del río Chancay, donde después se realiza la distribución respectiva hacia el sembrío donde estará comprendida entre 10000 m². A través de este análisis comparativo, se dará a conocer la mejor propuesta de diseño que beneficiará, tanto en el sistema de riego, en lo económico y en lo ambiental.

Para el desarrollo de la presente investigación se genera el siguiente problema ¿De qué manera el análisis comparativo de los sistemas de riego por aspersión y por goteo presenta al sistema con mejor eficiencia de riego en el distrito Pucalá, Chiclayo 2021?, por consiguiente, se plantea como objetivo principal Determinar mediante el análisis comparativo de los sistemas de riego por aspersión y por goteo, cuál de los sistemas de riego es el más eficiente en el distrito en Pucalá, Chiclayo, 2021. Asimismo, tiene como objetivos específicos:

- Determinar cuál es la diferencia de costos entre la ejecución de un sistema de riego por aspersión y un sistema de riego por goteo en Pucalá, Chiclayo, 2021.
- Determinar las diferencias del diseño hidráulico en sistemas de riego por aspersión y por goteo en Pucalá, Chiclayo, 2021.
- Determinar el tiempo de vida Útil y cuál es el mantenimiento que se le brinda al sistema de riego por aspersión y por goteo en Pucalá, Chiclayo, 2021

A su vez tiene como hipótesis general que: El análisis comparativo de los sistemas de riego como aspersión y por goteo son eficientes, pero el sistema por aspersión es el más viable para el distrito de Pucalá, Chiclayo, 2021. Además, como hipótesis específicas: El costo de la ejecución del sistema de riego por aspersión es más económico que el costo del sistema de riego por goteo en el distrito de Pucalá, Chiclayo, 2021, El diseño agrónomo de los sistemas son semejantes entre sí, mientras que el diseño hidráulico varía según el sistema en Pucalá, Chiclayo, 2021 y El sistema de riego por goteo demanda mayor mantenimiento que al de un sistema de aspersión por ende el tiempo de vida útil de este es menor en Pucalá, Chiclayo, 2021.

II. MARCO TEÓRICO

El agua es un recurso mundialmente usado, por lo que se investiga el uso alrededor del mundo, se presentan muchas tesis relacionadas a ella, por ejemplo, de sistemas de regadío, sistemas de agua potable y alcantarillado.

Lazo & Campos (2014) En su tesis Sistema remoto de control y monitoreo de la humedad del suelo para reducir el consumo de agua del maíz con riego por goteo en el valle de pampas; nos brinda una solución para reducir el consumo de agua de riego por goteo y monitorear la humedad en el valle de la Pampa a través del sistema de control remoto teniendo un retardo de 5 minutos desde que se manda a la electroválvula para que fluya el agua o deje de hacerlo, en esta investigación se observa detalladamente el seguimiento de las plantas, aunque es lento el proceso. Su investigación es de manera inductivo-deductivo. En esta investigación se deduce que en el diseño del sistema de riego es lo importante, ya que el beneficio es para los sembríos, por ejemplo, en esta investigación nos proponen usar un sistema de riego con tecnología en el monitoreo del riego.

Toro (2015), en su investigación realizada en el año 2015 con el tema de Sistema de Riego y su Incidencia en la producción agrícola del sector el calvario de la parroquia Panzaleo, Cantón Salcedo, Provincia de Cotopaxi, que la investigación se orienta al método cuantitativo, experimental de donde se obtuvo que en la ciudad el Sector Calvario no cuenta con el recurso hídrico para los regadíos, ya que no tienen un sistema de distribución del mismo, por ende la investigación propone un sistema de riego en cabecera con la ayuda de la tubería, porque las características se adecuan a un riego definitivo como en este caso sería el aspersión.

Esta investigación propondrá el sistema de riego por aspersión, asimismo; el riego por goteo con la implementación de las tuberías de polietileno.

Sánchez (2016), nos menciona en su tesis titulada Estudio Hidrológico y Diseño Hidráulico de Obras de Captación y Conducción para la Implementación de un nuevo Sistema De Riego en una Tierra de Cultivo para Palta en el distrito de Luricocha de la provincia de Huanta - Departamento de Ayacucho, básicamente se enfoca en el análisis de un estudio de hidrología para calcular el caudal necesario y con los resultados obtener una obra de diseño necesaria para abastecer los

sistemas de regadíos que son cultivos de palta en el distrito de Luricocha. Su investigación es de carácter cuantitativa, no experimental, ya que propone un diseño el cual será beneficioso para los sembríos de la palta, donde fueron 100 hectáreas considerando principalmente el recurso hídrico para abastecer dichas hectáreas. En el diseño, los cálculos de los caudales los proporcionó el Ministerio de Agricultura y el Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA). Por lo tanto, el estudio finalmente recomendó el uso de un sistema de microaspersión como sistema de riego porque puede distribuir eficazmente los recursos hídricos.

A su vez, Polla (2017) en su tesis Metodología para Optimizar el Manejo de un Distrito de Riego, Aplicable al Alto Valle de Rio Negro en el año 2017 nos menciona como optimizar el recurso del agua, en una integración del sistema productivo, lo hará con la metodología de distribuir el recurso donde implementará las herramientas necesarias para lograrlo. Por ejemplo, en su investigación propone la utilización de tecnología por ejemplo el programa ADOR. La investigación utiliza un método cuantitativo no experimental.

En el presente trabajo también se implementará tecnología para los sistemas de riego tecnificado, por ejemplo, la utilización de equipos topográficos y software como el AutoCAD Civil 3D, Aqua.

Por otro lado, en el enfoque local se puede decir que también se investigó temas relacionados al recurso hídrico, principalmente en el sistema de regadío ya que es un problema nacional por contar con modelos de regadío rústicos.

Takaezu (2017), en su tesis llamada Diseño para la Implementación de un Sistema de Riego Tecnificado en el Campamento Villa Cuajone, Southern Perú copper Corporation, Moquegua, Perú. Es un estudio cuantitativo experimental, donde propone un diseño de riego por aspersión la cual se implementa a las áreas verdes del campamento Villa Cuajone. Esto permite que el riego sea para todos los cultivos, asimismo ya no se construirá acequias o canales rústicos. Concluye realizando el e instalando el sistema de riego por aspersión la cual benefició a 60 viviendas donde se hizo uso del software Cropwat 8.0.

La tesis ayuda a entender como es el diseño e instalación de un sistema de riego por aspersión destinado a los sembríos donde se incluye las tuberías tanto de polietileno como del policloruro de vinilo.

Lopez (2018) en su tesis titulada Limitaciones del Riego Artesanal y Diseño de un Sistema de Riego por Aspersión en el Fundo Tauca - Tarma nos menciona que el sistema de riego por aspersión reduce las limitaciones del riego artesanal en la finca Taca-Tarma, pues se deben analizar las características de la fuente de agua para riego, al obtener este valor, se puede calcular la cantidad de agua destinada al sistema de riego por aspersión correspondiente a esta tesis.

Por ende, el anteproyecto, como la topografía del terreno, es necesario para empezar a diseñar el sistema de riego, ya que nos permitirá obtener la forma que tiene el terreno.

Escobar & Farfan (2018) en su tesis Diseño de un sistema para la implementación de cultivos automatizados en el recinto Playa Seca del canto del Triunfo, optimiza los sistemas de riego que ocasionan pérdidas de agua, con el fin de reducir el recurso hídrico destinados al riego del cacao se concluyó que el sistema de riego por goteo es el indicado. Este sistema cuenta con sensores de humedad de suelo y lluvia para medir las variables, para poder decidir cuándo es necesario que el sistema riegue las plantas.

El método que se utilizó para este proyecto es de tipo descriptiva, donde su población es de la provincia de Guayas, Guayaquil, Ecuador, nos da una perspectiva de que el riego por goteo se realiza en pequeñas cantidades, evitando fluctuaciones de humedad del suelo ya que con otros sistemas de riego como el de melgas tiene aspectos negativos para el riego como la reducción de la producción del cultivo.

Lara (2020), en su tesis llamada Estimación comparada del caudal ecológico en el río Chancay, Lambayeque con métodos de enfoque hidrológico y eco-hidráulico del 2020, es un estudio cuantitativo experimental, donde nos menciona la manera de

comparar los caudales ecológicos para tramos del río Chancay por medio de métodos hídricos pero con una simulación de hábitat mediante el software PHABSIM, dándole como resultados valores del caudal ecológico de 55.19, 46.60 y 7.22 m³/s, porque el método divide al año en 3 secciones donde se llega a concluir con la mediana, en conclusión en la tesis estudiada se recomienda un análisis con la influencia del fenómeno del niño en el cálculo del caudal, no obstante es importante monitorear el caudal ecológico para asegurar un una respuesta positiva de los organismos dependientes.

La tesis ayudará a entender el flujo, caudal, estado, etc. del reservorio hacia las redes de distribución, para proceder a estudiar un buen sistema de regadío tecnificado, por aspersión y por goteo para los sembríos e incluir las tuberías de polietileno, es decir, según el caudal predestinar el diámetro, espesor, etc. de las tuberías.

Con respecto al agua existen teorías sobre el origen de esta, pero se debe considerar las más asertivas, donde se refieren a que se produjo hace muchos años por un proceso llamado abiogénesis. El agua en su composición química es la unión de dos átomos de hidrógeno y una de oxígeno, en conclusión, "H₂O" es un recurso esencial que se usa de manera habitual, donde por ejemplo es parte esencial en los sistemas de regadío, lo cual, se estudia en el presente trabajo de investigación.

El agua cubre el 75% de la tierra, mientras que el agua dulce representa el 2,53%, el resto es agua salada, que abarca los océanos, mares y lagos en diferentes partes de la tierra. Existe contaminación del recurso del agua y se ha alertado a todo el planeta sobre este fenómeno.

La variable del suelo nos permitirá conocer a dónde se orienta la investigación, el suelo está compuesto por muchas materias orgánicas, por algunos minerales, aire y agua. Es un manto delgado que se formó muy lento a través de los siglos. Una de las características principales del suelo es que las partículas que determinan el tipo de suelo son los minerales. La más asertiva para la presente investigación es la característica de la fertilidad del suelo.

(Das, 2015) Existen dos grupos grandes de tipo de suelo, los de grano grueso que están compuesto por arena y grava, esta a su vez no pasa por la malla #200. Por otro lado, están los suelos de grano fino, donde se encuentra el limo, arcilla inorgánica, turba, etc.; que pasa más del 50% por la malla #200.

Figura N°01. Sistema unificado de clasificación de Suelo.

Criterio para la asignación de símbolos de grupo				Símbolos de grupo	
Suelos de grano grueso Más de 50% retenido en el tamiz núm. 200	Gravas Más de 50% de fracción gruesa retenida en el tamiz núm. 4	Gravas limpias	$C_u \geq 4$ y $1 \leq C_c \leq 3^c$	GW	
		Menos de 5% finos ^a	$C_u < 4$ y/o $1 > C_c > 3^c$	GP	
	Arenas 50% o más de la fracción gruesa pasa tamiz núm. 4	Gravas con finos	$PI < 4$ o gráficos por debajo de línea "A" (figura 4.2)	GM	
		Más de 12% finos ^{a,d}	$PI > 7$ y gráficos en o por encima de línea "A" (figura 4.2)	GC	
	Arenas 50% o más de la fracción gruesa pasa tamiz núm. 4	Arenas limpias	$C_u \geq 6$ y $1 \leq C_c \leq 3^c$	SW	
		Menos de 5% finos ^b	$C_u < 6$ y/o $1 > C_c > 3^c$	SP	
Arenas con finos Más de 12% finos ^{b,d}	Arenas con finos	$PI < 4$ o gráficos por debajo de línea "A" (figura 4.2)	SM		
	Más de 12% finos ^{b,d}	$PI > 7$ y gráficos en o por encima de línea "A" (figura 4.2)	SC		
Suelos de grano fino 50% o más pasa a través del tamiz núm. 200	Limos y arcillas Límite líquido menor que 50	Inorgánico	$PI > 7$ y gráficos en o por encima de línea "A" (figura 4.2) ^e	CL	
		Orgánico	$PI < 4$ o gráficos por debajo de línea "A" (figura 4.2) ^e	ML	
	Limos y arcillas Límite líquido 50 o más	Inorgánico	Límite líquido: secado	$\frac{L - 0.75}{0.75} < 0.75$; vea la figura 4.2; zona OL	OL
		Orgánico	Límite líquido: no secado	$\frac{L - 0.75}{0.75} < 0.75$; vea la figura 4.2; zona OH	OH
	Limos y arcillas Límite líquido 50 o más	Inorgánico	Gráficos PI en o por encima de línea "A" (figura 4.2)	CH	
		Orgánico	Gráficos PI por debajo de "A" línea (figura 4.2)	MH	
Suelos altamente orgánicos	Materia orgánica principalmente, color oscuro y orgánico	Límite líquido: secado	$\frac{L - 0.75}{0.75} < 0.75$; vea la figura 4.2; zona OH	OH	
		Límite líquido: no secado	$\frac{L - 0.75}{0.75} < 0.75$; vea la figura 4.2; zona OH	OH	

^aGravas con 5 a 12% de finos requieren símbolos dobles: GW-GM, GW-GC, GP-GM, GP-GC.

^bArenas con 5 a 12% de finos requieren símbolos dobles: SW-SM, SW-SC, SP-SM, SP-SC.

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}; C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \times D_{10}}$$

^dSi $4 \leq PI \leq 7$ y gráficos en la zona rayada en la figura 4.2, se usa doble símbolo GC-GM o SC-SM.

^eSi $4 \leq PI \leq 7$ y gráficos en la zona rayada en la figura 4.2, se usa doble símbolo CL-ML.

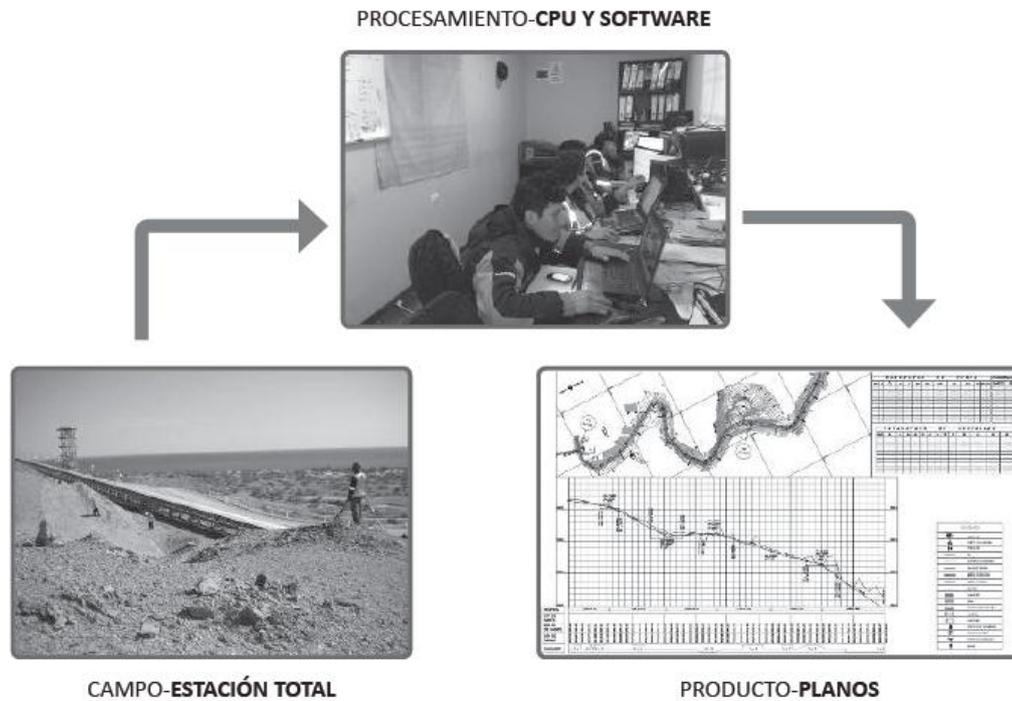
Fuente: (Das, 2015)

(Sánchez, 2016) La topografía es una ciencia que estudia los métodos y procedimientos que tienen como objetivo representar de una manera gráfica la superficie terrestre, con las características detalladas, usando métodos como altimetría y planimetría.

Para los sistemas de regadíos es necesario saber cuáles son las dimensiones del terreno, por lo cual, necesitaremos de la topografía, donde nos representará de forma gráfica el terreno a diseñar. La topografía intervendrá en las etapas de diseño

del sistema de regadío, forma del terreno, colocación de las tuberías, es decir, un levantamiento topográfico y un replanteo como en la figura 2.

Figura N°02: Proceso de la Topografía.



Fuente: (Sánchez, 2016)

Otra de las variables a mencionar es el tipo de riego, el sistema que se empleará en el proyecto es el tecnificado, donde los terrenos deben ser llanos, no obstante, este sistema es apto para todo tipo de suelo. La eficiencia de este método es alta, y no requiere de una nivelación perfecta.

Demin (2014), sostiene que los sembríos, para un buen desarrollo, necesariamente requieren del agua absorbiéndolo del suelo, si el contenido de humedad es bajo es una dificultad para la absorción, por ende, es obligatorio regar al sembrío. El sistema de riego debe reducir las pérdidas de agua haciendo el buen uso de las mismas. Las buenas prácticas de riego y la eficiencia del sistema de regadío, son cuando, en el sembrío aún después de regarlo queda con una cantidad necesaria para la posterior absorción, lo cual mantiene la humedad del mismo. Entre la clasificación de los métodos de riego se tiene:

- De inundación: este tipo de sistema conlleva a la inundación uniforme de la parcela o por gravedad. Aquí se encuentran melgas, curvas a nivel, cuadros o cajetes.
- Por líneas: es considerado un sistema por inundación parcial, donde el eje principal son las curvas de nivel. Se encuentran los surcos rectos, surcos en contorno, corrugaciones y camas meloneras.
- Tecnificado: su diseño permite el aprovechamiento eficiente del recurso hídrico, permitiendo a su vez, la periodicidad de riego como la aplicación de nutrientes y fertilizantes. Se tiene goteo y aspersión.

El presente trabajo se enfoca en el método tecnificado y el material a utilizar en el sistema de riego, tanto por aspersión como por goteo, es el polietileno, que es un polímero cuyas características, a comparación con otras clases de tuberías, es que la velocidad del desplazamiento del agua es mayor. Otras características que se consideran para su aplicación fueron: resistencia y durabilidad a la exposición a los rayos solares, asimismo, reduce las pérdidas del recurso del agua.

Serrano & Eduardo (2015) el polietileno y el polipropileno son utilizados para varios contenedores o sistemas de ductos. Su fabricación es de forma de plásticos, sólidos, fibras, adhesivos. Son producidos como materiales porosos o no porosos

Un sistema ampliamente utilizado para mejorar la eficiencia y ahorrar agua es el sistema de riego por goteo.

Agrobanco (2013), nos menciona que el sistema de riego por goteo permite emplear los fertilizantes y, lo más importante, el recurso del agua en un espacio donde se encuentran las raíces del cultivo. De manera localizada y en forma de gotas (manteniendo su regularidad por momentos muy elevada y por otros lenta, en los momentos precisos y programados).

Posee grandes ventajas, entre ellas se destacan:

- Ahorro del recurso hídrico; ya que, localiza el riego en el lugar justo donde se encuentran las raíces, evitando así, algún tipo de pérdida en la conducción.
- Ciclos de riego ajustables; pueden adecuarse a las necesidades del cultivo y suelo.
- No es necesario el control o supervisión constante.
- Permite la aplicación en simultáneo de agua y fertilizantes, permitiendo la dosificación de este en el momento necesario, económico y rápido.

A su vez, cabe recalcar que existen, también, desventajas del uso de este sistema, entre los principales son:

- Obstrucción; puede presentarse en los goteros como en los filtros, dosificadores, etc., lo que ocasionaría una instalación de un eficiente sistema de filtrado que requiere mantenimiento constante.
- Las características variables del agua como la temperatura, puede bajar, en este sentido, hay mucha mayor probabilidad que se produzcan precipitación de elementos que son solubles.

Componentes del sistema de riego:

- Goteros o emisores: son aquellos dispositivos que se insertan en la tubería, los cuales se encargan de verter el agua al suelo como gotas continuas.

Estos goteros se pueden clasificar (considerando el riesgo de obstrucción en menores diámetros) en:

- Goteros pequeños: Posee un diámetro de orificio de salida menor a 0,7 mm.
- Goteros medianos: Posee un diámetro de orificio de salida entre 0,7 y 1,5 mm.

- Goteros grandes: Posee un diámetro de orificio de salida mayor a 1,5 mm.
- Red de distribución: Se hace uso de tuberías (en este proyecto se considera al pvc y al polietileno) tanto para las líneas principales de conducción, como para las líneas secundarias de distribución.

Los ejes principales a tomar en cuenta en una tubería son el material de la tubería, su presión nominal de diseño y el diámetro nominal (el cual coincide con el diámetro exterior de la tubería).

La relación entre el diámetro nominal y el diámetro en pulgadas de la tubería de plástico se muestra en la Tabla 01.

Figura N°03: Equivalencia entre el diámetro nominal y el diámetro en pulgadas

Diámetro nominal, DN (mm)	12	16	20	25	32	40	50	63	75	90
Diámetro en pulgadas (inch, in)	1/4	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3

Fuente: Ingemecánica. (2017)

- Filtros: Las principales causantes en sistema de riego por goteo son las obstrucciones, por ello los filtros permiten la retención de los agentes de obstrucción (partículas minerales, orgánicas, etc.).
- Figura N°04: Filtro de un sistema de riego por goteo

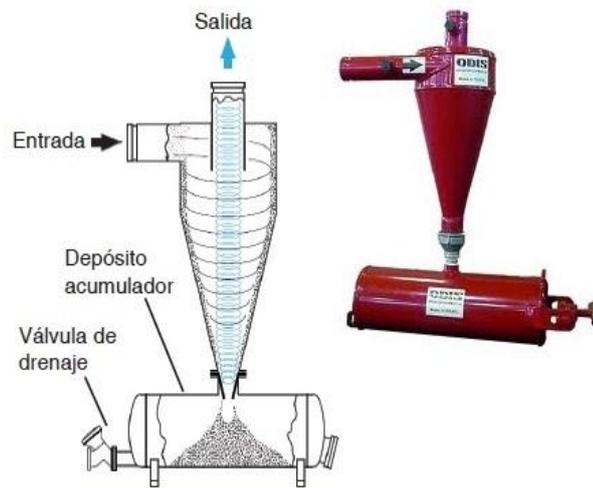


Fuente: Ingemecánica. (2017)

Se pueden usar tres tipos de filtros según su funcionalidad:

- Filtros de hidrociclón: puede retener partículas con un peso específico mayor que el del agua, como la arena. Su eficacia permite retener partículas de tamaño superior a 74 micrones y densidad superior a $1,5 \text{ gr / cm}^3$ (Ingemecánica, 2017)

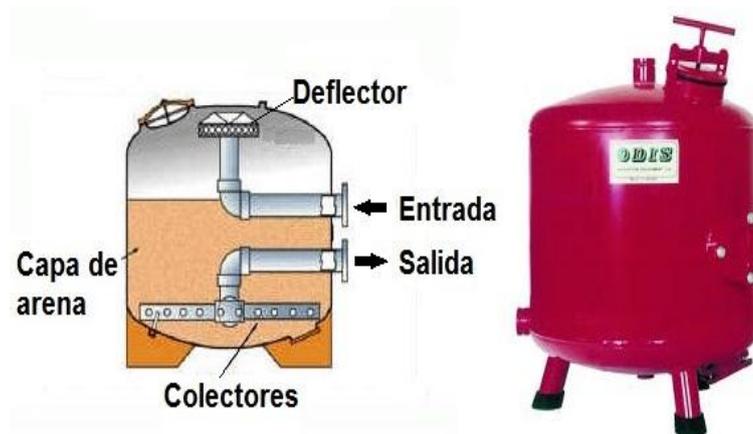
Figura N°05: Filtro de hidrociclón.



Fuente: Ingemecánica. (2017)

- Filtros de arena: Son aquellos tanques de poliéster o metálicos que poseen una capa de arena interiormente de un espesor no menor a 50 cm. Puede producirse pérdidas de carga de acuerdo al grado de limpieza; por ejemplo, con la arena limpia la pérdida de carga puede estar de 1 a 2 m.c.c., y cuando la arena se llena de sedimentos el valor de pérdida de carga puede aumentar hasta 4 o 6 m.c.c. Por ello, la labor de mantenimiento constante es fundamental.

Figura N°06: Filtro de arena.



Fuente: Ingemecánica. (2017)

- Filtros de malla: Consisten en un armazón con cilindros de malla concéntricos en su interior, que cumplirán su función como elemento filtrante. Preferiblemente las mallas son de acero inoxidable.

Figura N°07: Malla de acero recomendada según diámetro del gotero

Diámetro salida del gotero (mm)	Características de la malla	
	Tamaño máximo de hueco (µm)	N° de mesh
1,50	214	65
1,25	178	80
1,00	143	115
0,90	128	115
0,80	114	150
0,70	100	170
0,50	86	200
0,40	71	250

Fuente: Ingemecánica. (2017)

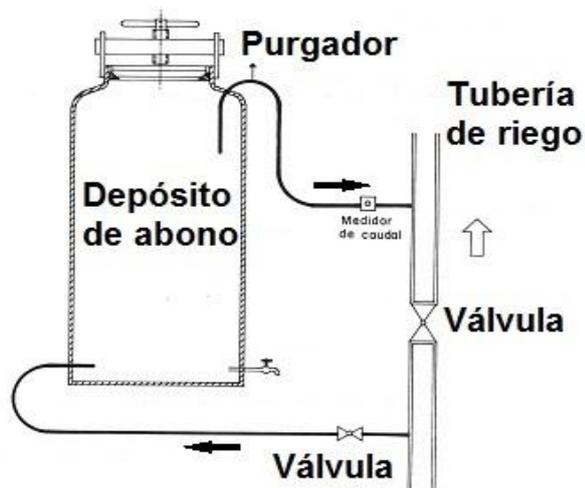
Figura N°08: Filtro de malla.



Fuente: Ingemecánica. (2017)

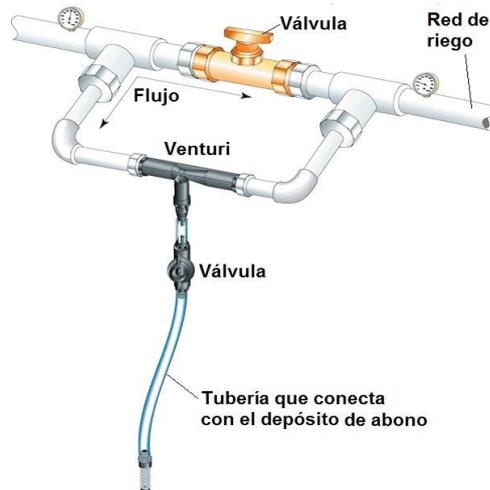
- Equipo de fertirrigación: Con la fertirrigación se permite el aprovechamiento del sistema por goteo para la aplicación simultánea del agua con fertilizantes disueltos en la red y la distribución de abono. El equipo utilizado para ello, puede ser empleado también para incorporar insecticidas, herbicidas y funguicidas. El equipo consta del tanque de abono y del inyector venturi.

Figura N°09: Tanque de abono



Fuente: Ingemecánica. (2017)

Figura N°10: Inyector de Venturi.



Fuente: Ingemecánica. (2017)

- Válvulas: Son los elementos de regulación y control del flujo del agua; para ello, se conectan a la red de conducción.

Figura N°11: Válvulas del sistema de riego por goteo.



Fuente: Ingemecánica. (2017)

- Equipo de bombeo: Se usa para el control de la velocidad y caudal requerido para el funcionamiento del sistema de riego. En pozos de aguas profundas, lo mejor es utilizar bombas sumergibles; el riesgo de cavitación es muy bajo. Con la siguiente expresión se calcula el consumo energético:

$$KWh = (Q \cdot H) / (367 \cdot \eta)$$

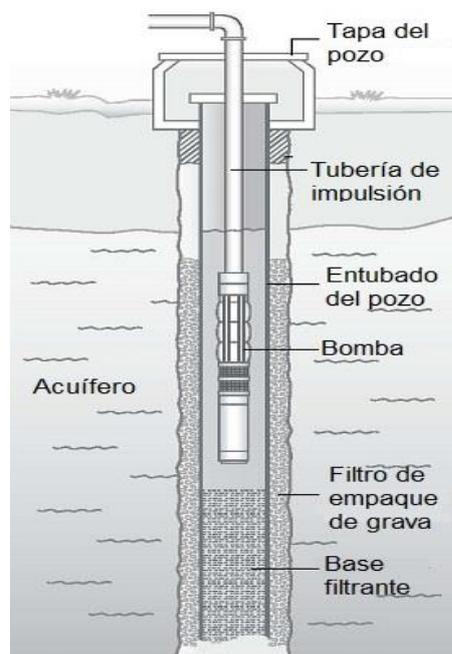
Donde:

Q: caudal suministrado por la bomba en m³/h

H: altura de impulsión en m.

η : rendimiento de la bomba

Figura N°12: Equipo de bombeo



Fuente: Ingemecánica. (2017)

Otro sistema comúnmente usado por la forma de lluvia es el de riego tecnificado por aspersión.

Ministerio de agricultura y Riego (2016) El sistema de riego por aspersión es uno de los métodos diseñados mecánicamente, porque necesariamente se tiene que utilizar mecanismos para que la presión generada haga que el recurso del agua se movilizara. En este sistema no hay necesidad de que el suelo este nivelado ya que cubrirá la zona.

Las grandes ventajas del método por aspersión se basan en 2 principios, uno es controlar el riego que se limita por las condiciones que brinda el clima; la otra es donde las características del terreno no influyen en la aplicación del agua.

Las ventajas más características son las siguientes:

- Permite el regado en terrenos con pocas homogeneidades, es decir no hay la necesidad de nivelar a perfección el terreno.
- Aprovechamiento de la superficie del terreno a usar ya que el mismo no se destina para canales ni acequias.
- Beneficioso para las primeras fases del sembrío, donde es necesario los riegos sencillos y ligeros.
- Hay más posibilidades de que los sembríos sean mecanizados, siendo eliminados los impedimentos propios del riego por aspersión.

Asimismo, el sistema presenta desventajas como:

- Una principal desventaja es el de la inversión, por consiguiente, el mantenimiento, asimismo la energía a utilizarse.
- La humedad que genera el riego por aspersión hace que el terreno se humedezca y esto en algunos cultivos hace que aparezcan deficiencias como el no crecimiento de algunas plantas.
- El factor clima es fundamental, ya que el viento hace difícil que la distribución del agua sea uniforme y dificulte la eficiencia del regadío.

El riego por aspersión cubre casi cualquier tipo de terreno, de acuerdo a eso se define las cantidades de las unidades de riego, por ende, se dividen y se riegan una sola vez.

El componente principal del sistema de riego a estudio es el aspersor, el cual es el encargado de expulsar el agua en forma de lluvia al sembrío. Asimismo, se encuentran más componentes y son los siguientes:

- El aspersor es uno de los principales componentes, el cual se define como el elemento que se encarga de distribuir el recurso hídrico en forma de lluvia sobre el regadío. Son accesorios que se montan sobre un porta aspersor central, la cual pasa el agua a presión.

A su vez, existen tipos de aspersores, según la necesidad del sembrío.

- Aspersor de impacto: son los que normalmente se usan para la agricultura, el giro es producto del impulso del agua al brazo oscilante que se desplaza y vuelve a su posición original, cuando regresa golpea al aspersor, pero el giro es pequeño por ende se le considera un aspersor lento en giro.
 - Aspersor de turbina: este giro tiene continuidad, ya que el aspersor va engranado al cuerpo del aspersor, son de gran tamaño, para soportar la presión y el alto caudal que pasa este. Se usa generalmente en jardinería.
 - Aspersor Rotativo: contienen varias boquillas con orientación a la reacción del movimiento del agua, que es resultado del giro del aspersor. Este tipo de aspersor también se utiliza comúnmente en jardinería.
-
- Red de Distribución, al igual que el sistema de riego por goteo, el recurso del agua se moviliza por una red de distribución. Se identifica la red de distribución como el conjunto de tuberías que traslada el agua desde la captación de la misma hasta los aspersores.

Comúnmente, los sistemas de aspersión son móviles, ya que, da vueltas de manera consecutiva hasta que cubre todo el sembrío. A su vez, también existen las fijas, las cuales se trasladan a medida que se riega.

Figura N°13: Sistema de aspersión temporal



Fuente: PSI (2014)

- Tuberías, para los sistemas móviles las tuberías deben ser más ligeros para el movimiento, por ello, en este proyecto se usará el Polietileno. Los diámetros que se usan deben estar oscilados entre los 50 a 150 milímetros soportando presiones de hasta 10 kilogramos.
 - Tuberías de Polietileno
Para el sistema de riego por aspersión el diámetro del material varía entre los 16 a 200mm, lo favorable del material es que tiene una gran flexibilidad. Por los gastos que genera se suele usar de diámetros menores.

Figura N°14: Tubería de Polietileno de Alta Densidad para Riego por Aspersión.



Fuente: (tuberías extrumex, 2018)

El diseño del riego por aspersión es parte fundamental del sistema y de mucha importancia, ya que, nos permitirá conocer la adecuación del sistema al terreno de estudio.

Para diseñar primero se reúne información agronómica y civil, por ejemplo, el tipo de suelo, calidad del agua e inclusive cantidad, el clima y, por supuesto, hacia dónde va orientado el sistema, hacia los sembríos. Asimismo, cabe agregar que se tiene que tener en cuenta cómo es la topografía del lugar para determinar las zonas destinadas al riego.

Teniendo en cuenta todas estas características y datos, se procede a definir el sistema, planificando y realizando el cálculo hidráulico.

El cultivo por el cual, se pretende diseñar un sistema de riego por aspersión y goteo es la caña de azúcar, debido a que, en Pucalá, es el cultivo principal y fuente de ingresos.

La caña de azúcar, científicamente conocida como “*Saccharum officinarum*”, es una planta gramínea tropical, cuya característica principal es la acumulación en su tallo de sacarosa en su periodo de maduración. Siendo así, de gran importancia en la producción mundial de azúcar y sus derivados.

Tabla N°01: Composición de la caña de azúcar.

Componente	Porcentaje
Agua	73 - 76 %
Sacarosa	8 - 15 %
Fibra	11 - 16 %

Fuente: Rodriguez, Cultivo de caña de azúcar (2021).

La caña de azúcar, tiene un ciclo de vida, que oscila entre 11 a 18 meses:

Tabla N°02: Ciclo de vida de la Caña de azúcar.

Fase	*Duración (días)
Establecimiento	30 - 60
Crecimiento vegetativo	50 - 90
Crecimiento rápido	180 - 230
Maduración	60 - 160
Total	320 - 480

*Estimado para cañas de 11 y 18 meses de ciclo

Fuente: Rodriguez, Cultivo de caña de azúcar (2021).

Según el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, la caña de azúcar se siembra y cosecha durante todo el año tanto en costa, sierra y selva peruana. Sobre todo, en la zona norte peruana como La Libertad y Lambayeque. Teniendo un gran crecimiento durante los últimos diez años, llegándose a cosechar desde 75,348 hectáreas (2009) hasta 140,000 hectáreas actualmente.

Según la ANA, la cédula histórica de cultivos en la cuenca Chancay – Lambayeque, tiene un gran porcentaje de hectáreas destinadas a la caña de azúcar.

Tabla N°03: Cédula Histórica de Cultivos en el Valle Chancay-Lambayeque.

Cultivos	Área (ha)
Cña de Azúcar	30786.00
Pastos - Alfalfa	3530.00
Espárragos	231.20
Algodón	4115.25
Arroz	37844.52
Maíz Amiláceo	304.31
Maíz Hibrido	4937.42
Sorgo	9.76
Yuca	209.93
Camote	392.77
Hortalizas	648.47
Menestras	3036.18
Pepino	39.61
Lenteja	244.47
Tabaco	94.41
Otros	263.37
Total	86689.70

Fuente: Autoridad Nacional del Agua, 2015.

Uno de los ejes principales del cultivo, es el rendimiento que este posee, en el caso de la caña de azúcar, si es pretendida ser usada como materia prima para obtener como producto final al azúcar, cada tonelada puede rendir 60 kilos de azúcar. Un ejemplo se puede basar en una hectárea cosechada, donde si se produjeran 50 toneladas, esta produciría 3000 kilos de azúcar.

Tabla N°04: Países con los principales valores de rendimiento de caña de azúcar en el mundo.

<u>País</u>	<u>Rendimiento (ton/ha)</u>
Perú	121.2
Guatemala	121.0
Senegal	118.0
Egipto	112.7
Malwi	107.7
Chad	103.1
Zambia	102.3
Burkina Fasco	100.5
Swazilandia	96.1
Nicaragua	96.0

Fuente: Rodriguez, Cultivo de caña de azúcar (2021).

Según Rodriguez (2021), en cuanto a las necesidades que controlan el desarrollo de la caña de azúcar, se tiene al suelo, con condiciones edáficas ideales en suelos franco arcillosos, ya que, con buena profundidad y drenaje, el pH óptimo está entre 5.5 y 8; en cuanto a la temperatura, las ideales oscilan entre 26 y 30 °C; la humedad que requiere es alta, entre 80 a 85%, pero en etapa de maduración entre 45 y 65% y con limitaciones en la disponibilidad hídrica.

En cuanto a las necesidades de agua diaria (mm/día) estas están ligadas al coeficiente de cultivo y la evapotranspiración del mismo. Por ello se tiene:

Tabla N°05 Requerimientos para la caña de azúcar.

MES	DECADA	ETAPA	Kc coef	Etc mm/día	Etc mm/dec	Prec. Efec min/dec	Req. Riego mm/dec
DICIEMBRE	1	Inic	0.83	3.77	30.2	0.4	7.5
DICIEMBRE	2	Inic	0.4	1.89	18.9	0.7	18.2
DICIEMBRE	3	Inic	0.4	1.96	21.5	0.8	20.7
ENERO	1	Des	0.47	2.37	23.7	0.9	22.8
ENERO	2	Des	0.62	3.23	32.3	1	31.3
ENERO	3	Des	0.78	4.09	45	1.1	43.9
FEBRERO	1	Des	0.94	4.96	49.6	1.2	48.4
FEBRERO	2	Des	1.09	5.8	58	1.3	56.7
FEBRERO	3	Des	1.22	6.35	50.8	1.4	49.4
MARZO	1	Med	1.3	6.58	65.8	1.6	64.1
MARZO	2	Med	1.3	6.39	63.9	1.8	62.1
MARZO	3	Med	1.3	6.27	68.9	1.4	67.5
ABRIL	1	Med	1.3	6.14	61.4	1	60.4
ABRIL	2	Med	1.3	6.01	60.1	0.7	59.4
ABRIL	3	Med	1.3	5.7	57	0.4	56.5
MAYO	1	Med	1.3	5.38	53.8	0.1	53.7
MAYO	2	Med	1.3	5.07	50.7	0	50.7
MAYO	3	Med	1.3	4.84	53.2	0	53.2
JUNIO	1	Med	1.3	4.61	46.1	0	46.1
JUNIO	2	Med	1.3	4.38	43.8	0	43.8
JUNIO	3	Med	1.3	4.28	42.8	0	42.8
JULIO	1	Med	1.3	4.17	41.7	0	41.7
JULIO	2	Med	1.3	4.07	40.7	0	40.7
JULIO	3	Med	1.3	4.22	46.4	0	46.4
AGOSTO	1	Med	1.3	4.37	43.7	0	43.7
AGOSTO	2	Med	1.3	4.52	45.2	0	45.2
AGOSTO	3	Fin	1.3	4.61	50.7	0	50.7
SEPTIEMBRE	1	Fin	1.27	4.57	45.7	0	45.7
SEPTIEMBRE	2	Fin	1.22	4.47	44.7	0	44.7
SEPTIEMBRE	3	Fin	1.17	4.49	44.9	0.1	44.8
OCTUBRE	1	Fin	1.12	4.49	44.9	0.2	44.7
OCTUBRE	2	Fin	1.06	4.47	44.7	0.3	44.4
OCTUBRE	3	Fin	1.01	4.25	46.8	0.3	46.5
NOVIEMBRE	1	Fin	0.96	4.04	40.4	0.3	40
NOVIEMBRE	2	Fin	0.91	3.83	38.3	0.3	38
NOVIEMBRE	3	Fin	0.86	3.76	37.6	0.4	37.2
DICIEMBRE	1	Fin	0.83	3.77	7.5	0.1	7.5
SUMATORIA					1661.3	18.2	1621.1

Decada=periodo de diez días; Inic= inicial; Des=desarrollo; Mes=medida; Fin=final; Kc=coeficiente de cultivo; Etc= evapotranspiración de cultivo; Prec. Efec= precipitación efectiva; Req.Riego= requerimiento de riego de cultivo en milímetros por década.

Fuente: García, Guerrero y Cabrera Evapotranspiración y requerimientos de agua para la programación de riego de los cultivos *Saccharum officinarum* L. (Poaceae) "caña de azúcar", *Zea mays* L. (Poaceae) "maíz" y *Asparagus officinalis* L. (Asparagaceae) "espárrago" en el valle Chicama, Perú. (2019).

ESTUDIOS BÁSICOS PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO

Todo proyecto, sobre todo de ingeniería, implica estudios básicos para su desarrollo. Es un punto inicial para la realización del diseño en sí, a continuación, se nombran los estudios básicos para la ejecución de un proyecto de regadío, que se tomará en cuenta para el desarrollo del presente proyecto:

a) Estudio Topográfico

Este estudio, permite definir de forma precisa la ubicación y/o dimensiones del terreno o elementos que se usarán en el proyecto.

Tiene como objetivo, la realización de los trabajos en campo, el cual, permite la elaboración de planos; además, de este estudio se proporciona la información básica para el diseño hidráulico, ya que, establece los puntos de referencia para el replanteo topográfico.

b) Estudio Hidrológico

Este estudio tiene la estructura del Formato Anexo N°07 de la Directiva de Procedimientos Administrativos de la ANA.

Para los estudios hidrológicos y climatológicos de la cuenca de interés, es recomendable hacer uso del registro de información hidrometeorológica de fuentes confiables como SENAEMI, con un período de hasta 15 años. La finalidad de este estudio, es obtener la disponibilidad hídrica del lugar.

c) Estudio de Geología y Geotecnia

En cuanto a la geología, se enfoca en determinar las características geológicas del lugar donde se va a realizar el proyecto; para ello, se requiere las características de los suelos y geografía de la zona.

Por su parte, la geotecnia, se enfoca determinar las características del suelo de cimentación, de esta forma, poder analizar su comportamiento. Para ello, se requieren ensayos de mecánica de suelos, rocas, etc. Para estos estudios, se requieren calicatas recomendables mínimas de 2.50 m. de profundidad y cada 500 m. en el caso de canales de regadío.

Estos estudios permiten la elaboración de los perfiles estratigráficos; además, que las muestras de las calicatas serán llevadas a estudio en un

laboratorio autorizado, donde se realizarán ensayos de granulometría, índices de plasticidad, contenido de humedad, clasificación, etc.

d) Estudio Agroeconómico

En este punto, se toma en cuenta la realidad agrónoma y económica del lugar donde se realiza el proyecto. Aquí se debe detallar los procesos que se van a llevar a cabo durante toda la ejecución del proyecto y sobre todo los beneficios que traerá consigo. Se debe analizar, si la zona estudiada, realmente tiene las condiciones para llevar a cabo el proceso, para ello, se tiene que realizar un diagnóstico de las áreas de siembra, uso de tierras, precios de los cultivos, costos de producción, etc. A este estudio se le denomina también como “Costo-Beneficio”.

e) Estudio de Análisis de Riesgos y Desastres

Este estudio, tiene como objetivo principal, el identificar y evaluar el nivel y tipo de pérdidas posibles, que podrían afectar directamente a la ejecución del proyecto.

El análisis de Riesgos, permitirá identificar los peligros y vulnerabilidades que puede afrontar el proyecto; de esta forma, se puede determinar acciones que permitan reducir el impacto y/o vulnerabilidad identificada.

f) Estudio de Impacto Ambiental

El EIA es el resultado de la recopilación y análisis de datos generados en el estudio de perfil. Se debe tomar en cuenta el análisis considerando las dos situaciones: Con el proyecto y sin el proyecto.

De esta forma, se puede mostrar que tanto impacto negativo provoca la ejecución del proyecto, y tomar las medidas necesarias dado el caso de ser un impacto negativo muy alto.

g) Diseño Agronómico del Sistema de Riego

Este diseño, abarca todos los aspectos naturales que afectan directamente el cultivo, por ende, debe tomarse en cuenta para el diseño de un sistema de riego.

h) Diseño Hidráulico del Sistema de Riego

Es el diseño del sistema en sí, tomando en cuenta los aspectos agronómicos para definir las necesidades hidráulicas del proyecto.

i) Análisis Económico

Este punto varía según el planteamiento del proyecto. Para este proyecto se verifica tanto los costos, presupuestos, cronogramas de ejecución, proyecciones, adicionales, entre otros, que corresponden a la valorización general de la obra. De esta manera, se tiene un análisis detallado de cada partida y todo aspecto que influye en el costo total.

j) Estudio Social

El aspecto social es muy importante en todo proyecto a realizar, ya que, todas las partes deben ser informadas de lo que se va a realizar. Para ello se realiza un mapeo social, con reuniones públicas y/o talleres con los beneficiarios directos. De esta forma, se llega un acuerdo de ambas partes para la adecuada ejecución del proyecto. Si llegara a suceder algún inconveniente o imprevisto, la parte ejecutora debe responsabilizarse de cumplir con lo acordado con la parte beneficiaria, para que no haya ningún cambio negativo fuera de lo estipulado.

Además, durante o terminado el proyecto, realizar capacitaciones para el adecuado uso de los sistemas de riego, talleres de mejora y constante comunicación.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación: Aplicada

Según Crismán (2016), la investigación aplicada es aquella que abarca la práctica en una investigación. Viéndose de esa manera, una investigación se puede dividir en 4 parámetros fundamentales: conocer, explicar, predecir y actuar. Siendo las dos primeras, parte de la investigación básica, mientras que las dos últimas de la aplicada. (pág. 14).

Enfoque de investigación:

El enfoque de la presente investigación es Cuantitativo.

Según Hernández-Sampieri et al. (2014), el enfoque cuantitativo es probatorio y secuencial; el cual presenta un conjunto de procesos. Por ello no se puede eludir alguno de los pasos. Es de orden riguroso. (pág. 4)

● **Diseño:** No experimental

Hernández-Sampieri et al. (2014), se refieren a la investigación no experimental, como aquella que no manipula deliberadamente a las variables, al menos no de forma intencional. En la investigación no experimental, se observa para análisis, a fenómenos en su contexto natural. (pág. 152).

En el presente proyecto de investigación, se analiza a dos sistemas de riego, con la comparación completa, no experimental, se pretende demostrar la viabilidad de una sobre la otra.

Además, esta investigación es de tipo y nivel descriptiva cuyo diseño es estudio de casos y controles, por la comparación de las variables.

3.2. Variables y operacionalización:

V-1: Sistema de Riego por Aspersión

- **Definición conceptual:**

Según (PortalFruticola.com, 2020), el sistema de riego por aspersión, es aquel sistema superficial de riego, que es producido por el rocío de pequeñas gotas entre o sobre el cultivo, produciendo así, un efecto de lluvia.

Figura N°15: Sistema de riego por aspersión.



Fuente: PortalFruticola.com, Consideraciones fundamentales del riego por aspersión, 2020.

- **Definición operacional:**

El sistema de riego por aspersión posee una uniformidad de sistema, además de tener excelente área de cobertura. A su vez, brinda una larga vida útil (10 años aproximadamente), por ello, menores costos de mantenimiento. Se puede hacer uso en simultáneo de agua con nutrientes y fertilizantes, además de usarlo para germinación y quimigación.

- **Indicadores:**

- ✓ Mecánica de suelos: Son aquellos estudios básicos del suelo, se toma una o más muestras del suelo a través de una calicata, para luego ser estudiadas en un laboratorio y poder determinar las propiedades y tipología del suelo.
- ✓ Topografía: El levantamiento topográfico, nos permite la ubicación y delimitación del área de estudio de forma más precisa.
- ✓ Medio Ambiente: Factor importante que debe analizarse y cuestionarse ante cualquier proyecto a realizar. Así, se puede determinar los impactos que produce la ejecución del mismo.

- **Escala de medición:** Intervalo

Anderson (2016), sostiene que la escala de intervalo es aquella que poseen en sus datos las propiedades de los datos ordinales; pero también, tiene sentido la separación entre las variables. Esos datos son numéricos, el valor cero no es inválido en cuanto a la propiedad.

V-2: Sistema de Riego por Goteo

- **Definición conceptual:**

Novagric (2016), afirma que el riego por goteo, como parte del riego localizado, es aquel método de irrigación que permite la aplicación óptima de agua y abono, de forma directa a la zona de influencia a través de un sistema de tuberías y goteros.

- **Definición operacional:**

El sistema de riego por goteo reduce a gran escala la evaporación del agua en el suelo, permite el control de aplicación del agua, ya que es de forma directa y controlada genera mayor ahorro del recurso hídrico, a su vez, se adapta a terrenos irregulares, con pendientes o rocosos.

- **Indicadores:**
 - ✓ Mecánica de suelos
 - ✓ Topografía
 - ✓ Medio Ambiente
- **Escala de medición:** Intervalo

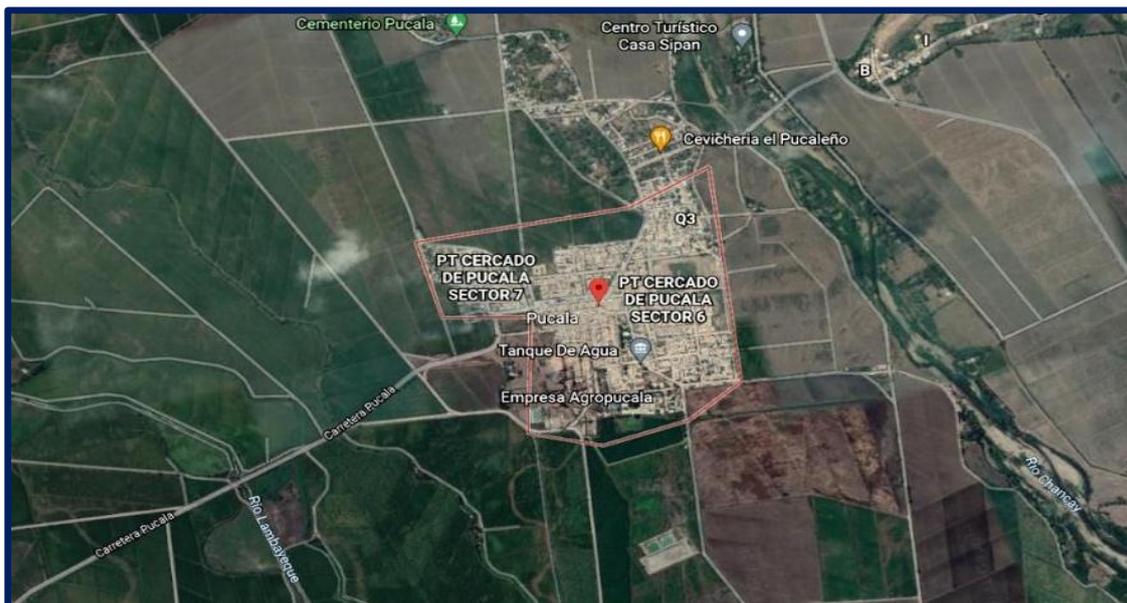
3.3. Población, muestra y muestreo

Población:

Martínez (2014), sostiene que la población es aquel conjunto de sujetos, elementos u objetos que poseen unas características definidas; Las poblaciones pueden ser limitadas, es decir, teóricamente finitas. Es llamada también universo. Los valores de los estudios estadísticos realizados de las variables en las poblaciones se designan parámetros. (pág. 401).

La presente investigación tiene como población los sembríos del distrito de Pucalá en la provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque.

Figura N°16: Mapa del distrito de Pucalá, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque.



Fuente: Google Earth

- **Criterios de inclusión:**

Se considera como lugar el distrito de Pucalá, debido a que existe la necesidad de un sistema de riego adecuado para la realización de las actividades de riego. Actualmente no hay un sistema de riego que solviente las necesidades de la zona, y el área tomada va a ser una muestra que servirá para una mejor elección y ejecución de un sistema de riego tecnificado.

- **Criterios de exclusión:**

Al no ser una zona que se caracterice por hacer uso de un sistema de riego como tal, si no, de forma rústica, pues no cuentan con los estudios básicos necesarios para el diseño de un sistema de riego tecnificado, por ello se considera como un reto y a su vez, aporte a dicha localidad.

Muestra:

Es el subconjunto o parte de la población, la cual es seleccionada de tal forma que dé a conocer las propiedades que posee la población a la que pertenece. (Martínez, 2014, pág. 401)

Se tiene como muestreo de esta investigación, un terreno de 750m² (50m. x 15m.) ubicado el distrito de Pucalá, destinado a ser diseñado a ambos sistemas de riego tecnificado (aspersión y goteo).

Muestreo:

Según Martínez (2014) el muestreo consiste en la toma de una parte del universo o población, a través de técnicas de extracción de muestras, es decir, el muestreo es el procedimiento que le sigue para la toma de muestras. El muestreo puede ser probabilístico o no probabilístico. (pág. 402).

La muestra elegida es una muestra no probabilística intencional, la cual fue elegida de acuerdo a las necesidades y los recursos que se tiene para la prueba y realización del proyecto.

Unidad de análisis:

(Hernández-Sampieri et al., 2014), afirman que la unidad de análisis es considerada como la que indica quiénes van a ser medidos, es decir, los casos o participantes a los cuales en última instancia se va a aplicar el instrumento de medida. (pág. 183)

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Gil (2016), sostiene que, las técnicas para la recolección de la información, abarcan todos los medios técnicos que se usan para registrar los datos obtenidos por medio de la observación. Para ello, se hacen uso de los instrumentos, los cuales permiten la recolección de la información; los cuales son considerados entidad externa e independiente. (pág. 18).

- **Técnicas:**

- Fichas de observación: La información obtenida a través de la observación de campo se plasma a detalle en una ficha de observación.
- Gabinete (Procesamiento de Datos): Todos los datos e información obtenida a través de los diferentes instrumentos utilizados, se analizarán y ejecutarán desde el punto de la ingeniería haciendo uso de los diferentes softwares. Es decir, es el trabajo realizado por los profesionales a cargo del presente proyecto, para la ejecución del mismo.

- **Instrumentos:**

- Fichas de laboratorio: Se realizarán diferentes ensayos, tanto a las tuberías como al suelo; de esta manera, se obtienen las fichas de laboratorio, que brindan los datos de las propiedades del suelo.
- Software AutoCAD: Servirá para plasmar el plano del terreno, donde se va a ejecutar el sistema de regadío.

- Instrumentos Topográficos: Para la nivelación y levantamiento topográficos se hará uso de los instrumentos de topografía necesarios.
- Software Aqua: Servirá para el diseño de los sistemas de riego tecnificado.

3.5. Procedimientos:

Para el desarrollo del proyecto de investigación, se van a realizar una serie de pasos (mostrados en la imagen N. 02), los cuales son necesarios y permitirán concluir con el resultado esperado.

Figura N°17: Procedimientos para el desarrollo del proyecto.



Fuente: Propia

- Mecánica de suelos: Se tomará muestras del suelo a través de las calicatas de 1.80 m. x 1.20 m. x 2.0 m. (largo / ancho / profundidad), las cuales van a ser separadas adecuadamente y trasladadas al laboratorio para los ensayos de suelos necesarios.

Figura N°18: Foto de una calicata.



Fuente: Propia

- Topografía: Se realizará el levantamiento del terreno, por consiguiente, se realizará la nivelación del terreno. Para ello se utilizarán instrumentos como la estación total, nivel topográfico, trípode, mira, flexómetro y material para anotar las lecturas.

Figura N°19: Estación Total.



Fuente: Propia

- Diseño del regadío: Con los datos del terreno, ensayos del suelo y los materiales a usar, se procede al diseño del sistema de riego tecnificado, tanto en goteo como aspersión; para ello se hace uso del software Aqua, para la comprobación de nuestros cálculos a mano alzada.

Figura N°20: Software Aqua



Fuente: Aqua

- Ejecución del sistema de riego: Se pone en marcha el proyecto, ya con el diseño listo, se hace realidad en campo los sistemas de riego aplicando ambas tuberías por separado para la realización de la comparación.
- Análisis de resultados: Se realizará una tabla comparativa de resultados obtenidos, tanto en campo como a través del uso de los softwares, para determinar la viabilidad del sistema de riego aplicando ambas tuberías.

3.6. Método de análisis de datos:

Para llevar a cabo todos los procedimientos de recolección de datos, cumplir con los objetivos planteados y comprobar la hipótesis planteada, los autores de la presente investigación, realizarán la toma de muestras y estudios de campo; de esta manera, haciendo uso de los instrumentos mencionados y con el procedimiento planteado, se harán cargo del procesamiento de datos, para determinar la viabilidad del proyecto.

3.7. Aspectos éticos:

El presente proyecto de investigación, pretende aportar aspectos positivos y beneficiosos en la población en estudio. Esto va desde la preservación del agua, como también, a la incorporación de tubería la tubería de polietileno en el diseño y ejecución de un sistema de riego tecnificado, tanto por aspersión y goteo.

El cuidado del recurso hídrico, tanto como su uso adecuado, mundialmente representa un aporte al medio ambiente y a los que dependen de ella. A través del análisis comparativo, se busca la mejor opción para el diseño de un sistema de regadío, de acuerdo a la población en estudio, y ajustándose a sus necesidades, el sistema de riego tecnificado es la mejor alternativa; por ello, este será un aporte que beneficiará en el ámbito social, ambiental y, también, económico.

IV. RESULTADOS

4.1 Descripción del estudio

El proyecto de investigación se ubica en distrito de Pucalá, donde se tiene como punto de partida la cota 58.7 msnm del río Chancay, lugar donde se ubica la toma para el sistema de riego. A partir del cual, el agua será conducido hasta el cabezal, tubería de conducción, distribución y laterales, a través de un canal de tuberías de polietileno.

4.1.1 Ubicación

Región: Lambayeque

Provincia: Chiclayo

Distrito: Pucalá

Coordenadas geográficas: Latitud: 6° 46' 48" Sur.

Longitud: 79° 36' 44" Oeste.

Superficie: 17 700 hectáreas.

177,00 km².

Figura N°21: Distrito de Pucalá.



Fuente: Pucalá, Chiclayo, Lambayeque, Perú - Ciudades y pueblos del mundo.

Figura N°22: Entrada al distrito de Pucalá



Fuente: Propia

4.1.2 Población:

- Habitantes: 8 979.
- Densidad poblacional: 50,7 hab./km².

4.1.3 Características del distrito:

Pucalá es un distrito que donde su principal fuente de ingresos son los cultivos, teniendo como principal cultivo a la caña de azúcar, considerado para este proyecto. Este distrito posee grandes hectáreas destinadas a este cultivo, teniendo como fuente hídrica al río Chancay. Se pretende diseñar un sistema de riego por aspersión y por goteo para su comparación y así ser puesto en práctica en este distrito, cuyo principal método de riego es por inundación, generando pérdidas considerables de agua.

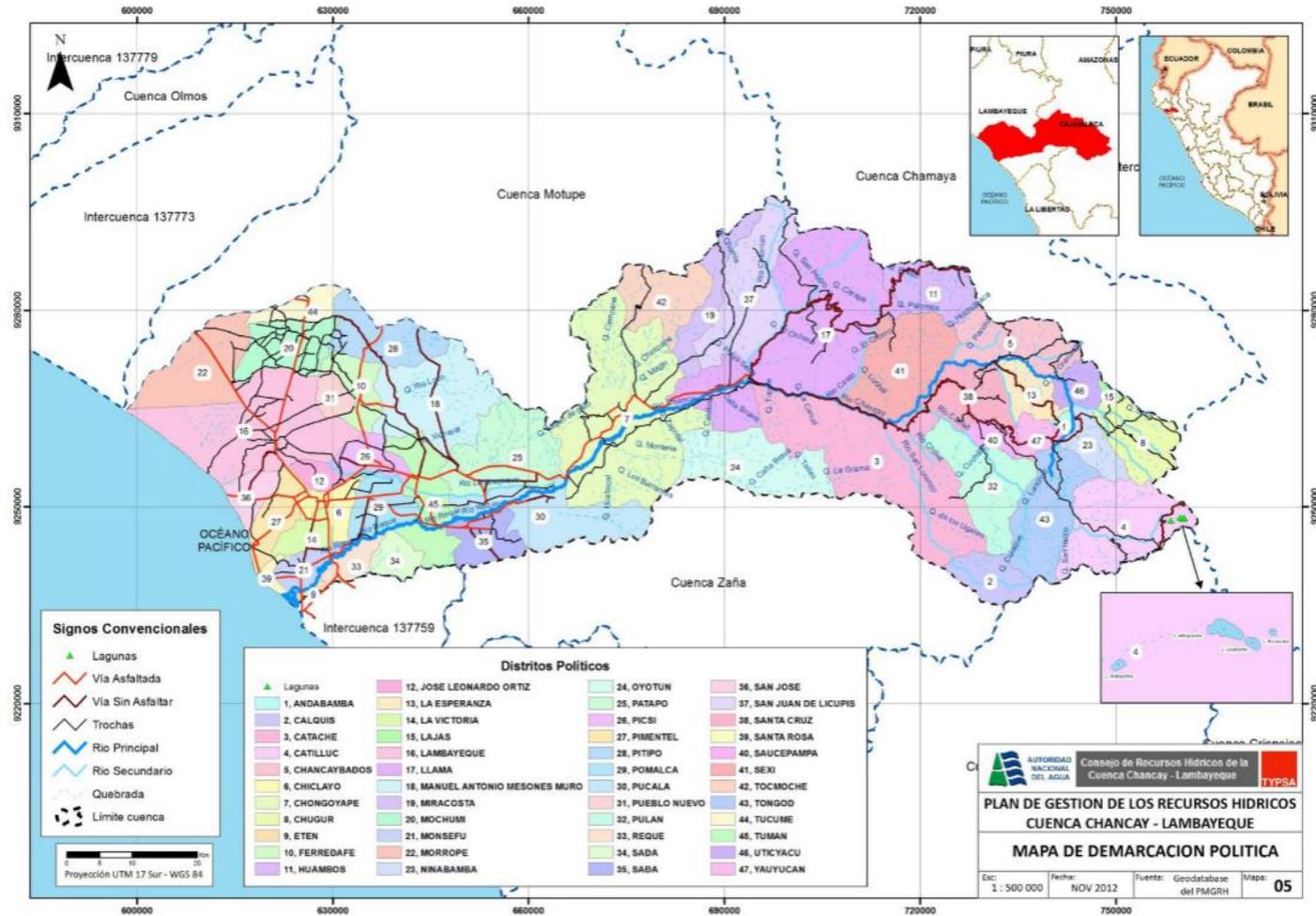
4.2 Recursos hídricos

4.2.1 Características de la cuenca:

La toma de agua para el desarrollo de este proyecto será de la cuenca hidrográfica del río Chancay – Lambayeque, la cual es considerada una de las cuencas más importantes de la vertiente del pacífico.

- **Ubicación geográfica:** se encuentra ubicado entre los paralelos 6° 20' y 6° 56' de Latitud Sur, y 78° 38' y 80° 00' de longitud Oeste.
- **Área:** 5555.49 km².

Figura N°23: MAPA DE DEMARCACIÓN POLÍTICA DE LA CUENCA CHANCAY – LAMBAYEQUE.



Fuente: ANA, Diagnóstico participativo de la gestión de los recursos hídricos de la cuenca Chancay - Lambayeque, 2018.

Tabal N°06: Distritos que abarca la cuenca Lambayeque – Chancay

DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	POBLACIÓN	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD	
LAMBAYEQUE	CHICLAYO	CHICLAYO	260.948	06°46'25"	79°50'23"	34	
		CHONGOYAPE	17.540	06°38'34"	79°23'03"	216	
		ETÉN	10.673	06°54'26"	79°51'52"	6	
		JOSÉ					
		LEONARDO	161.717	06°45'33"	79°50'27"	31	
		ORTIZ					
		LA VICTORIA	77.699	06°47'18"	79°50'12"	28	
		MONSEFPU	30.123	06°52'43"	79°52'17"	13	
		PATAPO	20.876	06°44'19"	79°38'26"	88	
		PIMENTEL	32.346	06°50'13"	79°56'10"	9	
		POMALCA	23.092	06°46'00"	79°46'22"	48	
		PUCALÁ	9.272	06°46'48"	79°36'44"	88	
		REQUE	12.606	06°51'52"	79°49'05"	24	
	SANTA ROSA	10.965	06°52'48"	79°55'23"	4		
	TUMAN						
	FERREÑAFE	FERREÑAFE	32.665	06°38'22"	79°47'28"	42	
	LAMBAYEQUE	LAMBAYEQUE	63.386	06°42'02"	79°54'26"	20	
		MOCHUMI	18.043	06°32'48"	79°51'53"	39	
		SAN JOSÉ	12.078	06°46'13"	79°58'07"	10	
TÚCUME		20.814	06°30'35"	79°51'34"	45		
CAJAMARCA	CHOTA	HUAMBOS	9.498	06°27'08"	79°57'50"	2273	
		LLAMA	8.102	06°30'52"	79°07'11"	2096	
		SAN JUAN DE LICUPIS	1.101	06°25'28"	79°14'29"	3012	
	HUALGAYOC	CHUGUR	3.553	06°40'16"	79°44'23"	2207	
	SAN MIGUEL	CATILLUC	3.369	06°47'58"	79°47'26"	2793	
		TONGOD	4.385	06°45'47"	79°49'25"	2683	
	SANTA CRUZ	ANDABAMBA	1.752	06°39'46"	79°49'10"	2538	
		CATACHE	9.557	06°40'31"	79°01'57"	1343	
		CHANCAYBAÑOS	3.923	06°34'35"	79°52'05"	1603	
		LA ESPERANZA	2.889	06°35'35"	79°53'42"	1713	
NINABAMBA		3.021	06°38'59"	79°47'22"	2159		
PULAN		4.881	06°44'23"	79°55'23"	2137		
SANTA CRUZ		10.198	06°37'36"	79°56'57"	2034		
SAUCEPAMPA		2.031	06°41'34"	79°55'06"	1881		
SEXÍ	515	06°33'49"	79°03'05"	2475			
UTICYACU	1.664	06°36'23"	79°47'50"	2283			

Fuente: INEI, Censo 2007.

- **Topografía:** La cuenca nace de cuatro lagunas interconectadas en la parte occidental de la cordillera de los Andes: las lagunas Misachocha, Alforjacochoa, Lejiacochoa y Morocochoa.

Tiene una superficie 5555.49 km², 1622 msnm y 35 % de altitud media y pendiente media del orden respectivamente.

En este proyecto, se realizó el levantamiento topográfico de la zona de estudio. (10 000 m²), obteniendo estos datos:

Tabla N°07: Datos topográficos.

CUADRO DE DATOS TECNICOS					
VERTICE	LADO	DISTANCIA	ANG. INTERNO	ESTE(X)	NORTE (Y)
A	A-B	200.00	90°0'0"	651959.4859	9248605.740 0
B	B-C	50.00	90°0'0"	651783.5365	9248510.652
C	C-D	200.00	90°0'0"	651759.7644	9248554.639
D	D-A	50.00	90°0'0"	651935.7138	9248649.727
TOTAL		500.00	360°0'0"		

SUMA DE ÁNGULOS (REAL) = 360°00'00"
ERROR ACUMULADO = 00°00'00"

Fuente: Propia

- **Temperatura:** Las temperaturas medias anuales son 21 °C en Lambayeque aproximadamente, y 23 °C en Tinajones y 14,6 °C en Bambamarca.
- **Clima:** Pucalá pertenece a la zona baja de la cuenca, el cual, cuenta con una climatología árida y seca con presencia casi nula de precipitaciones.

4.2.2 Oferta hídrica:

El río Chancay – Lambayeque (según la estación Raca Rumi), ofrece 7.85 m³/s en su época más baja (agosto) y 56.19 m³/s en su época más alta (marzo); 25.19 m³/s como valor medio anual, el cual equivale a 791 millones de m³ como volumen medio anual. (ANA, 2015).

4.3 Diseño Agronómico

4.3.1 Área de cultivo: 1 Hectárea (10 000 m²).

4.3.2 Cultivo: Caña de azúcar.

4.3.3 Evapotranspiración de Referencia (mm):

La evapotranspiración se define como la cantidad de pérdida de agua debido a la evaporación del suelo y la transpiración de la planta, producida por las condiciones biológicas, meteorológicas y edafológicas.

Como evapotranspiración de Pucalá se tiene:

Tabla N°08: Promedio estacional y anual de evapotranspiración (mm) en la cuenca baja Chancay-Lambayeque.

MODELOS CLIMÁTICOS Y ESCENARIOS

ESTACIÓN	RCP 4.5			RCP 8.5			PROMEDIO presente
	CanESM2	CNRM-CM5	MPI-ESM-MR	CanESM2	CNRM-CM5	MPI-ESM-MR	
VERANO	146.2	142.6	143.2	148.2	143.5	144.3	141.5
OTOÑO	121.5	116.6	119.3	123.0	117.9	119.8	115.4
INVIERNO	122.6	117.3	119.7	124.3	118.1	120.6	113.3
PRIMAVERA	144.7	138.8	140.8	140.1	140.1	141.3	135.5
ANUAL	1599.5	1539.9	1561.4	1551.0	1551.0	1573.8	1516.8

Fuente: Gómez, Impacto del Cambio Climático en la Demanda Hídrica de las Cuencas Chancay-Lambayeque y Lurín, 2016.

Para hallar la evapotranspiración de referencia es necesario conocer el coeficiente del cultivo, en este caso la caña de azúcar, el cual se varía según la época de crecimiento de la planta, por ello se tiene:

Tabla N°09: Valores de Kc (H).

TABLA DEL COEFICIENTE kc (HARGREAVES)

CULTIVO	FASE INICIAL	MEDIADOS DE ESTACIÓN	FIN DE TEMPORADA
ACEITUNAS	0.60	0.8	0.80
ALCACHOFA	0.90-1.00	0.95-1.05	0.90-1.00
ALFALFA	0.40-0.50	1.00-1.40	0.95-1.35
ALGODÓN	0.20-0.50	1.05-1.30	0.30-0.60
APIO	0.25-0.35	1.00-1.15	0.90-1.05
ARROZ	1.10-1.15	1.10-1.30	1.10
AVENA	0.20-0.40	1.00-1.20	0.20-0.25
BANANA	0.40-0.65	1.00-1.20	0.75-1.15
BERENJENA	0.20-0.50	0.95-1.10	0.80-0.90
CALABACITA	0.20-0.40	0.90-1.00	0.70-0.80
CAÑA DE AZUCAR	0.40-0.50	1.00-1.30	0.50-0.60
CÁRTAMO	0.30-0.40	1.05-1.20	0.20-0.25
CEBADA	0.25-0.30	1.00-1.10	0.10-0.20

Fuente: Leonardo, MEFADERG, 2016.

La evapotranspiración de referencia se obtiene:

$$ET_c = E_{to} \times K_c$$

De esta manera se tiene:

Tabla N°10: Evapotranspiración de Cultivo por temporada.

Evapotranspiración de Cultivo (Eto)				
		Mes	Día	
Invierno	113.3	50.99	1.7	mm/día
Primavera	135.5	155.83	5.19	mm/día
Verano	141.5	162.73	5.42	mm/día
Otoño	115.4	63.47	2.12	mm/día

Fuente: Propia

4.3.4 Tipo de suelo

Se obtuvieron muestras a través de calicatas en la zona destinada al diseño de sistema de riego en Pucalá, Chiclayo; de esta forma, los resultados indican un suelo Arcilla de alta plasticidad, por ende, Franco Arcilloso.

Tabla N°11: Tipo de suelo de la zona de estudio.

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
CLASIFICACIÓN SUCS(ASTM D2487)	CH
CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D3282)	A-7-6(14)
NOMBRE DEL GRUPO	ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD

Fuente: Propia

Del tipo de suelo obtenido se desprende:

4.3.4.1 Densidad aparente: 1.35 g/ml

4.3.4.2 Capacidad de campo: 27%

4.3.4.3 Punto de marchitez permanente (PMP): 13%

4.3.4.4 Infiltración básica: 8 mm/h.

4.3.5 Datos del cultivo y área

4.3.5.1 Distancia entre plantas: lo recomendable es 0.60 m. para suelo franco arcilloso.

4.3.6 Eficiencia de Riego:

- Sistema de riego por goteo: Se considera de 85% a 95% de eficiencia de riego.
- Sistema de riego por aspersión: Se considera de 75% a 85% de eficiencia de riego.

4.3.7 Distancia entre emisores:

Para un riego localizado por goteo para caña de azúcar es recomendable un emisor por planta, por ende, la distancia será de 0.60 m.

En el caso del riego por aspersión se eligió un aspersor cuya distancia entre aspersores es de 6.00 m.

4.3.8 Profundidad de raíces:

La caña de azúcar tiene un crecimiento de raíces entre 0.30 m. hasta los 0.60 m.

4.3.9 Distancia entre laterales:

En suelos con gran porcentaje de arcilla, es recomendable una distancia entre surcos de 1.35 a 1.40 m. Para el diseño de esta investigación se tomará 1.35 m.

Tabla N°12: Distancia entre surcos y plantas de la caña de azúcar.

DENSIDAD DE PLANTAS A DIFERENTES DISTANCIAS DE SIEMBRA DE CAÑA DE AZÚCAR

DISTANCIA ENTRE SURCOS (m)	DISTANCIA ENTRE PLANTAS(m)	DENSIDAD DE PLANTACIÓN (PLANTAS/HA)
1.35	0.6-0.80	12.346-9.260
1.40	0.6-0.80	11.905-8.930
1.50	0.6-0.80	11.111-8.330
1.75	0.6-0.80	9.523-7.143

Fuente: Rodríguez, Cultivo de la caña de azúcar, 2021.

4.3.10 Porcentaje de área bajo riego:

Se considera 50% en sistema de riego localizado como por goteo.

4.3.11 Intervalo de riego:

Por el sistema de riego por goteo se tomará como intervalo a 2 días, es decir, un día de riego y 2 días de descanso entre riego y riego.

Por el sistema de riego por aspersión se tomará como intervalo a 7 días, es decir, un día de riego y 7 días de descanso entre riego y riego.

4.3.12 Horas disponibles para riego:

Según encuesta realizada a los propietarios de la chacra, se tiene 8 horas disponibles para riego, desde las 07:00 am hasta las 15:00 pm.

4.3.12 Evapotranspiración del gotero (Etg):

$$\text{Etg} = \text{Etc} \times \text{PAR}$$

Etg: 5.42 mm/día (tomando el valor más alto de evapotranspiración de cultivo)

PAR: 0.5

Etg = 2.71 mm/día.

4.3.13 Lámina de riego (Ir):

$$\text{Lr} = (\text{CC} - \text{PMP}) / 100 \times \text{Pr} \times \text{Da}$$

Dónde:

CC: Capacidad de campo.

PMP: Punto de marchitez permanente.

Pr: Profundidad de raíces.

Da: Densidad aparente.

$$\text{Lr} = (27 - 13) / 100 \times 60 \times 1.35$$

$$\text{Lr} = 11.34 \text{ cm o } 113 \text{ mm.}$$

*El valor es aplicable para los dos sistemas de riego.

4.3.14 Lámina neta de riego (Ln):

Sistema por Goteo:

$$\text{Ln} = \text{Etg} \times \text{Ir}$$

Dónde:

Etg: Evapotranspiración del gotero.

Ir: Intervalo de riego.

$$L_n = 2.71 \times 2$$

$$L_n = 5.42 \text{ mm.}$$

Sistema por Aspersión:

$$D_n = DMP \times AU / 100$$

Dónde:

DMP: Déficit permisible de manejo.

AU: Lamina neta de riego (Agua utilizable).

$$D_n = (50 \times 113.40) / 100$$

$$D_n = 56.70 \text{ mm.}$$

4.3.15 Lámina bruta de riego (lb):

Sistema por Goteo:

$$L_b = L_n / E_f$$

Dónde:

Ef: Eficiencia del riego.

$$L_b = 5.42 / 0.90$$

$$L_b = 6.03 \text{ mm.}$$

Sistema por Aspersión:

$$D_b(\text{mm}) = 100 \times D_n \text{ aj}(\text{mm}) / E_a(\%)$$

Dónde:

Dn: Dosis neta ajustada.

E = Eficiencia de aplicación del sistema.

$$Db = (100 \times 43.39) / 75.$$

$$Db = 57.86 \text{ mm.}$$

4.3.16 Caudal del emisor (qe):

Se elige el emisor de goteo con caudal de 2.2 L/h.

Se elige para el aspersor un caudal de 1041.44 L/h.

4.3.17 Intensidad de aplicación (Ia) / Goteo:

$$Ia = qe / (dl \times de)$$

Dónde:

dl: Distancia entre laterales.

de: Distancia entre emisores.

$$Ia = 2.2 / (1.35 \times 0.60)$$

$$Ia = 2.72 \text{ mm/hora.}$$

4.3.18 Tiempo de riego (T)

Sistema por Goteo:

$$T = Lb / Ia$$

$$T = 6.03 \times 2.72$$

$$T = 2.22 \text{ hrs.} = 2\text{h } 13'$$

Sistema por Aspersión:

$$t_a \text{ min (h)} = (100 \times D_b(\text{mm})) / (I_b(\text{mm/h}) \times f_p (\%))$$

Para la aplicación de la fórmula debemos tomar en cuenta la siguiente tabla.

Tabla N°13: Factor de reducción por la pendiente.

VALORES DEL FACTOR DE
REDUCCIÓN POR LA
PENDIENTE

PENDIENTE	f _p
0-8%	100%
9-20%	80%
> 20 %	60%

Fuente: Manual práctico para el diseño de sistemas de minirriego, 2007.

Dónde:

D_b: Dosis bruta.

I_b: Tasa de infiltración del suelo.

f_b = Factor de reducción por la pendiente.

$$T_a = (100 \times 57.89) / (8 / 100)$$

$$T_a = 7.22 \text{ hrs.} = 7\text{h } 13'$$

4.3.19 Volumen del sector de riego

$$\text{Vol} = A \times L_b$$

Sistema por Goteo:

Dónde:

A: Área (m²)

$$\text{Vol} = 10\,000 \times 6.03$$

$$\text{Vol} = 60268.52 \text{ Lts.}$$

Sistema por Aspersión:

Dónde:

A: Área (m²)

$$\text{Vol} = 10\,000 \times 57.86$$

$$\text{Vol} = 578600 \text{ Lts.}$$

4.3.20 Caudal del proyecto / Caudal de diseño

$$Q = \text{Vol} / (\text{Tx}3600)$$

Sistema por Goteo:

$$Q = 60268.52 / (2.22 \times 3600)$$

$$Q = 7.54 \text{ L/seg.}$$

Sistema por Aspersión:

$$Q = 578600 / (7.23 \times 3600)$$

$$Q = 22.22 \text{ L/seg.}$$

4.4 Diseño hidráulico para el sistema de riego por goteo (RG) y riego por aspersión (RA).

4.4.1 Diseño del lateral de riego.

4.4.1.1 Número de emisores:

$$\text{No emisores} = \text{LI} / \text{de}$$

Dónde:

LI: Longitud del lateral.

de: Distancia entre emisores.

RG:

$$\text{N. emisores} = 65 \text{ m.} / 0.60 \text{ m}$$

$$\text{N. emisores} = 108.$$

RA:

$$\text{N. emisores} = 50 \text{ m.} / 6 \text{ m}$$

$$\text{N. emisores} = 8.$$

4.4.1.2 Número de laterales:

$$\text{No laterales} = \text{Ld} / \text{dl}$$

Dónde:

Ld: Longitud de la tubería de distribución.

dl: Distancia entre laterales.

RG:

$$N. \text{ Laterales} = 50 / 1.35$$

$$N. \text{ Laterales} = 37.04 = 37.$$

RA:

$$N. \text{ Laterales} = 12 / 200$$

$$N. \text{ Laterales} = 17.$$

4.4.1.3 Presión de la operación:

La presión de operación de la cinta elegida para riego por goteo es 1 bar, que es equivalente a 10 m.c.a. aproximadamente.

La presión de operación de la tubería elegida para riego por aspersion es 4 bar, que es equivalente a 40.02 m.c.a. aproximadamente.

4.4.1.4 Criterio de diseño:

$$\mathbf{Cr = Po \times 0.20}$$

Dónde:

Po: Presión de operación de la cinta.

0.20: Factor de presión.

RG:

$$Cr = 10 \times 0.20$$

$$Cr = 2 \text{ m.c.a.}$$

RA:

$$Cr = 40.02 \times 0.20$$

$$Cr = 8.004 \text{ m.c.a.}$$

4.4.1.4 Criterio de diseño del lateral de riego:

$$\text{Crl} = \text{Cr(mca)} \times 0.55$$

Dónde:

Cr: Criterio de diseño hidráulico.

0.55: Criterio económico del diseño.

RG:

$$\text{Crl} = 2 \times 0.55$$

$$\text{Crl} = 1.1 \text{ m.c.a.}$$

RA:

$$\text{Crl} = 8.004 \times 0.55$$

$$\text{Crl} = 4.4022 \text{ m.c.a.}$$

4.4.1.5 Caudal del lateral:

$$Q = q_e \times N. \text{ de emisores}$$

Dónde:

q_e : Caudal del emisor.

RG:

$$Q = 2.2 \times 108$$

$$Q = 237.6 \text{ Lt/h} = 0.066 \text{ Lt/s}$$

RA:

$$Q = 595.11 \times 8$$

$$Q = 4760.88 \text{ Lt/h}$$

4.4.1.6 Pérdida de carga en el lateral:

Para la tubería del lateral se hará uso de PEBD de 20 mm. de diámetro nominal y 17 mm. de diámetro interno, con ello se obtiene haciendo uso del Software Aqua los siguientes datos:

RG:

Figura N°24: Cálculo hidráulico del lateral de riego por goteo en Aqua

Datos	
Longitud de la lateral	65 m
Espaciamiento entre emisores	0.60 m
Caudal del emisor	2.2 lt/h
Diámetro Externo	20 mm
Diámetro Interno	17 mm
Presion de Operacion (ha)	10 m.c.a.
Variacion de carga permitida (Hm)	2 m.c.a.
Elevador	0 m
Desnive(l)z	0 m

Material	
Material a utilizarse	PEBD Dn=20mm 139
Valor a usar	139

Constante-Material	
<input type="radio"/> B=1.750 - Blasius, Cruciani-Margaritora	
<input type="radio"/> B=1.760	
<input type="radio"/> B=1.786 - Scimemi	
<input type="radio"/> B=1.800 - Iso, Veronose-Daite	
<input checked="" type="radio"/> B=1.850 - Hazen-Williams	
<input type="radio"/> B=1.852	
<input type="radio"/> B=1.900 - Scobey	
<input type="radio"/> B=2.000 - Manning, Darcy-Weisbach	

Factor de Christiansen	
<input type="radio"/> Esp	
<input checked="" type="radio"/> Inicio Lateral	
<input type="radio"/> Esp/2	

Valor m	
<input type="radio"/> 1.852 - Tubería de aluminio, hierro, acero	
<input checked="" type="radio"/> 1.750 - Tubería de PVC, Polietileno, UV	

Resultados	
Numero de emisores (Nºe)	108 emisores
Longitud real de la tubería (Lr)	64.50 m
Caudal de la lateral (Q lat)	237.60 lt/h
Caudal de la lateral (Q lat)	0.238 m³/h
Factor - Christiansen (No. de emisores)	0.349
Perdida de carga de la tubería lateral (HfL)	0.180 m.c.a.

Nota
El valor del material (C) a usar puede ser modificado

Fuente: Propia

Del cual se desprende que la pérdida de carga es 0.409 m.c.a., comprobando satisfactoriamente que la pérdida es menor al criterio de diseño:

$$0.180 < 1.1$$

RA:

Figura N°25: Cálculo hidráulico del lateral de riego por aspersión en Aqua



Fuente: Propia

De igual forma, se hicieron los cálculos con la fórmula de Hazen - Williams:

$$H_f = J \times L$$

Dónde

J: gradiente de pérdida de carga, m/1000 m.

L: Longitud de la tubería

De esta forma se tiene que J:

$$J = k \left(\frac{Q}{C} \right)^a \times D^{-b}$$

Dónde:

k: 1.131×10^{12} .

Q: Caudal, m³/h.

C: Coeficiente de fricción, según el material de la tubería.

D: diámetro interno de la tubería, mm.

a: 1.852.

b: 4.87

Cabe recalcar que estas fórmulas son por una pérdida de carga para una tubería sin salidas, en este caso, es necesario calcular la pérdida con las salidas de cada gotero y aspersor en el lateral, el cual, en goteo son 108 salidas en 65 metros, y en aspersión, son 8 salidas en 50 metros; por ello se hace uso del coeficiente de Christiansen (F).

$$H_f(l) = hf \times F$$

Figura N°26: Pérdidas de carga para el lateral de riego por goteo según Hazen - Williams

HAZEN - WILLIAMS							
Tubería	Tramo	Longitud (m)	Q (l/s)	D int (mm)	Hf (mca)	v (m/s)	
PE	1	65	0.066	17.0	0.18	0.29	

C = 150

Pdc conex. = 1.00

Cálculo de la F de Christiansen

m = 1.75

N = 108

F = 0.37

Fuente: Propia

z: desnivel del terreno.

RG:

$$Hlo = 10 + (0.77 \times 0.18) + 0/2$$

$$Hlo = 10.14 \text{ m.c.a.}$$

RA:

$$Hlo = 40.02 + (0.77 \times 0.59) + 0/2$$

$$Hlo = 40.47 \text{ m.c.a.}$$

4.4.2 Diseño de distribución

4.4.2.1 Criterio de diseño tubería distribución

$$\text{Crd} = \text{Cr} - \text{hfl}$$

Dónde:

Cdr: Criterio de diseño de la tubería de distribución.

Cr: Criterio de diseño.

Hfl: Pérdida de carga en los laterales.

RG:

$$\text{Crd} = 2 - 0.18$$

$$\text{Cdr} = 1.82 \text{ m.c.a.}$$

RA:

$$\text{Crd} = 8.004 - 0.59$$

$$\text{Crd} = 7.414 \text{ m.c.a.}$$

4.4.2.2 Caudal de la tubería de distribución

$$Q = \text{No Laterales} \times QI / 3600$$

RG:

$$Q = 37 \times 237.6 / 3600$$

$$Q = 2.442 \text{ Lt/s} = 8791.2 \text{ Lt/h.}$$

RA:

$$Q = 17 \times 4760.88 / 3600$$

$$Q = 22.48 \text{ Lt/s} = 80934.96 \text{ Lt/h.}$$

4.3.2.3 Estimación del diámetro de la tubería de distribución

Para determinar el diámetro de la tubería a usar, es necesario tener el valor aceptable de la pérdida de carga en la tubería de distribución, conocer el factor de Christianssen, y así calcular el valor de la pérdida de carga (m.c.a.) por metro de tubería. De esta forma, con el caudal se puede determinar el diámetro de la tubería.

- El valor aceptable de la pérdida de carga en la tubería de distribución:

$$H_{fd} = C_r - h_{fl}$$

RG:

$$H_{fd} = C_{rd} = 1.82 \text{ m.c.a.}$$

RA:

$$H_{fd} = C_{rd} = 7.414 \text{ m.c.a.}$$

- La pérdida de carga en la tubería de distribución:

$$J = h_{fd} / L / F$$

RG:

$$J = 1.82 / 50 / 0.378$$

$$J = 0.0963 \text{ m.c.a./m.}$$

RA:

$$J = 7.414 / 200 / 0.39$$

$$J = 0.206 \text{ m.c.a./m.}$$

En riego por goteo, el diámetro de tubería más aproximado según el caudal (2.442 Lt/s), es de 63 mm (HDPE), con diámetro interno de 55.4 mm; con un gradiente de pérdida de carga de 0.032 m.c.a./m.

En riego por aspersión, el diámetro de tubería, más aproximado según su caudal (22.48 Lt/s), es de 160 mm (HDPE), con diámetro interno de 153.6 mm; con un gradiente de pérdida de carga de 0.008 m.c.a./m.

4.4.2.3 Pérdida de carga en la tubería de distribución

Con los datos obtenidos, se puede hallar la pérdida de carga, de igual manera que en el lateral, con la fórmula de Hazen – Williams:

$$H_{fd} = J \times L$$

RG:

$$H_f = 0.032 \times 50$$

$$H_f = 1.6 \text{ m.c.a.}$$

RA:

$$H_f = 0.008 \times 200$$

$$H_f = 1.6 \text{ m.c.a.}$$

Luego:

$$Hfd' = Hfd \times F$$

RG:

$$Hfd' = 1.6 \times 0.378$$

$$Hfd' = 0.605 \text{ m.c.a.}$$

RA:

$$Hfd' = 1.6 \times 0.39$$

$$Hfd' = 0.624 \text{ m.c.a.}$$

Comprobando con el diámetro de la tubería:

Figura N°28: Pérdidas de carga para la distribución de riego por goteo según Hazen - Williams

HAZEN - WILLIAMS						
Tubería	Tramo	Longitud (m)	Q (l/s)	D int (mm)	Hf (mca)	v (m/s)
PE	1	50	2.442	51.4	0.53	1.18

C = 150

Pdc conex. = 1.00

Cálculo de la F de Christiansen

m = 1.75

N = 37

F = 0.38

Fuente: Propia

Se tiene una pérdida de carga de 0.53 (m.c.a.) en tubería de distribución con 37 salidas; comprobando así, que esta pérdida es menor al criterio de diseño:

$$0.53 < 1.82$$

4.4.3 Diseño de conducción

4.4.3.1 Criterio de diseño de la tubería de conducción

$$H_{fc} = L \times Crd$$

Dónde:

L: Longitud de la tubería de conducción.

Crd: Criterio de diseño de la tubería de conducción (2% o 0.02)

RG:

$$H_{fc} = 173.34 \times 0.02$$

$$H_{fc} = 3.467 \text{ m.c.a.}$$

RA:

$$H_{fc} = 45 \times 0.02$$

$$H_{fc} = 0.9 \text{ m.c.a.}$$

4.4.3.2 Caudal de la tubería de conducción

$$Q_c = Q \times N. \text{ de distribución}$$

Dónde:

Q = Caudal de la tubería de distribución

RG:

$$Q_c = 2.442 \times 3$$

$$Q_c = 7.326 \text{ Lt/s} = 26373.6 \text{ Lt/h}$$

RA:

$$Q_c = 22.48 \text{ L/s.} = 80934.96 \text{ Lt/h.}$$

4.4.3.3 Estimación del diámetro de la tubería de conducción

RG:

Al igual que en la tubería de distribución, es necesario tener el valor aceptable de la pérdida de carga en la tubería de distribución, conocer el factor de Chistianssen (F), y así calcular el valor de la pérdida de carga (m.c.a.) por metro de tubería. De esta forma, con el caudal se puede determinar el diámetro de la tubería.

- El valor aceptable de la pérdida de carga en la tubería de distribución:

$$H_{fd} = C_{rd} = 3.467 \text{ m.c.a.}$$

- La pérdida de carga en la tubería de distribución:

$$J = h_{fd} / L / F$$

$$J = 3.467 / 173.34 / 0.546$$

$$J = 0.0366 \text{ m.c.a./m.}$$

El diámetro de la tubería más aproximado según el caudal (7.326 Lt/s), es de 110 mm (HDPE), con diámetro interno de 90 mm; con un gradiente de pérdida de carga de 0.016 m.c.a./m.

RA:

$$J = 0.9 / 45$$

$$J = 0.02 \text{ m.c.a./m.}$$

El diámetro de la tubería sería el mismo que en el de la distribución (160 mm, HDPE), ya que es el mismo caudal, por ende, mismo gradiente de pérdida de carga de 0.008 m.c.a./m.

4.4.3.4 Pérdida de carga en la tubería de conducción

Con los datos obtenidos, se puede hallar la pérdida de carga, de igual manera que en el lateral, con la fórmula de Hazen – Williams:

$$H_f = J \times L$$

RG:

$$H_f = 0.016 \times 173.34$$

$$H_f = 2.773 \text{ m.c.a.}$$

RA:

$$H_f = 0.008 \times 45$$

$$H_f = 0.36 \text{ m.c.a.}$$

Luego;

$$H_f' = H_f \times F$$

RG:

$$H_f' = 1.6 \times 0.378$$

$$H_f' = 0.605$$

Comprobando con el diámetro de la tubería:

Figura N°30: Pérdidas de carga para la conducción de riego por goteo según Hazen - Williams

HAZEN - WILLIAMS							
Tubería	Tramo	Longitud (m)	Q (l/s)	D int (mm)	Hf (mca)	v (m/s)	
PE	1	173.34	7.326	90.0	1.32	1.15	

C = 150

Pdc conex. = 1.00

Calculo de la F de Christiansen

m = 1.75

N = 3

F = 0.55

Fuente: Propia

Se tiene una pérdida de carga de 1.32 (m.c.a.) en tubería de conducción con 3 salidas; comprobando así, que esta pérdida es menor al criterio de diseño:

$$1.32 < 3.467$$

RA:

Figura N°31: Pérdidas de carga para la conducción de riego por goteo según Hazen - Williams

HAZEN - WILLIAMS							
Tubería	Tramo	Longitud (m)	Q (l/s)	D int (mm)	Hf (mca)	v (m/s)	
PE	1	45	22.48	153.6	0.37	1.21	

C = 150

Pdc conex. = 1.00

Calculo de la F de Christiansen

m =

N =

F = 1

Fuente: Propia

Se tiene una pérdida de carga de 0.37 (m.c.a.) en tubería de conducción sin salidas; comprobando así, que esta pérdida es menor al criterio de diseño:

$$0.37 < 0.9$$

4.4.3.5 Presión necesaria en el origen de la tubería de conducción (Cabezal):

RG:

$$H_{co} = H_{do} + 0.77 \times H_f' + z/2$$

$$H_{co} = 10.547 + (0.77 \times 1.32) + (1.78/2)$$

$$H_{co} = 12.45 \text{ m.c.a.}$$

RA:

$$H_{co} = H_{do} + H_f$$

$$H_{co} = 0.37 + 40.967$$

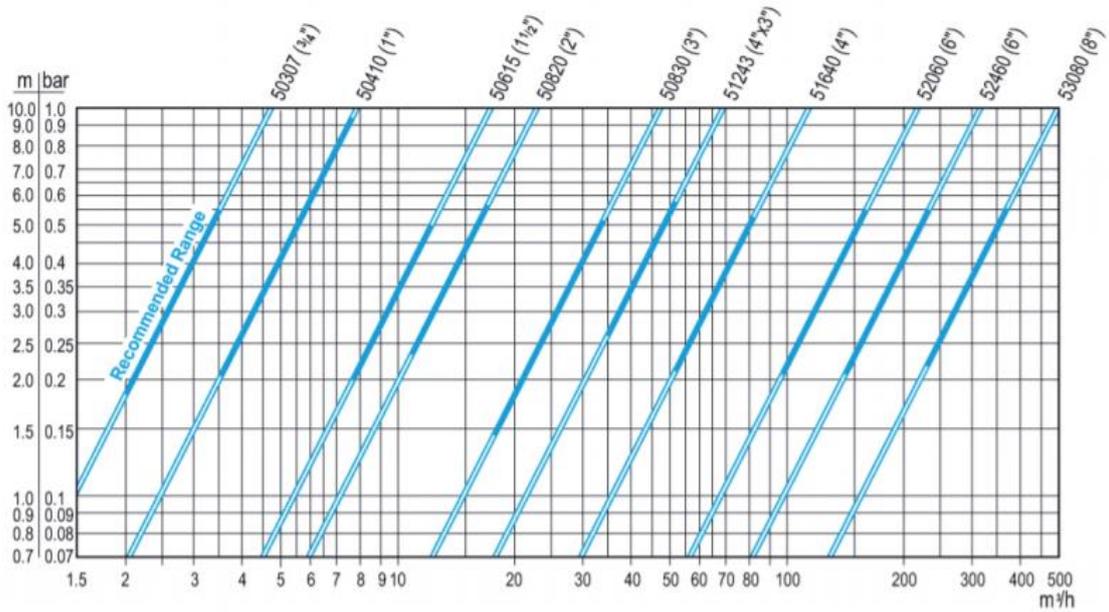
$$H_{co} = 41.327 \text{ m.c.a.}$$

4.4.4 Pérdida de carga en el filtro (mca):

En riego por goteo, se utilizará un filtro de Hidrociclón (F. hidrociclón 4" brida), por las partículas de arena que se desea filtrar; cuyo manual nos brinda la pérdida de carga, según el caudal, de 1.8 m.c.a.

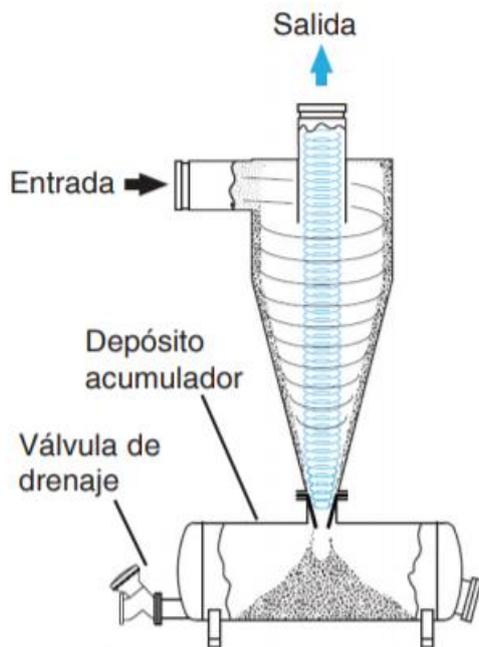
En riego por aspersión, se utilizará un filtro de Hidrociclón (F. hidrociclón 6" brida), por las partículas de arena que se desea filtrar; cuyo manual nos brinda la pérdida de carga, según el caudal, de 1.4 m.c.a.

Figura N°32: Pérdida de carga / Caudal en hidrociclón.



Fuente: www.hidroglobal.com, (2021)

Figura N°33: Trabajo del separador de Hidrociclón



Fuente: www.hidroglobal.com, (2021)

4.4.5 Pérdida de carga del dispositivo fertirriego:

Similar a la pérdida de carga en el filtro, tanto para riego por aspersión y por goteo, según el manual del dispositivo de fertirriego, en este caso, un Inyector de Venturi (HF) 2" con tanque, el cual, tiene como presión de funcionamiento 1 Kg/cm² o 10 m.c.a.

Tabla N°14: Datos de rendimiento del inyector de Venturi.

PRESIÓN		INYECTOR VENTURI DE 3/4		INYECTOR VENTURI DE 1"		INYECTOR VENTURI DE 1-1/2"		INYECTOR VENTURI (LF) DE 2"		INYECTOR VENTURI (HF) 2"	
P in	P out	Q inj	Q asp	Q inj	Q asp	Q inj	Q asp	Q inj	Q asp	Q inj	Q asp
PRESIÓN DE ENTRADA	PRESIÓN DE SALIDA	CAUDAL ENTRADA	CAUDAL ASPIRACIÓN	CAUDAL ENTRADA	CAUDAL ASPIRACIÓN	CAUDAL ENTRADA	CAUDAL ASPIRACIÓN	CAUDAL ENTRADA	CAUDAL ASPIRACIÓN	CAUDAL ENTRADA	CAUDAL ASPIRACIÓN
Kg/cm ²	Kg/cm ²	L/H	L/H	L/H	L/H	L/H	L/H	L/H	L/H	L/H	L/H
0.5	0	750	170	2200	263	3238	600	6600	706	10320	1250
0.75	0	856	188	2640	288	3902	600	7250	827	12300	1325
	0		195		310		613		841		1400
1	0.25	983	185	3000	275	4532	600	7950	803	14400	1275
	0.5		138		174		475		539		913

Fuente: www.rivulis.com, (2021).

Figura N°34: Tanque fertilizante horizontal Rivulis.

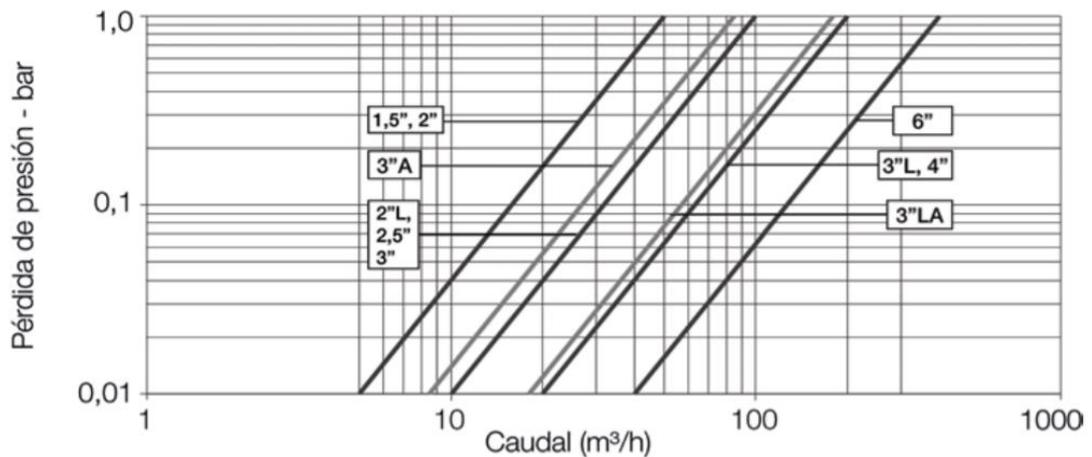


Fuente: www.rivulis.com, (2021).

4.4.6 Pérdida de carga en la válvula:

Al igual que el filtro, el manual del producto, en este caso una válvula Rivulis V2000, nos brinda la pérdida de carga, según el caudal, de 0.22 m.c.a para riego por goteo y 0.40 m.c.a. para riego por goteo.

Figura N°35: Pérdida de carga en función del caudal en válvula Rivulis



Fuente: www.rivulis.com, (2021).

Figura N°36: Válvula Rivulis V2000.



Fuente: www.rivulis.com, (2021).

4.4.7 Pérdida de carga en el cabezal:

Es la suma de las pérdidas de carga presentadas en el filtro, el inyector de Venturi y la válvula.

RG:

$$H_{oc} = 12.02 \text{ m.c.a.}$$

RA:

$$H_{oc} = 11.80 \text{ m.c.a.}$$

4.4.8 Presión necesaria en la entrada del cabezal:

$$H_c = H_{oc} + H_{sc} + - Z$$

Dónde:

H_{oc}: Pérdida de carga en el cabezal.

H_{sc}: Presión de la salida del cabezal.

Z: Diferencia de nivel del terreno (m).

RG:

$$H_c = 12.453 + 12.02$$

$$H_c = 1 = 24.47 \text{ m.c.a.}$$

RA:0

$$H_c = 41.327 + 11.80$$

$$H_c = 58.167 \text{ m.c.a.}$$

4.4.9 Pérdida de carga desde la bomba al 0cabezal:

$$H_{f1} = J \times L$$

Dónde:

J: Pérdida de carga por metro, en este caso, del mismo diámetro de la tubería de conducción.

L: Distancia de la bomba al cabezal.

RG:

$$H_{f1} = 0.016 \times 5$$

$$H_{f1} = 0.08 \text{ m.c.a.}$$

RA:

$$H_{f1} = 0.008 \times 5$$

$$H_{f1} = 0.04 \text{ m.c.a.}$$

4.4.10 Altura manométrica total:

$$H_m = H_c + H_{fi} \pm Z$$

RG:

$$H_c = 24.47 + 0.08 + 0.22$$

$$H_c = 24.77 \text{ m.c.a.}$$

RA:

$$H_c = 53.127 + 0.04 + 0.22$$

$$H_c = 53.387 \text{ m.c.a.}$$

A partir de ello, y con el caudal necesario, se selecciona la bomba para riego por goteo, ARA-4125, 4", cuya presión máxima de funcionamiento es 6 bar o 60 m.c.a.

Figura N°37: Características de la bomba para riego por goteo, con respecto al caudal y la altura manométrica.

Tipo	HP	KW	V	m³/h	1,5	3	6	12	18	24	30	36	48	60	72	78	84	96	108	120	132	144	156
ARA-2015	1.5	1.1	1x230	h	19	18,5	18	16	13,5	10,5	6,5												
			3x230/400																				
ARA-2020	2	1.5	1x230	[m]			19	18,5	17	15	12	9	4										
			3x230/400																				
ARA-3030	3	2.2	1x230					17	16	15	14	13,5	13	11	6								
			3x230/400																				
ARA-3055	5.5	4	3x230/400					24	23	22,5	22	21	19	17	14	12,5	11						
ARA-3075	7.5	5.5	3x400/690					26,5	26	25,3	25	24	22,5	21	20	19	16,5						
ARA-3100	10	7.5	3x400/690							27	26,5	26	25	23,5	22	21	20	17,5	14,5				
ARA-4125	12.5	9	3x400/690							33,5	33	32,5	32	31,5	31	30	29	27	25	22	19		
ARA-4150	15	11	3x400/690									33,5	33	32,5	32	31,5	31	30	29	27,5	25	22,5	20
ARA-4200	20	15	3x400/690									34	33	33	32,5	32	31	30	27,5	27	25	22,5	20

Fuente: www.gomaigsl.com, (2019).

Figura N° 38: Bomba autoaspirante de impulsor abierto, Serie ARA



Fuente: www.gomaigsl.com, (2019).

A su vez, se selecciona la bomba para riego por aspersión, FC 25-2B, cuya presión máxima de funcionamiento es 10 bar o 100 m.c.a.

Tabla N°15: Tabla comparativa del diseño hidráulico en sistema de Riego por goteo y aspersión.

DATOS	SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO	SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN
Lateral de riego		
Número de emisores	108 goteros	8 aspersores
Número de laterales	37	17
Criterio de diseño hidráulico	2 m.c.a.	8.004 m.c.a.
Criterio de diseño del lateral de riego	1.1 m.c.a.	4.4022 m.c.a.
Caudal del lateral	237.6 Lt/h	4760.88 Lt/h
Pérdida de carga en el lateral	0.180 m.c.a.	0.59 m.c.a.
Presión necesaria en el origen del lateral	10.14 m.c.a. 40.47 m	40.47 m.c.a.
Tubería de distribución		
Criterio de diseño tubería distribución	1.82 m.c.a.	7.414 m.c.a.
Caudal de la tubería de distribución	8791.2 Lt/h	80934.96 Lt/h.
Estimación del diámetro de la tubería de distribución	63 mm HDPE	160 mm HDPE
Pérdida de carga en la tubería de distribución	1.6 m.c.a.	1.6 m.c.a.
Pérdida de carga en la tubería de distribución con salidas	0.53 m.c.a.	0.64 m.c.a.
Presión necesaria en el origen de la tubería de distribución	10.55 m.c.a.	40.967 m.c.a.

Tubería de conducción

Criterio de diseño de la tubería de conducción	3.467 m.c.a.	0.9 m.c.a.
Caudal de la tubería de conducción	26373.6 Lt/h	80934.96 Lt/h.
Estimación del diámetro de la tubería de conducción	110 mm HDPE	160 mm HDPE
Pérdida de carga en la tubería de conducción	2.773 m.c.a.	0.36 m.c.a.
Pérdida de carga en la tubería de conducción con salidas	1.32 m.c.a.	0.374 m.c.a.
Presión necesaria en el origen de la tubería de conducción (Cabezal):	12.45 m.c.a.	41.327 m.c.a.

Cabezal

Pérdida de carga en el filtro	1.8 m.c.a.	1.4 m.c.a.
Pérdida de carga del dispositivo fertirriego	10 m.c.a.	10 m.c.a.
Pérdida de carga en la válvula	0.22 m.c.a.	0.40 m.c.a.
Pérdida de carga en el cabezal	12.02 m.c.a.	11.80 m.c.a.
Presión necesaria en la entrada del cabezal	24.47 m.c.a.	58.167 m.c.a.

Bomba

Pérdida de carga desde la bomba al cabezal	0.08 m.c.a.	0.04 m.c.a.
Altura manométrica total	24.77 m.c.a.	53.387 m.c.a.

Fuente: Propia

4.6 Vida útil y mantenimiento de los sistemas de riego

Los sistemas de riego tecnificado es una especie de riego localizado, para que cumplan sus objetivos deben el sistema debe ser instalado lo más preciso posible, por ende, se contrata profesionales para el diseño, construcción y mantenimiento del sistema.

Uno de los factores más importantes de los sistemas de riego es el mantenimiento, ya que por el cual se alarga la vida útil del propio sistema. A pesar que los materiales o el diseño cambian al pasar de los años a comparación de los sistemas construidos hace mucho tiempo, el tiempo de vida útil de los componentes a significado un cambio en la industria.

Una instalación correctamente diseñada sirve para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo sin causar erosión o escurrimiento, por ende, la vida útil puede asegurar y aumentar el desarrollo de un buen programa del sistema.

En el sistema de riego por goteo y aspersión la aspiración del agua se hace por medio de electrobombas.

- Las bombas se deben revisar una vez finalizada la jornada de riego, verificando el efectivo funcionamiento.
- El manual de instrucciones y operación proporcionado por el proveedor deben ser obtenidas por el fabricante.
- Se recomienda que cada 2 o hasta 3 años se debe hacer una evaluación de la bomba (pump test).
- La bomba debe tener una determinada potencia (HP), para obtener un eficiente riego más que todo en sistema de aspersión.
- El caudal tanto el calculado como el que se cuenta debe ser lo suficiente para abastecer el sistema.
- Verificar en la bomba que el manómetro no oscile.

El cabezal de riego consta de filtro hidrociclón, sistema de inyección (fertiirrigación) y las válvulas. En ambos sistemas están instalados a 5 m de la toma de agua

4.6.1 Filtro Hidrociclón

- Debe regularse la presión de trabajo de acuerdo a lo calculado y a lo recomienda el fabricante.
- Se recomienda que la altura de lo que ocupe la arena sea $\frac{3}{4}$ parte del filtro de lo contrario se da aviso al técnico adecuado.
- Realizar lavados según indica el manual d mantenimiento del equipo.

4.6.2 Equipo de Fertiirrigación

- Se limpia los filtros de las sondas y mallas del sistema.
- Verificar las presiones de trabajo de los equipos y que no ingresen partículas externas al interior del equipo.
- Se debe calibrar el PH y CE, aplicamos las comparaciones de medidas.
- Se prueba el funcionamiento del equipo de seguridad, las alarmas y la válvula de funcionamiento.
- Se visualiza el caudal de las inyecciones de los dosificadores de fertilizantes.
- Tener mucho cuidado al desmontar y limpiar los inyectores de Venturi.
- Limpiar el filtro del depósito de solución nutritiva y el equipo de filtrado.

4.6.3 Válvulas

- necesariamente se debe realizar limpiezas d los orificios Y membranas de las válvulas hidráulicas.
- Tener en cuenta que las válvulas que no tienen protección como las usadas en los sistemas de riego diseñados se deberá realizar mantenimiento periódicamente ya que tienden a fallar a los 3 o 4 años de funcionamiento.
- Se aconseja desarmar y lavarlas interiormente con un cepillo y agua lo más limpia posible.

El sistema de riego debe de llevar lo más importante, que es de donde se aplicara el agua al cultivo, para ello se cuentas con cintas de riego asimismo con tuberías de polietileno los que definitivamente deberán tener su mantenimiento.

4.6.4 Tuberías Principales

- Se deberán observar periódicamente para identificar que no exista corrosión.
- Las tuberías deben ser fiscalizadas al comienzo y fin de cada temporada del sembrío.
- Para un buen funcionamiento en el inicio del regado el agua debe ser llenado lentamente a la tubería, la velocidad no deberá ser mayor que 0.02m³/s.

4.6.5 Laterales

- Los laterales deben ser drenados cuando finalice cada riego, asimismo deberán ser observados para que no exista corrosión.
- Los laterales deben ser probados de iniciar un nuevo sembrío.
- Las fugas encontradas deben ser reparadas o en su defecto, reemplazar los laterales.
- El lavado de los laterales es importante por eso se recomienda, para prevenir la obstrucción de las boquillas o en otros casos se acumulen de arena.
- Insertar el agua gradualmente, el agua en un inicio no debe ser mayor a 0.02 m³/s.
- Revisar las pegas (uniones, tee, silletas) que sigan en perfecto estado y no se observe fugas, de ser así reemplazar los accesorios.

Tabla N°16: Tiempo de vida útil de los accesorios en sistemas de riego

DATOS	SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO	SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN
	AÑOS	
Emisores	8	20
Tubería de Polietileno	10	10
Filtro de hidrociclón	12	12
Sistema de Fertiirrigación	10	10
Válvula	9	9
Electrobomba	15	15

Fuente: Propia

V. DISCUSIÓN

Siendo un sistema de riego tecnificado, aquel que ofrece el mayor aprovechamiento del recurso hídrico, se presenta la comparación de los dos, aspersión y goteo, los cuales presentan una eficiencia comprobada de 75% y 90% respectivamente; es decir el volumen recibido por la planta entre el volumen aplicado ofrece un gran porcentaje de aprovechamiento del agua.

A su vez, según datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), en el 2018, el rendimiento promedio de caña de azúcar en nuestro país alcanzó las 121.83 toneladas por hectárea, ubicándose primero en el ranking de países con mayores rendimientos de caña de azúcar en el mundo.

En cuanto el diseño de ambos sistemas, se toma en cuenta dos factores: diseño agrónomo y diseño hidráulico, los cuales presentaron mucha similitud en algunos aspectos (agronómicos), donde encontramos según el estudio de suelos realizado, un suelo Arcilloso de alta plasticidad, el cual, por su composición, es considerado un suelo Franco Arcilloso, que es considerado un suelo adecuado para un cultivo de caña de azúcar; a su vez, presentan cierta diferencia en otros aspectos (hidráulicos) como el caudal necesario para cada proyecto.

El caudal necesario para el cultivo de la caña de azúcar, se calculó con las necesidades máximas de la planta, es decir, en su fase de crecimiento rápido, donde en promedio tiene un coeficiente de 1.15, por ende, una evapotranspiración de cultivo o necesidades diarias de 5.42 mm/día. De esta forma, comparando con la oferta hídrica que nos ofrece el río Chancay - Lambayeque de 7850 L/s en su periodo más bajo, si cubriría las demandas tanto del sistema de riego por goteo como por aspersión.

Tabla N°17: Demanda y oferta del agua

Caudal del proyecto - Caudal de diseño Riego por Goteo	7.54	L/seg	<	7850	L/seg	Oferta hídrica
Caudal del proyecto - Caudal de diseño Riego por Aspersión	22.22	L/seg	<	7851	L/seg	Oferta hídrica

Fuente: Propia

Teniendo los datos del caudal necesario, y pasando al diseño hidráulico, se desprende la diferencia de diámetros de tuberías como también el uso de tuberías de baja y alta densidad, el cual se realizó con tuberías de polietileno, ya que, según Moreno (2020), son cada vez más utilizadas, pasando de ser usadas exclusivamente solo para conducciones de ciertos milímetros de diámetros, a ser empleados ahora en innovadoras e importantes aplicaciones hidráulicas, donde se tienen a las conducciones de agua en saneamiento, gas, riego, etc. (pág 80). De esta manera, si tiene diámetros desde 20 mm en cintas de riego por goteo, como de 160 mm en la red principal del sistema de riego por aspersión.

En cuanto a las pérdidas de carga presentadas, estas fueron halladas tanto con los cálculos a mano, con el programa Aqua, y a través del Excel propio para la comprobación de las pérdidas de carga con el diámetro de la tubería seleccionada; de esta manera se tuvieron diferencias mínimas de pérdida, que nos indica que el diámetro seleccionado es el más adecuado. Las fórmulas utilizadas fueron las de Hazen – Williams, considerando también, las salidas con el factor de Chistianssen.

$$H_f(m) = 10.67 \times ((Q(m^3/s)/C)^{1.852}) \times (L(m) / D^{4.87(m)})$$

Considerando las pérdidas de carga, se requiere cierta presión para compensar la necesidad de caudal. Entre uno y otro sistema, las presiones necesarias para la bomba, tienen una diferencia significativa:

Tabla N°18: Presión en los sistemas de riego

Presión necesaria en la entrada del cabezal (Goteo)	24.77 m.c.a.
Presión necesaria en la entrada del cabezal (Aspersión)	53.39 m.c.a.

Fuente: Propia

Con respecto al proyecto en sí, después de los diseños como tal, se requieren materiales, insumos y mano de obra ejecutora; por lo cual, se presentó un presupuesto aproximado, donde se desprende las diferencias entre uno y otro sistema, teniendo S/ 28811.75 de inversión para un sistema de riego por goteo y S/ 39846.28 para el sistema de riego por aspersión. Ambos montos son aproximados e incluido IGV.

De ello se desprende que existe una diferencia de S/ 11034.53 entre uno y otro, que equivale al 27.69% diferencial. Es decir, el sistema de riego por goteo es más económico que el de aspersión en cuanto a la ejecución inicial del proyecto.

Tomando en cuenta esto último, y el alto rendimiento de la caña de azúcar en nuestro país, puede pronosticarse que el factor costo-beneficio es bastante favorable, debido a que, por ejemplo, siendo esta área de estudio una hectárea, produciría 121.83 toneladas de caña de azúcar, del cual, si se quiere producir netamente azúcar, en una tonelada de caña de azúcar se obtiene 100 kilos de azúcar aproximadamente; el cual sería muy rentable tomando en cuenta que el presupuesto presentado es por costo inicial de ejecución de ambos sistemas de riego, y las próximas cosechas solo se necesitaría inversión en mantenimiento y limpieza (10 años aproximadamente).

Así como el azúcar sería muy rentable para el uso de este cultivo, a su vez, se puede obtener diferentes productos y/o derivados como mieles, las cuales destiladas producen etanol, combustible vehicular, la fibra sirve para la fabricación de papel biodegradable, sus hojas y bagazo sirven como alimento para ganado y porcinos, entre otros.

A su vez, se puede pronosticar el tiempo de vida útil y el mantenimiento en ambos sistemas, comúnmente, el tiempo de vida útil de ambos sistemas abarca desde 8 a 12 años, dependiendo de las paredes de las tuberías, y el tiempo de vida útil de cada accesorio tanto de conexiones de tuberías como accesorios del cabezal de riego y bomba.

Como se pudo observar también, en la tabla N°22, en este proyecto, se tiene entre 8 a 20 años de vida útil que, a su vez, depende del mantenimiento que se le brinde, el cual debe realizarse en la etapa inicial del sembrío, para la limpieza de las

tuberías, pero sobre todo de los emisores (aspersores y goteros), ya que, a pesar del filtro, estos pueden obstruirse por otros agentes de la naturaleza.

En el caso de los goteros, son de tipo auto compensante, es decir, están incluidos dentro de la misma cinta de riego, teniendo un caudal de 2.2 Lt/h para evitar las obstrucciones. Por parte de los aspersores, se tiene de 1041.44 Lt/h, gran caudal, que sería más complicado obstruirse, por ende, menor mantenimiento.

Los sistemas de riego, son muy similares, en cuanto a diseño y son recomendables para el cultivo de caña de azúcar, sin embargo, si se refiere a costos de ejecución, mantenimiento y eficiencia de riego, el sistema de riego por goteo, es considerado el más eficiente.

VI. CONCLUSIONES

- En el diseño del riego de caña de azúcar para el distrito de Pucalá, en Chiclayo, se propuso el sistema de riego por aspersión como el de goteo, siendo ambos admisibles como riegos tecnificados más efectivos en el área; sin embargo, el sistema de riego por goteo, presenta un mayor aprovechamiento del recurso hídrico, teniendo un 90% de eficiencia de riego, comparado a 75% presentado por el sistema de riego por aspersión.
- En cuanto al diseño hidráulico, se presentan muchas similitudes por el uso de las fórmulas, sin embargo, presentan grandes diferencias en cuanto a los datos obtenidos, por ejemplo, el caudal para el sistema de riego por goteo es de 7.54 Lt/h, mientras que el sistema de riego por aspersión de 22.22 Lt/h; por lo cual, necesitan diferentes diámetros de tuberías de polietileno y diferente presión, teniendo al sistema de riego por aspersión como aquel que necesita 53.39 m.c.a. como presión en la válvula por su alto caudal de diseño.
- Con respecto a la evaluación económica, los costos de los sistemas de riego presentan variación; el sistema de riego por goteo es menos costoso que el de aspersión, debido principalmente a la inversión en tuberías a utilizar, ya que, el sistema de aspersión al demandar mayor caudal, es mayor el diámetro de tubería, por ende, mayor el costo.
- En cuanto al rendimiento de los sistemas de riego, el sistema por aspersión tiene necesidades altas de agua, incluso su intervalo de riego es por 7 días, en comparación del riego por goteo que son 2 días.
- El mantenimiento y tiempo de vida útil, por ser un sistema de regadíos tecnificados son eficientes, y pertenecen al mismo grupo de riego, en consecuencia, e investigando su mantenimiento es muy parecido (de 8 a 12 años), salvo las salidas del agua, como por ejemplo la limpieza del aspersor es diferente al de goteo, por la minuciosidad de mantenimiento.

VII. RECOMENDACIONES

- Se debe dar mantenimiento de limpieza constante a los sistemas, asimismo verificar el correcto funcionamiento del mismo para tener un mayor tiempo de vida útil.
- Los diseños propuestos pueden ser escalables, en sentido de que se puede realizar el diseño calculado para mayores áreas.
- Para un mejor análisis en el estudio del suelo, se recomienda no alterar la muestra antes, ni durante la extracción de la misma.
- Se debe realizar pruebas de campo para poder hallar fallas o fugas en los materiales y/o accesorios del sistema.
- El estudio agronómico es importante, por ejemplo, hallar la evapotranspiración, para poder determinar las necesidades de la planta, en este caso la caña de azúcar.
- Se recomienda evaluar los dos sistemas para seleccionar el más adecuado y efectivo.

REFERENCIAS

- ANA. (2015). Plan de gestión de los recursos hídricos de la cuenca Chancay - Lambayeque. ANA web - Autoridad Nacional del Agua. <https://www.ana.gob.pe/publicaciones/plan-de-gestion-de-los-recursos-hidricos-cuencas-chancay-lambayeque>
- Anderson, M. (2016, 24 octubre). Escalas de medición y variables en estadística. Mauricio Anderson. <https://mauricioanderson.com/escalas-de-medicion-estadistica/>
- Crespo, R. (2016). Procedimiento para la Realización de Evaluaciones de Riego por Aspersión - Pdf Descargar libre. Docplayer. <https://docplayer.es/33884651-Procedimiento-para-la-realizacion-de-evaluaciones-de-riego-por-aspersion.html>
- Crismán, R. (2016). La construcción de escalas de medición para la investigación lingüística y sus aplicaciones didácticas. Una propuesta con respecto a la modalidad lingüística andaluza. ACCI ediciones. <https://books.google.com.pe/books?id=edQsDAAAQBAJ&pg=PA14&dq=Tipo+d+e+investigaci%C3%B3n:+Aplicada&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjH9v7Xpt3sAhUPGrkGHfusAC8Q6AEwAXoECAEQAg#v=onepage&q=Tipo%20de%20investigaci%C3%B3n%3A%20Aplicada&f=false>
- Das, B. M. (2015). Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. Mexico: CENGAGE Learning.
- Demin, P. E. (2014). Aportes para el mejoramiento del manejo de los sistemas de riego. Ediciones Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Gil, J. (2016). Técnicas e Instrumentos Para la Recogida de Información. UNED. https://books.google.com.pe/books?id=ANrkDAAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=T%C3%A9cnicas+e+instrumentos+de+recolecci%C3%B3n+de+datos&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiT_ria6u7sAhXfHLkGHRd3AHgQ6AEwAnoECAQQA#g#v=onepage&q&f=false
- Guardo, M. (2019). El Riego Complementario y la disponibilidad Hídrica de los Acuíferos en la zona norte de la provincia de Buenos Aires. Trabajo final de carrera. Universidad Nacional de La Plata, La plata, Argentina.
- Hernández-Sampieri, R., Collado, C., Lucio, P., Valencia, S., & Torres, C. (2014). Metodología de la investigación (Vol. 6). McGraw-Hill Education.

- Lara, S. (2020). Estimación comparada del caudal ecológico en el río Chancay - Lambayeque con Métodos de enfoque Hidrológico y eco-hidráulico. Tesis para obtener el título profesional de ingeniería civil. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- Lazo, W., & Campos, R. (2014). Sistemas remotos de control y monitoreo de la humedad del suelo para reducir el consumo de agua del maíz con riego por goteo en el valle de pampas. tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Electrónico. Universidad Nacional de Huancavelica, Pampas, Perú.
- Leonardo Chow, J. (2016). Método Fácil de Diseño de Riego Método Fácil de Diseño de Riego por Goteo MEFADERG. SEJICSA.
- López, C. (2018). Limitaciones del Riego Artesanal Y Diseño de un Sistema de Riego por Aspersión en el Fundo Tauca-Tarma. Tesis para obtener el título profesional de ingeniería civil. Universidad Peruana de los Andes, Lima, Perú.
- Luis, J. (14 de 07 de 2019). <https://latiendadeljardin.com>. Obtenido de <https://latiendadeljardin.com/es/blog/post/12-las-tuberias-de-polietileno-mas-utiles-para-riego-agricultura.html>
- LUIS, J. (14 de 07 de 2019). <https://latiendadeljardin.com/>. Obtenido de <https://latiendadeljardin.com/es/blog/post/12-las-tuberias-de-polietileno-mas-utiles-para-riego-agricultura.html>
- Martínez, C. (2014). Técnicas e Instrumentos de Recogida y Análisis de Datos. Universidad Nacional de Educación a Distancia. https://books.google.com.pe/books?id=iiTHAwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=poblacion+y+muestra+de+una+investigacion&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjY6Jvy6t3sAhU_EbkGHXELDbMQ6AEwBHoECAMQAg#v=onepage&q=poblaci%C3%B3n&f=false
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2015). Manual del Cálculo de Eficiencia para Sistema de Riego (Vol. 1) [Libro electrónico]. https://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/manualriego/manual_determinacion_eficiencia_riego.pdf
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2015). Producción. <https://www.midagri.gob.pe/portal/objetivos/29-sector-agrario/azucar/243-produccion#:~:text=La%20ca%C3%B1a%20de%20az%C3%BAcar%20en,cosecha%20durante%20todo%20el%20a%C3%B1o.&text=La%20superficie%20>

cosechada%20con%20ca%C3%B1a,m%C3%A1s%20significativa%20en%20e
stos%20%C3%BAltimos.

- Moreno Vega, A. (2020). Siembra y trasplante de cultivos hortícolas y flor cortada. Paraninfo.
<https://books.google.com.pe/books?id=qJzqDwAAQBAJ&pg=PA80&dq=tuberias+de+polietileno+para+riego&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiexsPuvcDxAhUYLLkGHfbNBU0Q6AF6BAgGEAI#v=onepage&q=tuberias%20de%20polietileno%20para%20riego&f=false>
- Olguín, A. (2016). Evaluación Integral de Desempeño del Método de Riego por Goteo en Vid (*Vitis Vinífera L.*), en la Zona Este y Norte del Oasis de Tulum, San Juan, Argentina. Tesis de maestría en Riego y Drenaje. Universidad Nacional de Cuyo, San Juan, Argentina.
- Polla, G. (2017). Metodología para Optimizar el Manejo de un Distrito de Riego, Aplicable al Alto Valle de Rio Negro. Tesis de doctor en agronomía. Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina.
- Rodríguez, I. (2021, 29 abril). Cultivo de caña de azúcar. Agrotendencia.tv.
<https://agrotendencia.tv/agropedia/el-cultivo-de-la-cana-de-azucar/>
- Sánchez, N. V. (2016). Topografía Aplicada. Lima, Perú: MACRO.
- Sánchez, P. T.-F. (2016). Estudio Hidrológico y Diseño Hidráulico de Obras de Captación y Conducción para la Implementación de un Nuevo Sistema de Riego en una Tierra de Cultivo para Palta en el Distrito de Luricocha de la Provincia de Huanta - Departamento de Ayacucho. Lima, Peru: Tesis UPC.
- Segura, J. L. (14 de 07 de 2017). <https://gestion.pe>. Obtenido de <https://gestion.pe/economia/peru-6-4-millones-hectareas-potencial-riego-sistema-139390-noticia/>
- Takaesu, D. (2017). Diseño para la Implementación de un Sistema de Riego Tecnificado en el Campamento Villa Cuajone, Southern Peru Copper Corporation, Moquegua, Perú. <http://repositorio.lamolina.edu.pe>.
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2687/F06-T3-T.pdCidelsa>. (23 de 09 de 2020). <https://www.cidelsa.com>. Obtenido de <https://www.cidelsa.com/es/prod2/tuberiacorrugada/>

- Terán, M. (2017). Estudio de la biodegradabilidad aeróbica de polietileno de alta densidad mediante compostaje con aditivos degradables. Disertación previa a la obtención del título Licenciada en Ciencias Químicas con mención en Químicas Analíticas. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Toro, j. (2015). Sistema de riego y su incidencia en la producción agrícola del sector el calvario de la parroquia Panzelo, Canton Salcedo, provincia de Cotopaxi. tesis para título. Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.
f?sequence=1&isAllowed=y

REFERENCIA DE IMÁGENES:

- Engecorps, T. T. C.-. (2018). Diagnóstico participativo de la gestión de los recursos hídricos de la cuenca Chancay - Lambayeque: Memoria divulgativa. Repositorio Digital de Recursos Hídricos - ANA. <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/1961>
- García Huatay, Mayra Karelly, Guerrero Padilla, Ana Marlene, & Cabrera Carranza, Carlos Francisco. (2019). Evapotranspiración y requerimientos de agua para la programación de riego de los cultivos *Saccharum officinarum* L. (Poaceae) "caña de azúcar", *Zea mays* L. (Poaceae) "maíz" y *Asparagus officinalis* L. (Asparagaceae) "espárrago" en el valle Chicama, Perú. *Arnaldoa*, 26(2), 793-814. <https://dx.doi.org/10.22497/arnaldoa.262.26218>
- Gomaig SL. (2019). Bombas Gomaig SL. <http://www.gomaigsl.com>
- Hidroglobal. (2021). Hidroglobal - Productos y soluciones para el tratamiento del agua. <https://www.hidroglobal.com/>
- Pucala, Chiclayo, Lambayeque, Perú - Ciudades y pueblos del mundo. (2021). DB city.com. <https://es.db-city.com/Per%C3%BA--Lambayeque----Pucala>
- Ingemecánica. (2017). Riego por Goteo. <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn207.html>
- Rivulis. (2021). Micro Irrigation | Making Micro Irrigation Accessible Globally. <https://www.rivulis.com/>
- Rodríguez, I. (2021, 29 abril). Cultivo de caña de azúcar. Agrotendencia.tv. <https://agrotendencia.tv/agropedia/el-cultivo-de-la-cana-de-azucar/>
- Sergio O. Cen C. Depto. de Ingeniería Civil y Costera. (2017, 20 febrero). ¿En qué consiste la nivelación topográfica? Axisima®, ingeniería y medio ambiente. <http://axisima.com/en-que-consiste-la-nivelacion-topografica/>
- Torres, J. (2018, 25 mayo). Calicata: Características, Tipos y Para Qué Sirven. Lifeder. <https://www.lifeder.com/calicata/>

ANEXOS

Anexo N° 1: Tabla de valores del coeficiente de Christiansen

Coeficiente de Christiansen

El factor de Christiansen (F) se puede calcular mediante la expresión:

$$F = \frac{1}{n} \left(\frac{1}{l_0} \right)^n$$

siendo n el número de derivaciones (emisores) y l_0 el exponente de la fórmula utilización de la pérdida de carga.

Los valores de F pueden conocerse mediante el empleo de la tabla 3.13, cuando la primera derivación esté a una distancia del comienzo de la tubería (l_0), igual a la equidistancia (1) entre las derivaciones, es decir, $l_0 = 1$, o bien cuando la primera derivación esté situada a una distancia del comienzo del lateral igual a la mitad del espaciamiento entre derivaciones ($l_0 = 1/2$).

Tabla 3.13. Coeficientes de Christiansen

n	$l_0 = 1$					n	$l_0 = 1/2$				
	$\beta=1,75$	$\beta=1,80$	$\beta=1,85$	$\beta=1,90$	$\beta=2,00$		$\beta=1,75$	$\beta=1,80$	$\beta=1,85$	$\beta=1,90$	$\beta=2,00$
1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2	0,650	0,644	0,639	0,634	0,625	2	0,532	0,525	0,518	0,512	0,500
3	0,546	0,540	0,535	0,528	0,518	3	0,455	0,448	0,441	0,434	0,422
4	0,497	0,491	0,486	0,480	0,469	4	0,426	0,419	0,412	0,405	0,393
5	0,469	0,463	0,457	0,451	0,440	5	0,410	0,403	0,397	0,390	0,378
6	0,451	0,445	0,435	0,433	0,421	6	0,401	0,394	0,387	0,381	0,369
7	0,438	0,432	0,425	0,419	0,408	7	0,395	0,388	0,381	0,375	0,363
8	0,428	0,422	0,415	0,410	0,398	8	0,390	0,383	0,377	0,370	0,358
9	0,421	0,414	0,409	0,402	0,391	9	0,387	0,380	0,374	0,367	0,355
10	0,415	0,409	0,402	0,396	0,385	10	0,384	0,378	0,371	0,365	0,353
11	0,410	0,404	0,397	0,392	0,380	11	0,382	0,375	0,369	0,363	0,351
12	0,406	0,400	0,394	0,388	0,376	12	0,380	0,374	0,367	0,361	0,349
13	0,403	0,396	0,391	0,384	0,373	13	0,379	0,373	0,366	0,360	0,348
14	0,400	0,394	0,387	0,381	0,370	14	0,378	0,371	0,365	0,358	0,347
15	0,397	0,391	0,384	0,379	0,367	15	0,377	0,370	0,364	0,357	0,346
16	0,395	0,389	0,382	0,377	0,365	16	0,376	0,369	0,363	0,357	0,345
17	0,393	0,387	0,380	0,375	0,363	17	0,375	0,368	0,362	0,356	0,344
18	0,392	0,385	0,379	0,373	0,361	18	0,374	0,368	0,361	0,355	0,343
19	0,390	0,384	0,377	0,372	0,360	19	0,374	0,367	0,361	0,355	0,343
20	0,389	0,382	0,376	0,370	0,359	20	0,373	0,367	0,360	0,354	0,342
22	0,387	0,380	0,374	0,368	0,357	22	0,372	0,366	0,359	0,353	0,341
24	0,385	0,378	0,372	0,365	0,355	24	0,372	0,365	0,359	0,352	0,341
26	0,383	0,376	0,370	0,364	0,353	26	0,371	0,364	0,358	0,351	0,340
28	0,382	0,375	0,369	0,363	0,351	28	0,370	0,364	0,357	0,351	0,340
30	0,380	0,374	0,368	0,362	0,350	30	0,370	0,363	0,357	0,350	0,339
35	0,378	0,371	0,365	0,359	0,347	35	0,369	0,362	0,356	0,350	0,338
40	0,376	0,370	0,364	0,357	0,345	40	0,368	0,362	0,355	0,349	0,349
50	0,374	0,367	0,361	0,355	0,343	50	0,367	0,361	0,354	0,348	0,337
60	0,372	0,366	0,359	0,353	0,342	100	0,365	0,359	0,353	0,347	0,335
80	0,370	0,363	0,357	0,351	0,340	200	0,365	0,358	0,352	0,346	0,334
100	0,369	0,362	0,356	0,350	0,338	-	-	-	-	-	-
150	0,367	0,360	0,354	0,348	0,337	-	-	-	-	-	-
300	0,365	0,359	0,353	0,346	0,335	-	-	-	-	-	-
>300	0,364	0,357	0,351	0,345	0,333	-	-	-	-	-	-

n = Número de salidas

$\beta=1,75$ Blasius, Cruciani-Margaritona

$\beta=1,786$ Scimemi

$\beta=1,80$ Iso, Veronesi-Daite

$\beta=1,85$ Hazen-Williams

$\beta=1,90$ Scobey

$\beta=2,00$ Manning, Darcy-Weisbach

En la práctica se toma los siguientes valores de β :

$\beta=1,75$ para tuberías de PE

$\beta=1,80$ para tubería de PVC

$\beta=1,85-1,90$ para tubería de aluminio

Sin embargo, en una distribución discreta puede darse cualquier valor de la relación l_0/l . Para estos casos, se dispone de la siguiente expresión general del factor F (Montalvo, T. 1989):

Anexo N° 2: Tabla de pérdidas de carga respecto al caudal y diámetros de tuberías de polietileno

▼ Ábacos y Tablas ► Pérdidas de Carga en Polietileno

TABLA RÁPIDA DE CONSULTA DE PÉRDIDAS DE CARGA EN POLIETILENO

En función del caudal que queremos conducir, la tabla nos define el diámetro nominal de la tubería que debemos utilizar y las pérdidas de carga que se van a producir (en m.c.a. por 100 metros de tubería). Las estimaciones están hechas para mantener una velocidad constante de 1,2 m/s en PE de 10 atm de alta densidad y 1 m/s para el resto.

TABLA RÁPIDA DE CONSULTA DE PÉRDIDAS DE CARGA			
V m/seg.	J m/m	Ø Nominal	Q= l/s
P.E. 10 atm. Alta Densidad			
1,2 m/s	0,099 m/m	25 mm (20,4)	0,40 l/s
1,2 m/s	0,072 m/m	32 mm (26,2)	0,66 l/s
1,2 m/s	0,058 m/m	40 mm (32,6)	1,05 l/s
1,2 m/s	0,042 m/m	50 mm (40,8)	1,60 l/s
1,2 m/s	0,032 m/m	63 mm (51,4)	2,75 l/s
1,2 m/s	0,025 m/m	75 mm (61,4)	3,6 l/s
1,2 m/s	0,020 m/m	90 mm (73,6)	5,25 l/s
1,2 m/s	0,016 m/m	110 mm (90,0)	8 l/s
1,2 m/s	0,014 m/m	125 mm (102,2)	10,2 l/s
1,2 m/s	0,012 m/m	140 mm (114,6)	12,6 l/s
P.E. 6 atm. Alta Densidad			
V m/s	J m/m	Ø Nominal	Q= l/h
1 m/s	0,09 m/m	18-20 mm (16)	720 l/h
1 m/s	0,067 m/m	25 mm (21)	1260 l/h
1 m/s	0,048 m/m	32 mm (28)	2230 l/h
1 m/s	0,035 m/m	40 mm (35,2)	3530 l/h
1 m/s	0,027 m/m	50 mm (44)	5580 l/h
1 m/s	0,020 m/m	63 mm (55,4)	8820 l/h
P.E. 6 atm. Baja Densidad			
1 m/s	0,066 m/m	25 (20,4) mm	1150 l/h
1 m/s	0,050 m/m	32 (26,2) mm	1945 l/h
1 m/s	0,039 m/m	40 (32,6) mm	3025 l/h
1 m/s	0,029 m/m	50 (40,8) mm	4680 l/h
1 m/s	0,021 m/m	63 (51,4) mm	5330 l/h

[Volver]

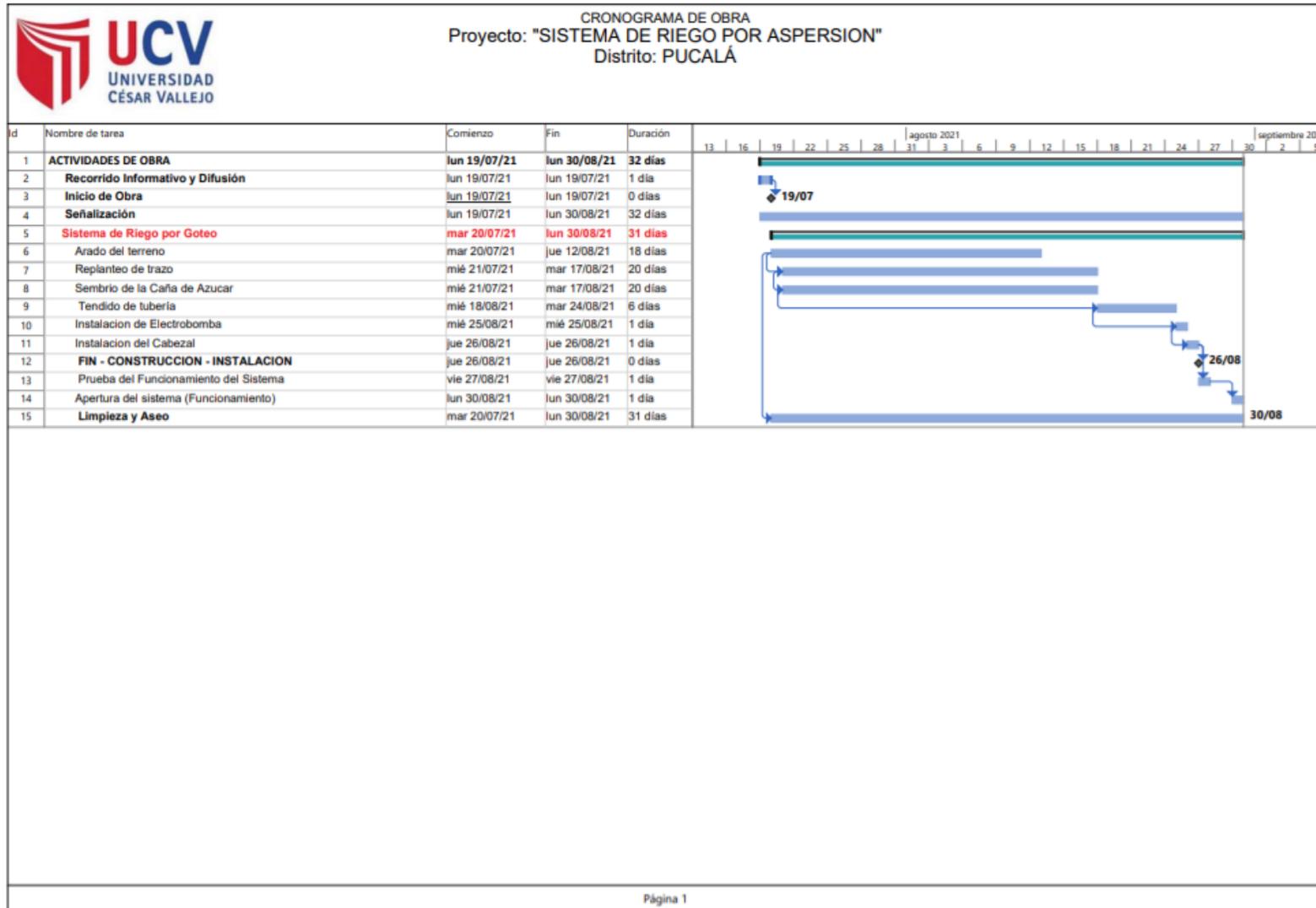
Anexo N° 3: Registro fotográfico de estudios de campo



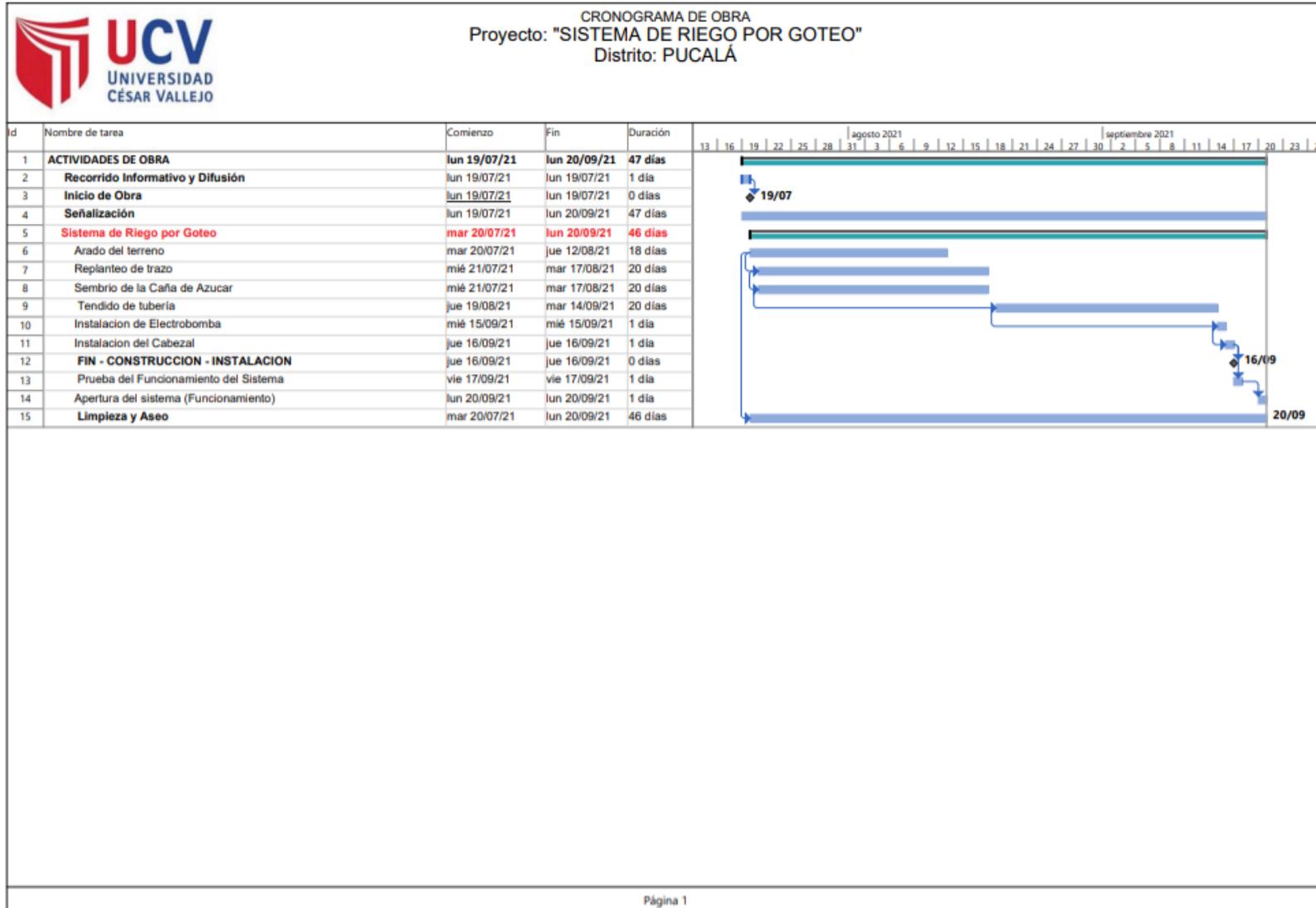




Anexo N° 4: Cronograma de ejecución de un proyecto de sistema de riego por goteo.



Anexo N° 5: Cronograma de ejecución de un proyecto de sistema de riego por aspersión.



Anexo N° 6: Informe de Laboratorio de suelos

PROYECTO:

"TESIS: Análisis Comparativo de Sistemas de Riego por Aspersión y por Goteo, Distrito de Pucalá, Chiclayo, 2021."

SOLICITANTE:

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO, ALUMNOS:
Ángel Arrascue Ramos y Milagros Huamán
Acevedo

CANTERA:

(material propio) Pucalá – Chiclayo

LIMA, 15 DE MAYO DEL 2021.

LAB. INGGEOS S.A.C.
SUELOS - CONCRETOS - ASFALTO


JUAN JESÚS VENTURA ROQUE
JEFE DE LABORATORIO
ING. CIVIL. CIP 43999

ÍNDICE

1.0	GENERALIDADES.....	2
1.1	Objetivos del informe.....	2
1.2	Datos del proyecto.....	2
2.0	INVESTIGACIONES DE LABORATORIO.....	2
2.1	Trabajos de Laboratorio.....	2
3.0	ENSAYOS DE LABORATORIO.....	3

ANEXO 1: ENSAYOS DE LABORATORIO

ANEXO 2: PANEL FOTOGRÁFICO


LAB. INGGEOS S.A.C.
SUELOS - CONCRETOS - ASFALTO

JUAN JESÚS VENTURA ROQUE
JEFE DE LABORATORIO
ING. CIVIL. CIP 43999

INFORME TÉCNICO

1.0 GENERALIDADES

1.1 Objetivo del Informe

El presente Informe tiene por finalidad dar a conocer el análisis Comparativo de Sistemas de Riego por Aspersión y por goteo para la sustentación de tesis.

1.2 Datos del proyecto

PROYECTO: "TESIS: Análisis Comparativo de Sistemas de Riego por Aspersión y por Goteo, Distrito de Pucalá, Chiclayo, 2021."

SOLICITANTE: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO, ALUMNOS: Ángel Arrascue Ramos y Milagros Huamán Acevedo

CANTERA: PUCALÁ – CHICLAYO (material propio)

2.0 INVESTIGACIONES DE LABORATORIO

2.1 Trabajos de Laboratorio

El trabajo de laboratorio se ha realizado preliminarmente con un reconocimiento de los instrumentos y equipos que participaron en el proyecto, luego se procedió a la realización de los ensayos para su posterior cálculo y procesamiento de datos.

3.0 ENSAYOS DE LABORATORIO

Los ensayos se realizaron bajo las Normas A.S.T.M. y las NTP de manera de poder determinar las características del material.

Estos fueron los siguientes:

- Límite líquido (AASHTO T 89 – ASTM D 4318)
- Límite plástico (AASHTO T 89 – ASTM D 4318)
- Ensayo de Contenido de Humedad (ASTM D 2216)
- Granulometría por tamizado (ASTM D 6913)

LAB. INGGEOS S.A.C.
SUELOS - CONCRETOS - ASFALTO


JUAN JESÚS VENTURA ROQUE
JEFE DE LABORATORIO
ING. CIVIL. CIP 43999

- Peso volumétrico de suelos cohesivos (ASTM D 7263)
- Contenido de sales solubles totales (NTP 339.152)

Tomando en cuenta los ensayos mencionados; a continuación, se detalla las características del material:

Tabla 1. Resultados de ensayos de laboratorio

CARACTERÍSTICAS DE LA CANTERA "PUCALÁ - CHICLAYO"	
Límite Líquido (%)	54
Límite Plástico (%)	21
Índice Plástico (%)	33
Contenido de humedad (%)	18.4
Clasificación SUCS	C.H
Clasificación AASHTO	A-7-6 (14)
Peso volumétrico de suelos cohesivos-seco (g/cm ³)	1.966
Peso volumétrico de suelos cohesivos-humedo (g/cm ³)	1.876
Sales solubles totales (p.p.m)	537

LAB. INGGEOS S.A.C.
 SUELOS - CONCRETOS - ASFALTO

 JUAN JESÚS VENTURA ROQUE
 JEFE DE LABORATORIO
 ING. CIVIL. CIP 43999

Anexo 1: Ensayos de Laboratorio


LAB. INGGEOS S.A.C.
SUELOS - CONCRETOS - ASFALTO

JUAN JESÚS VENTURA ROQUE
JEFE DE LABORATORIO
ING. CIVIL. CIP 43999

ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS

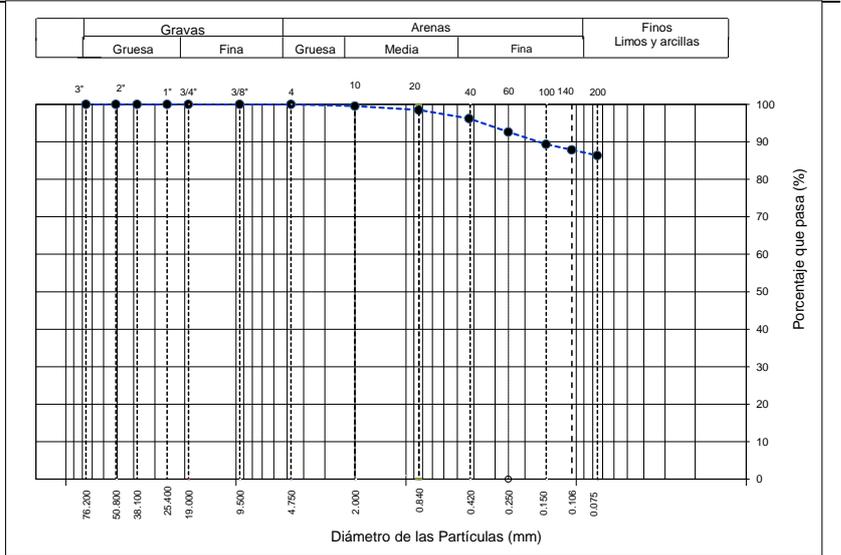
Proyecto : "TESIS: Análisis Comparativo de Sistemas de Riego por Aspersión y por Goteo, Distrito de Pucalá, Chiclayo, 2021."
Solicitante : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO, ALUMNOS: Angel Arrascue Ramos y Milagros Huaman Acevedo
Ubicación de Proyecto : Distrito de Pucalá, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque
Material : Propio

Muestreado por : Solicitantes
Ensayado por : Jorge Bolo
Fecha de Ensayo: 13/05/2021
Turno: Diurno

Cantera : Pucalá - Chiclayo
Sondaje / Calicata : ---
N° de Muestra : ---
Progresiva : ---

Profundidad: ---
Norte: ---
Este: ---
Cota: 0 m.s.n.m.

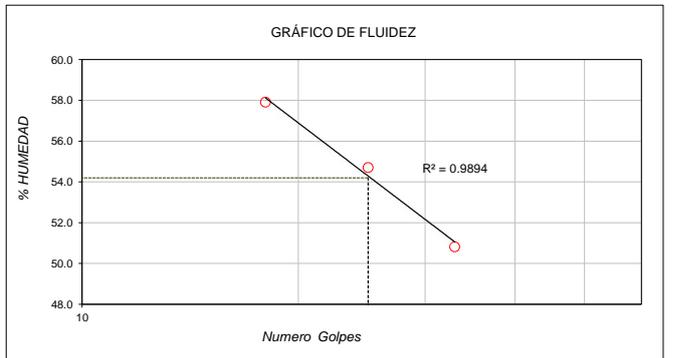
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D6913			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFIC. GRAD "B"
3"	76.200	100.0	
2"	50.800	100.0	
1 1/2"	38.100	100.0	
1"	25.400	100.0	
3/4"	19.000	100.0	
3/8"	9.500	100.0	
Nº 4	4.750	100.0	
Nº 10	2.000	99.5	
Nº 20	0.840	98.5	
Nº 40	0.425	96.2	
Nº 60	0.250	92.6	
Nº 100	0.150	89.3	
Nº 140	0.106	87.9	
Nº 200	0.075	86.4	



CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D2216	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	18.4
MÉTODO DE SECADO	Horno a 110 +/- 5°C
MÉTODO DE REPORTE	"B"
MATERIALES EXCLUIDOS	Ninguno

CLASIFICACIÓN VISUAL - MANUAL	CH - Arcilla de alta plasticidad, humedo, de color marron oscuro
NOTAS SOBRE LA MUESTRA	Muestra ensayada en laboratorio de LABORATORIO INGGEOS S.A.C

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	"Secada al horno a 110 +/- 5°C"
PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO	tamizado integral
TAMIZ SEPARADOR	Ninguno
MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS	"B"



LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
LÍMITE LÍQUIDO	54
LÍMITE PLÁSTICO	21
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	33
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	1.1
ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL)	-0.1
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	Multipunto

COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCIÓN AL TAMAÑO DE PARTÍCULAS	
CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	0.0
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	13.6
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	86.4

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)	CH
CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D3282)	A-7-6 (14)
NOMBRE DEL GRUPO	Arcilla de alta plasticidad

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el personal de LABORATORIO INGGEOS S.A.C
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LABORATORIO INGGEOS S.A.C
- * Realizado por: Tec. Jorge Bolo Saldaña
- * Revisado por: Ing. Juan Ventura Roque

LAB. INGGEOS S.A.C.
SUELOS - CONCRETOS - ASFALTO

Juan Ventura Roque

JUAN JESÚS VENTURA ROQUE
JEFE DE LABORATORIO
ING. CIVIL. CIP 43999

	INFORME	Código	AE-FO-08
	PESO VOLUMÉTRICO DE SUELOS COHESIVOS	Versión	01
		Fecha	01-04-2021
		Página	1 de 1

Proyecto	: "TESIS: Análisis Comparativo de Sistemas de Riego por Aspersión y por Goteo, Distrito de Pucalá, Chiclayo, 2021."	Muestreado por :	Solicitante
Solicitante	: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO, ALUMNOS: Angel Arrascue Ramos y Milagros Huaman Acevedo	Ensayado por :	Jorge Bolo
Ubicación de Proyecto	: Distrito de Pucalá, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque	Fecha de Ensayo:	13/05/2021
Material	: Propio	Turno:	Diurno
Cantera	: Pucalá - Chiclayo	Profundidad:	---m
Sondaje / Calicata	: ---	Norte:	---
N° de Muestra	: ---	Este:	---
Progresiva	: ---	Cota:	---

RESULTADOS SEGÚN NTP 339.139

DESCRIPCIÓN	1	2	PROMEDIO
Masa de la muestra húmeda	154.9	138.6	
Masa de la muestra + parafina	170.7	152.5	
Masa de la muestra + parafina sumergido	73.59	66.20	
Densidad de la parafina	0.87	0.87	
Contenido de humedad (%)	4.8	4.8	
Peso volumétrico húmedo	1.962	1.971	1.966
Peso volumétrico seco	1.872	1.881	1.876

OBSERVACIONES:

- * Muestra inalterada y remodelada
- * Muestra provista e identificada por el personal de LABORATORIO INGGEOS S.A.C
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LABORATORIO INGGEOS S.A.C
- * Realizado por: Tec. Jorge Bolo Saldaña
- * Revisado por: Ing. Juan Ventura Roque


LAB. INGGEOS S.A.C.
 SUELOS - CONCRETOS - ASFALTO

JUAN JESÚS VENTURA ROQUE
 JEFE DE LABORATORIO
 ING. CIVIL. CIP 43999

	FORMATO	Código	FO-SU-01
	ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS, ROCAS Y AGUA	Versión	01
		Fecha	01-04-2021
		Página	1 de 1

Proyecto	: "TESIS: Análisis Comparativo de Sistemas de Riego por Aspersión y por Goteo, Distrito de Pucalá, Chiclayo, 2021."	Muestreado por :	Cliente
Solicitante	: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO, ALUMNOS: Angel Arrascue Ramos y Miliagos Huaman Acevedo	Ensayado por :	Jorge Bolo
Ubicación de Proyecto	: Distrito de Pucalá, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque	Fecha de Ensayo:	13/05/2021
Material	: Propio	Turno:	Diurno
Cantera	: Pucalá - Chiclayo	Profundidad:	---
Sondaje / Calicata	: ---	Norte:	---
N° de Muestra	: ---	Este:	---
Progresiva	: ---	Cota:	---

SALES SOLUBLES TOTALES NTP 339.152 / BS 1377-Part 3				
RELACION DE MEZCLA SUELO - AGUA DESTILADA	---	1 : 3		
NUMERO DE BEAKER	---	1	2	
PESO DE BEAKER	(g)	42.5153	50.5662	
PESO DEL BEAKER + RESIDUOS DE SALES	(g)	42.5243	50.5751	
PESO DEL RESIDUO DE SALES	(g)	0.0090	0.0089	
VOLUMEN DE SOLUCION TOMADA	(ml)	50	50	
CONSTITUYENTES DE SALES SOLUBLES EN LICUOTA	(p.p.m.)	180	178	PROMEDIO
CONSTITUYENTES DE SALES SOLUBLES EN MUESTRA	(p.p.m.)	540	534	537
CONSTITUYENTES DE S.S EN PESO SECO	(%)	0.054	0.053	0.054

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el personal de LABORATORIO INGGEOS S.A.C
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LABORATORIO INGGEOS S.A.C

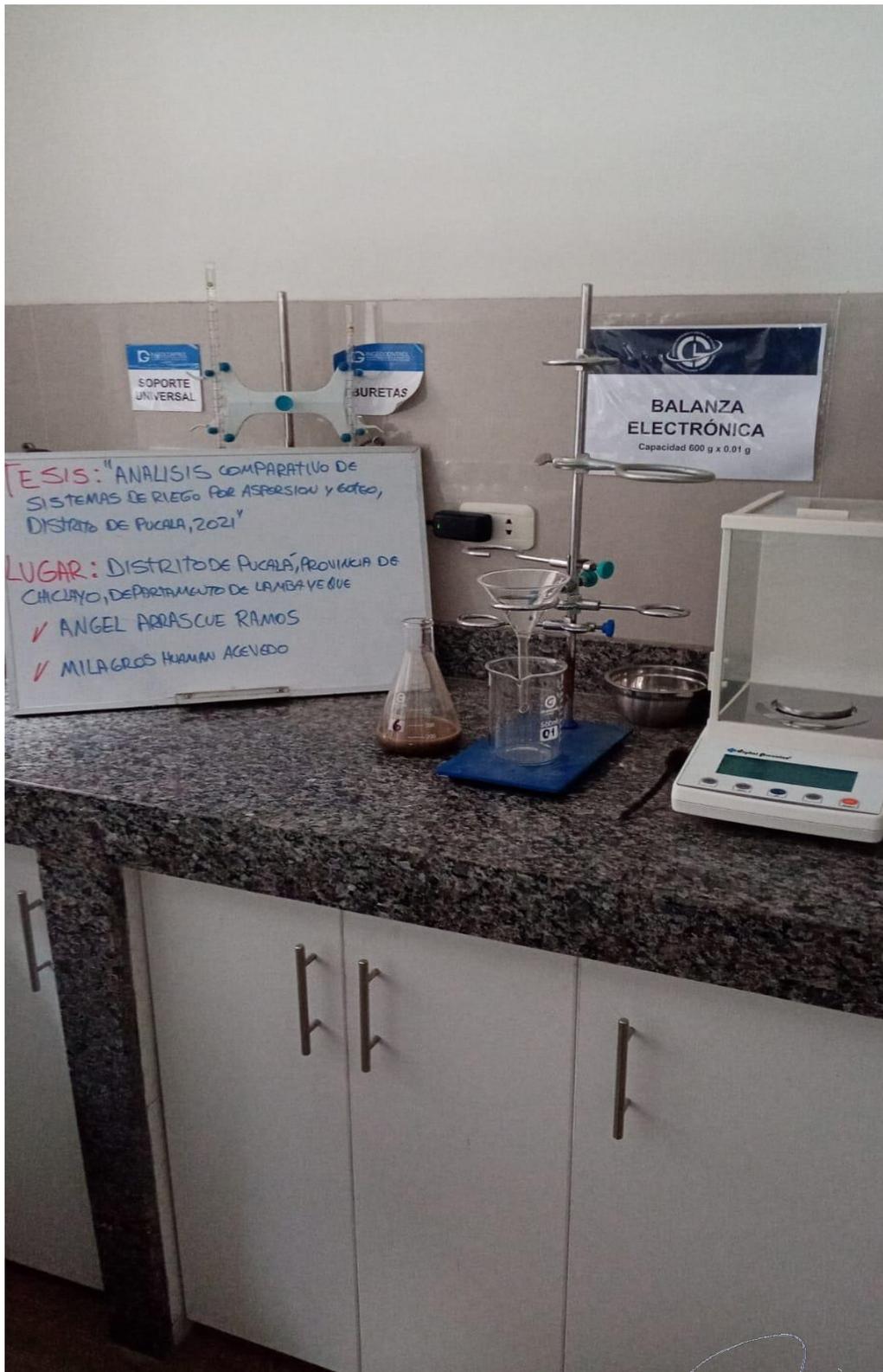
- * Realizado por: Tec. Jorge Bolo Saldaña
- * Revisado por: Ing. Juan Ventura Roque


LAB. INGGEOS S.A.C.
 SUELOS - CONCRETOS - ASFALTO
JUAN JESÚS VENTURA ROQUE
 JEFE DE LABORATORIO
 ING. CIVIL. CIP 43999

Anexo 2: Panel fotográfico


LAB. INGGEOS S.A.C.
SUELOS - CONCRETOS - ASFALTO

JUAN JESÚS VENTURA ROQUE
JEFE DE LABORATORIO
ING. CIVIL. CIP 43999



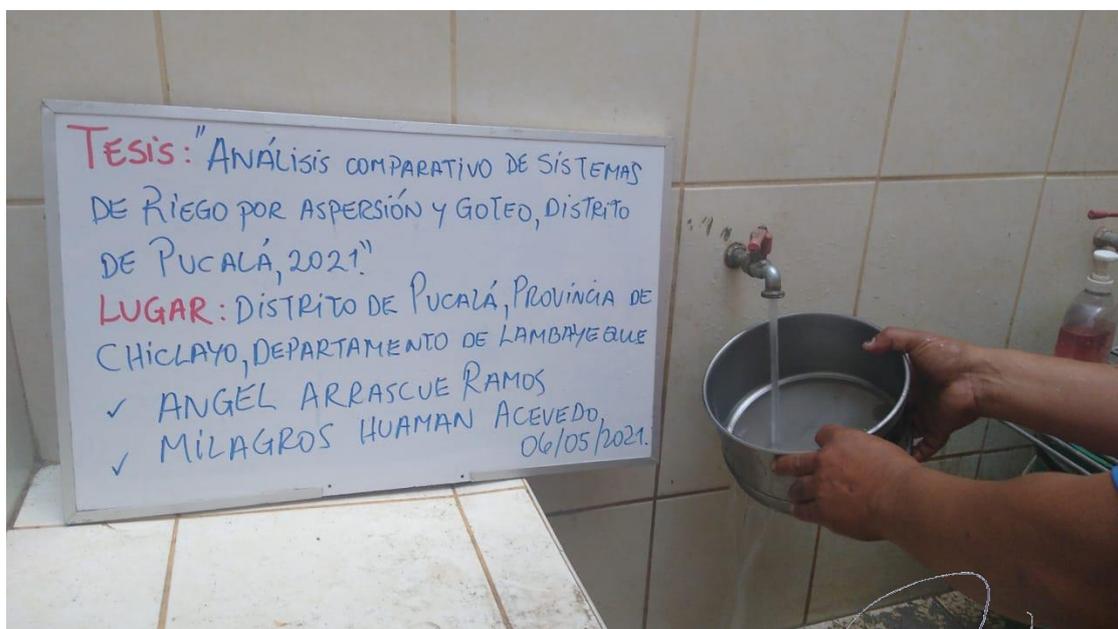
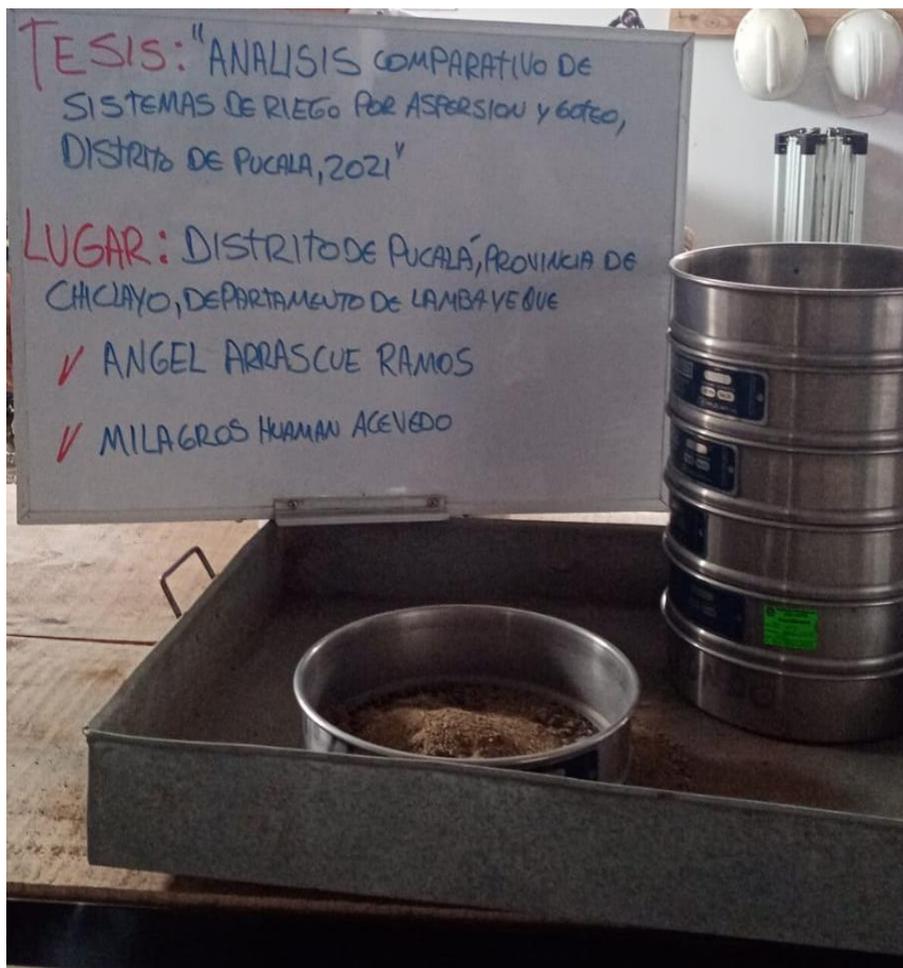
FOTOGRAFÍA N° 01: DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE SALES SOLUBLES TOTALES

LAB. INGGEOS S.A.C.
SUELOS - CONCRETOS - ASFALTO
Juan Jesús Ventura Roque
JUAN JESÚS VENTURA ROQUE
JEFE DE LABORATORIO
ING. CIVIL. CIP 43999



FOTOGRAFÍA N° 02: ENSAYO DE LÍMITE DE CONSISTENCIA

LAB. INGGEOS S.A.C.
SUELOS - CONCRETOS - ASFALTO
Juan Jesús Ventura Roque
JUAN JESÚS VENTURA ROQUE
JEFE DE LABORATORIO
ING. CIVIL. CIP 43999



FOTOGRAFÍA N° 03: ENSAYO DE GRANULOMETÍA POR TAMIZADO

LAB. INGGEOS S.A.C.
SUELOS - CONCRETOS - ASFALTO

JUAN JESÚS VENTURA ROQUE
JEFE DE LABORATORIO
ING. CIVIL. CIP 43999

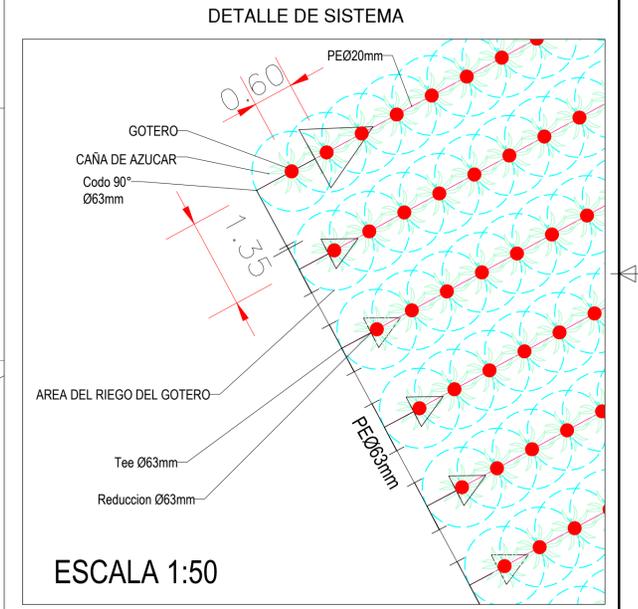
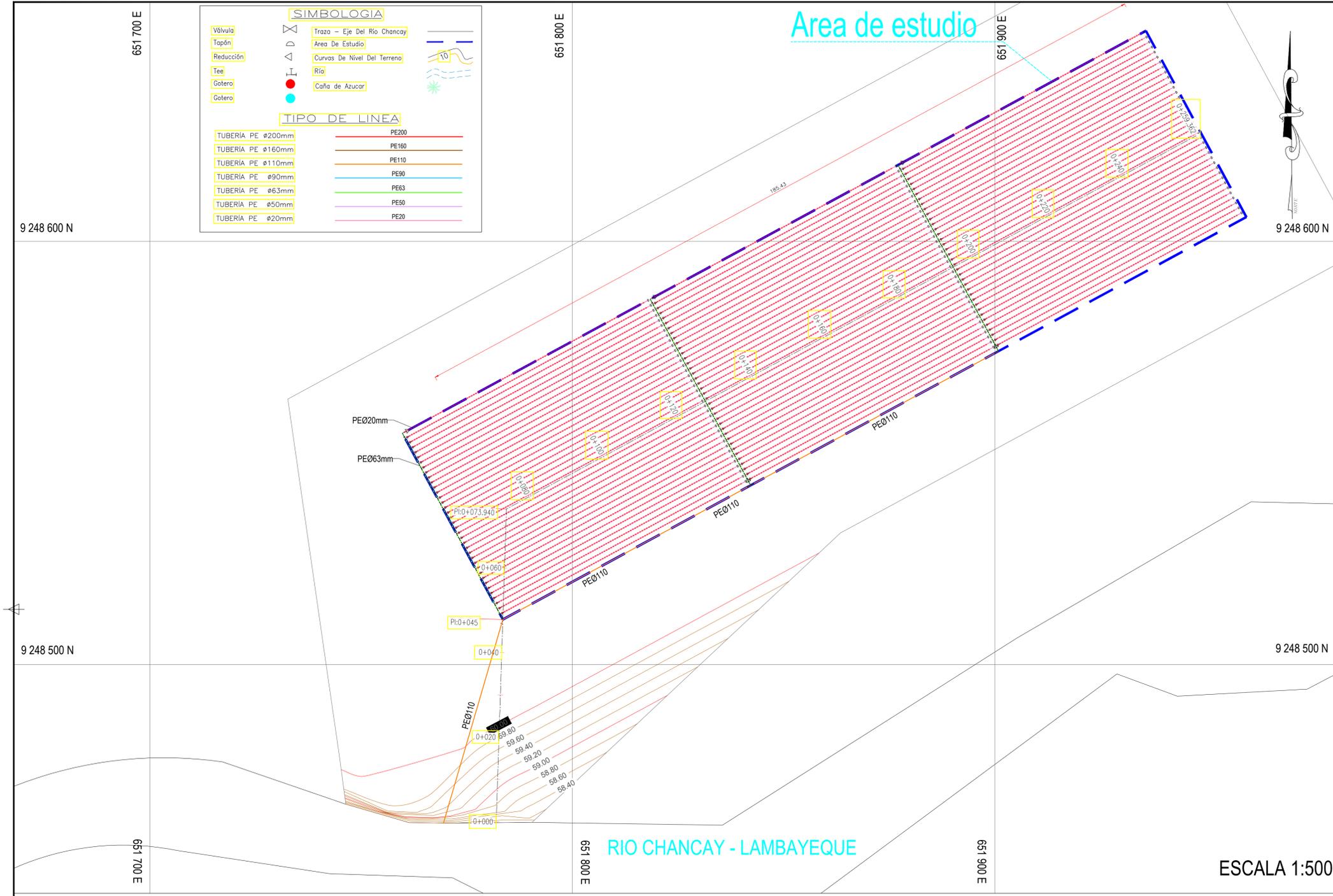


FOTOGRAFÍA N° 04: ENSAYO DE PESO VOLUMÉTRICO

LAB. INGGEOS S.A.C.
SUELOS - CONCRETOS - ASFALTO
Juan Jesús Ventura Roque

JUAN JESÚS VENTURA ROQUE
JEFE DE LABORATORIO
ING. CIVIL. CIP 43999

Anexo N° 6: Planos



FACULTAD: FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL INGENIERIA CIVIL			
TESIS: ANÁLISIS COMPARATIVO DE SISTEMAS DE RIEGO POR ASPERSION Y POR GOTEO, DISTRITO DE PUCALÁ, CHICLAYO, 2021.			
AUTORES: ARRASCUE RAMOS, ANGEL ALBERTO FERNANDO HUAMAN ACEVEDO, MILAGROS MELANY		ASESOR: MSC. ING. PACCHA RUFASTO, CESAR AUGUSTO	
Linea de investigación: DISEÑO DE OBRAS HIDRÁULICAS Y SANEAMIENTO		Plano: PLANO DE PLANTA Y PERFIL DE SIST. DE GOTEO	
NOMBRE: AAFAR - MMHA		FECHA: JUNIO-2021	AREA: 1 Hectarea
DISEÑADO: AAFAR - MMHA	JUNIO-2021	Lima - Perú	ESCALA: 1/500
REVISADO: DCR	JUNIO-2021	No. DE PLANO:	REV. :
APROBADO: DCR	JUNIO-2021	01	

AREA DE ESTUDIO

SIMBOLOGIA

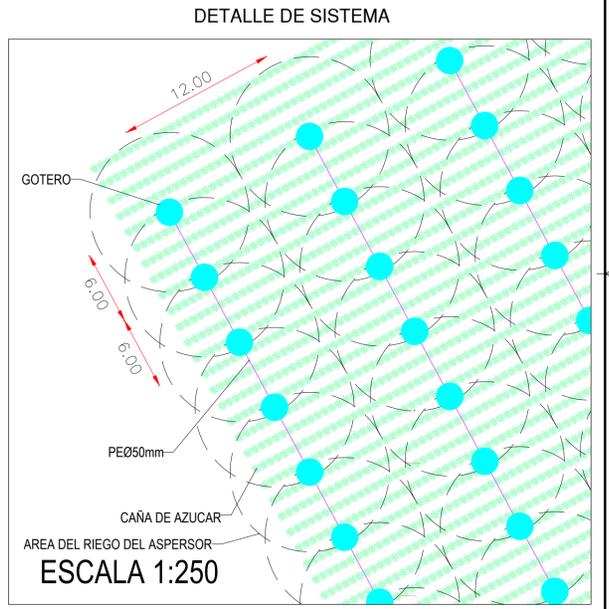
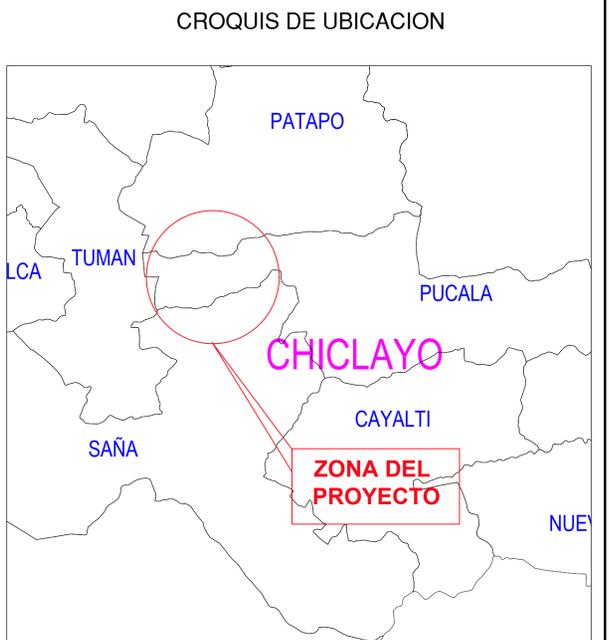
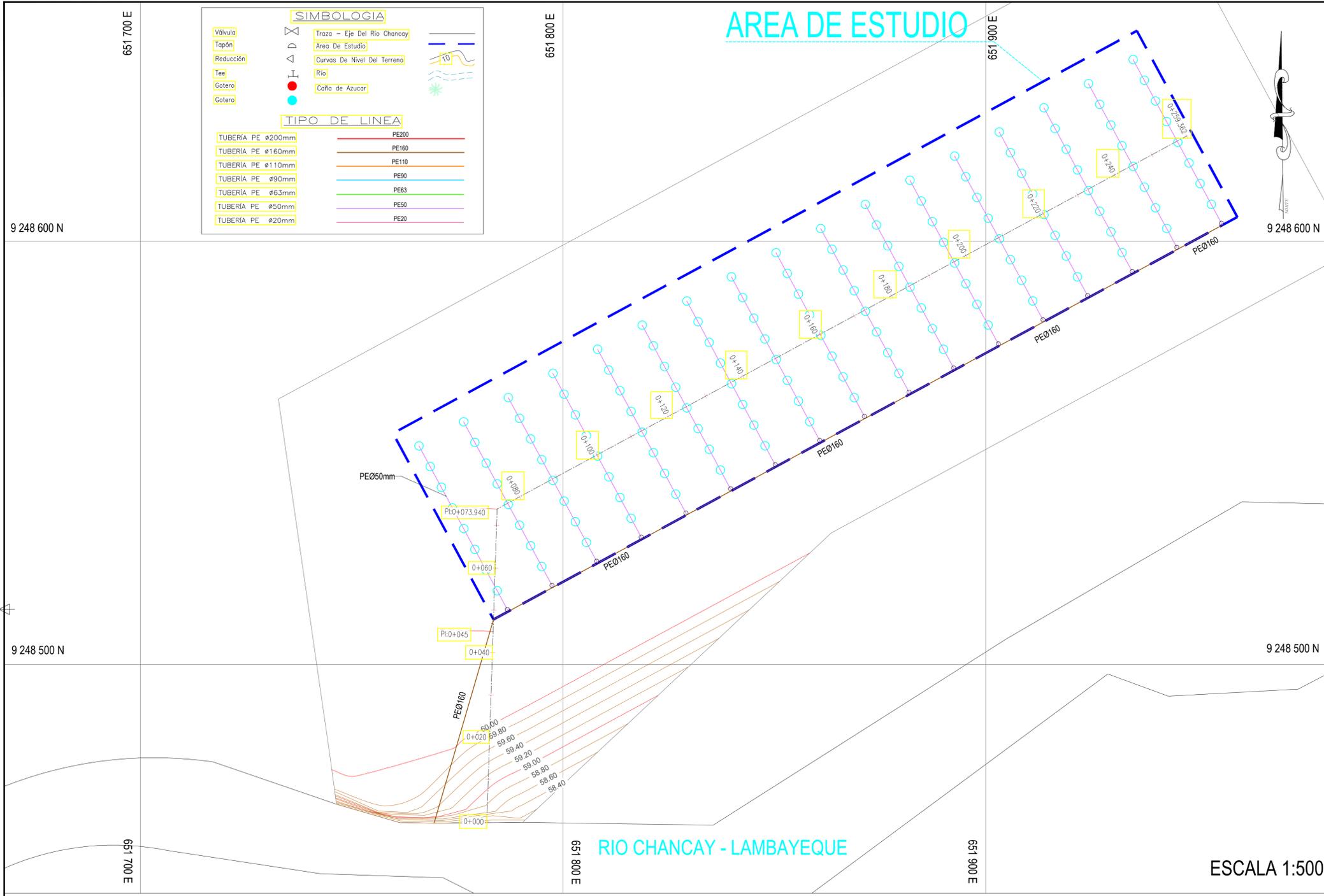
- Válvula
- Tapón
- Reducción
- Tee
- Gotero
- Gotero

TIPO DE LINEA

- TUBERIA PE ø200mm
- TUBERIA PE ø160mm
- TUBERIA PE ø110mm
- TUBERIA PE ø90mm
- TUBERIA PE ø63mm
- TUBERIA PE ø50mm
- TUBERIA PE ø20mm

TIPO DE LINEA

- PE200
- PE160
- PE110
- PE90
- PE63
- PE50
- PE20

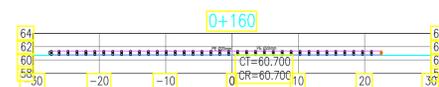
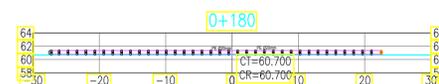
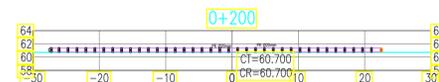
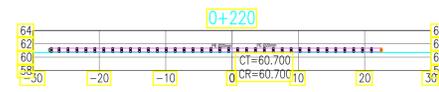
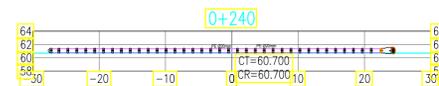
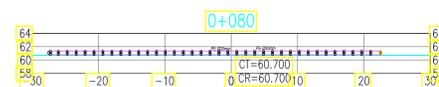
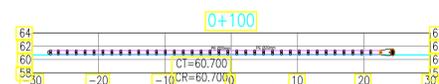
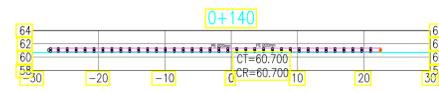
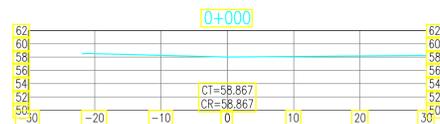
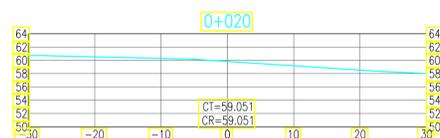
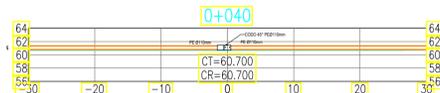


PERFIL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO ESCALA 1:500



Diana Karina Cayo Rivas
INGENIERO CIVIL
C.P. 122261

FACULTAD: FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUOLA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL INGENIERIA CIVIL		UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	
TESIS: ANÁLISIS COMPARATIVO DE SISTEMAS DE RIEGO POR ASPERSION Y POR GOTEO, DISTRITO DE PUCALÁ, CHICLAYO, 2021.			
AUTORES: ARRASCUE RAMOS, ANGEL ALBERTO FERNANDO HUAMAN ACEVEDO, MILAGROS MELANY		ASESOR: MSC. ING. PACCHA RUFASTO, CESAR AUGUSTO	
Linea de investigación: DISEÑO DE OBRAS HIDRÁULICAS Y SANEAMIENTO		Plano: PLANO DE PLANTA Y PERFIL DE SIST. DE ASPERSION	
DISENADO: AAFAR - MMHA	FECHA: JUNIO-2021	AREA: 1 HECTAREA	ESCALA: 1/500
DIBUJADO: AAFAR - MMHA	FECHA: JUNIO-2021	No. DE PLANO:	REV. :
REVISADO: DCR	JUNIO-2021	02	
APROBADO: DCR	JUNIO-2021		



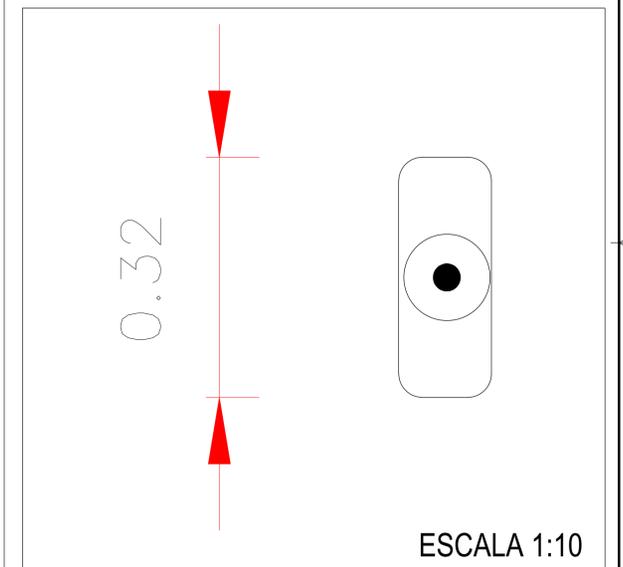
ESCALA 1:500



CROQUIS DE UBICACION



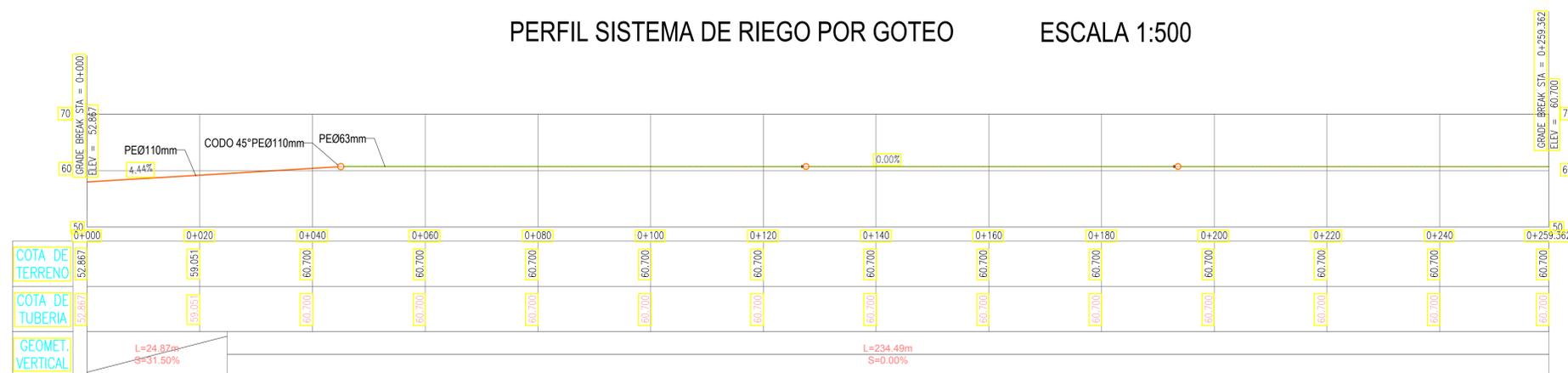
DETALLE DE SISTEMA



ESCALA 1:10

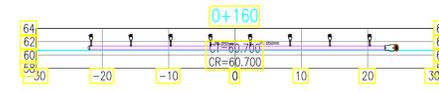
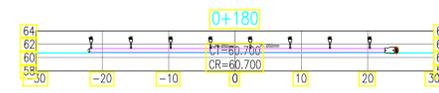
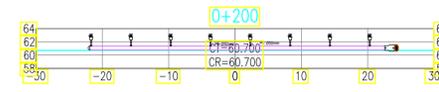
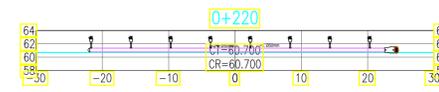
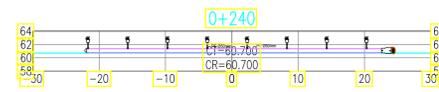
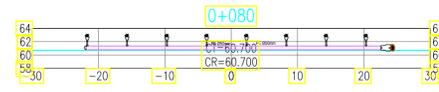
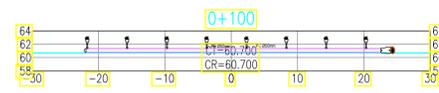
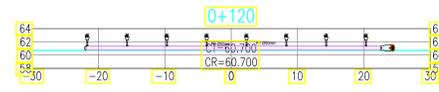
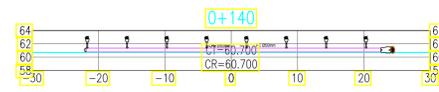
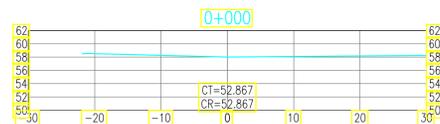
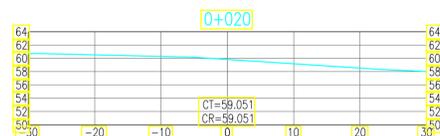
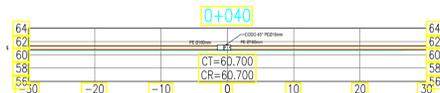
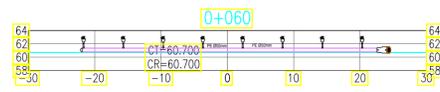
PERFIL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO

ESCALA 1:500



Diana Karina Cayo Rivas
INGENIERO CIVIL
C.P. 122261

FACULTAD: FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL INGENIERÍA CIVIL			
TESIS: ANÁLISIS COMPARATIVO DE SISTEMAS DE RIEGO POR ASPERSIÓN Y POR GOTEO, DISTRITO DE PUCALÁ, CHICLAYO, 2021.		ASesor: MSC. ING. PACCHA RUFASTO, CESAR AUGUSTO	
AUTORES: ARRASCUE RAMOS, ANGEL ALBERTO FERNANDO HUAMAN ACEVEDO, MILAGROS MELANY		Plano: PLANO DE PERFIL DE SISTEMA DE GOTEO	
Línea de investigación: DISEÑO DE OBRAS HIDRÁULICAS Y SANEAMIENTO		No. DE PLANO: 03	
DISEÑADO:	AA FAR - MMHA	FECHA:	JUNIO-2021
DIBUJADO:	AA FAR - MMHA	FECHA:	JUNIO-2021
REVISADO:	DCR	FECHA:	JUNIO-2021
APROBADO:	DCR	FECHA:	JUNIO-2021
AREA: 1 HECTAREA		ESCALA:	1/500



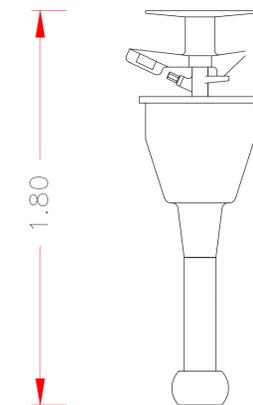
ESCALA 1:500



CROQUIS DE UBICACION



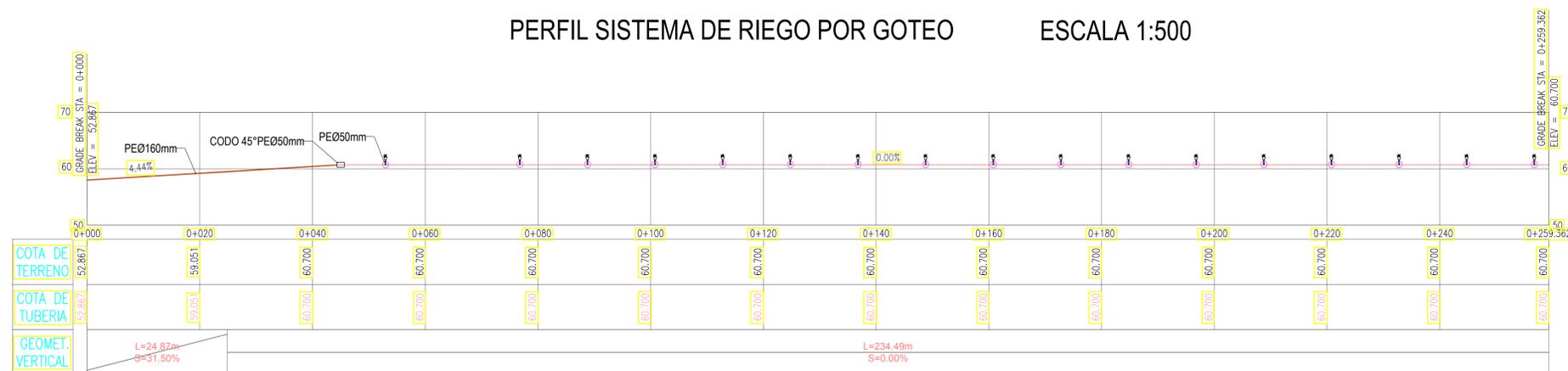
DETALLE DEL ASPERSOR



ESCALA 1:15

PERFIL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO

ESCALA 1:500



Diana Karina Cayo Rivas
INGENIERO CIVIL
/O.P. 122261

FACULTAD: FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
INGENIERIA CIVIL

TESIS: ANÁLISIS COMPARATIVO DE SISTEMAS DE RIEGO
POR ASPERSION Y POR GOTEO, DISTRITO DE
PUCALÁ, CHICLAYO, 2021.

AUTORES:
ARRASQUE RAMOS, ANGEL ALBERTO FERNANDO
HUAMAN ACEVEDO, MILAGROS MELANY

Línea de investigación:
DISEÑO DE OBRAS HIDRÁULICAS Y SANEAMIENTO

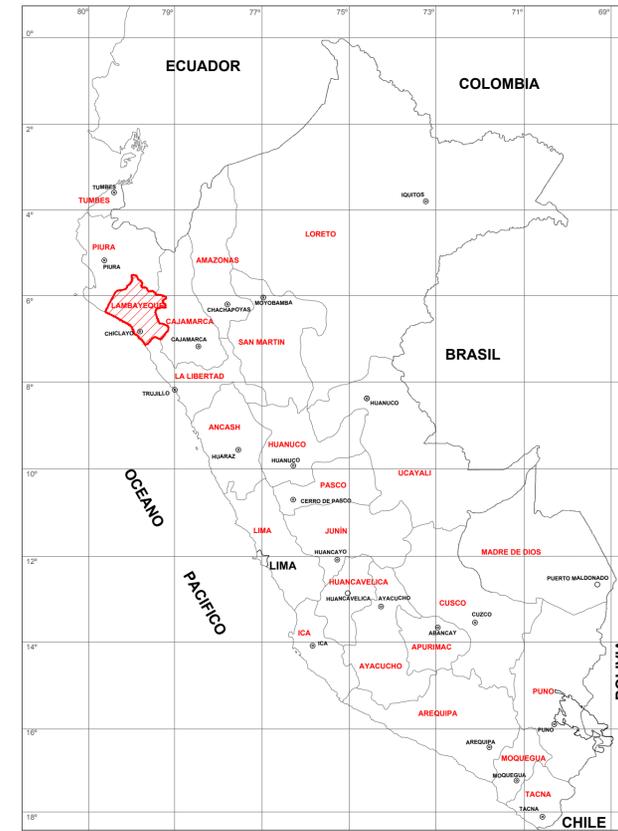


ASESOR:
MSC. ING. PACCHA RUFASTO, CESAR AUGUSTO

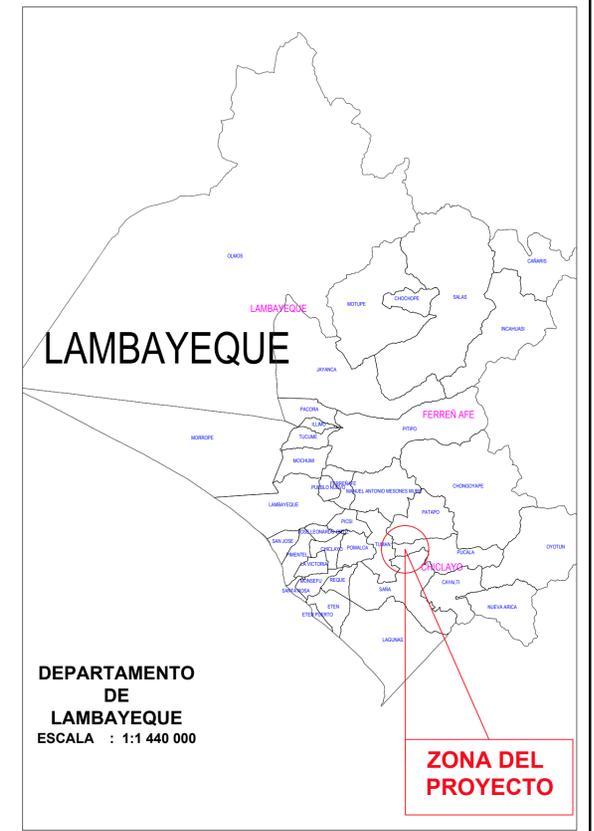
DISENADO:	AAFAR - MMHA	JUNIO-2021	AREA:	1 HECTAREA	ESCALA:	1/500	REV.:	
DIBUJADO:	AAFAR - MMHA	JUNIO-2021	No. DE PLANO:					
REVISADO:	DCR	JUNIO-2021						
APROBADO:	DCR	JUNIO-2021						



LATITUD Y LONGITUD



CROQUIS DE UBICACION



SIMBOLOGIA

Válvula	Trazo - Eje Del Río Chancay
Tapón	Area De Estudio
Reducción	Curvas De Nivel Del Terreno
Tee	Río
Gotero	Caña de Azúcar
Gotero	

TIPO DE LINEA

TUBERIA PE #200mm	PE200
TUBERIA PE #160mm	PE160
TUBERIA PE #110mm	PE110
TUBERIA PE #90mm	PE90
TUBERIA PE #63mm	PE63
TUBERIA PE #32mm	PE32
TUBERIA PE #16mm	PE16

CUADRO DE DATOS

ITEM	DATOS
PAIS	PERÚ
REGIÓN	LAMBAYEQUE
PROVINCIA	CHICLAYO
DISTRITO	PUCALÁ
LATITUD	06°46'48" S
LONGITUD	79°36'44" O
AREA	177 000 KM2

Diana Karina Cayo Rivas
INGENIERO CIVIL
C.P. 122261

FACULTAD: FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
INGENIERÍA CIVIL

UCV
UNIVERSIDAD
CÉSAR VALLEJO

TESIS: ANÁLISIS COMPARATIVO DE SISTEMAS DE RIEGO POR ASPERSIÓN Y POR GOTEO, DISTRITO DE PUCALÁ, CHICLAYO, 2021.

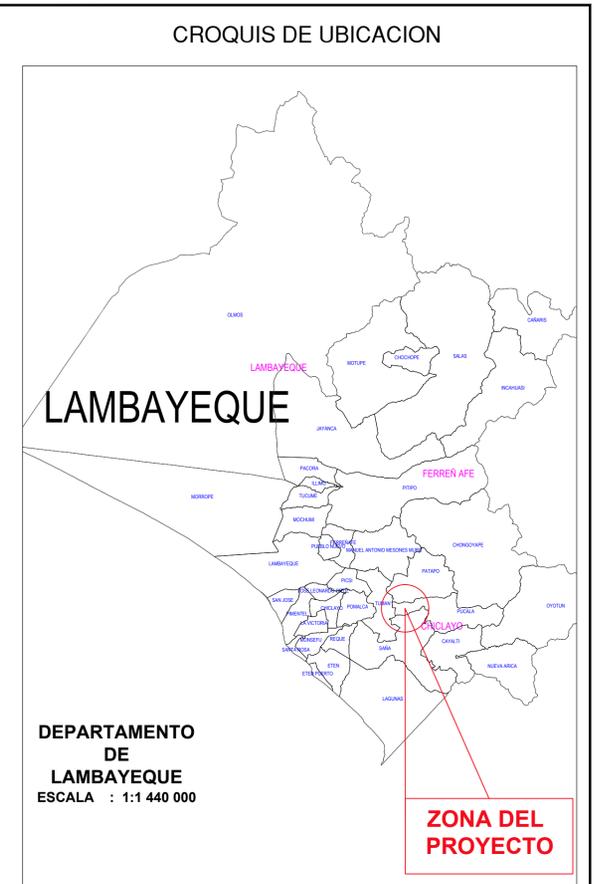
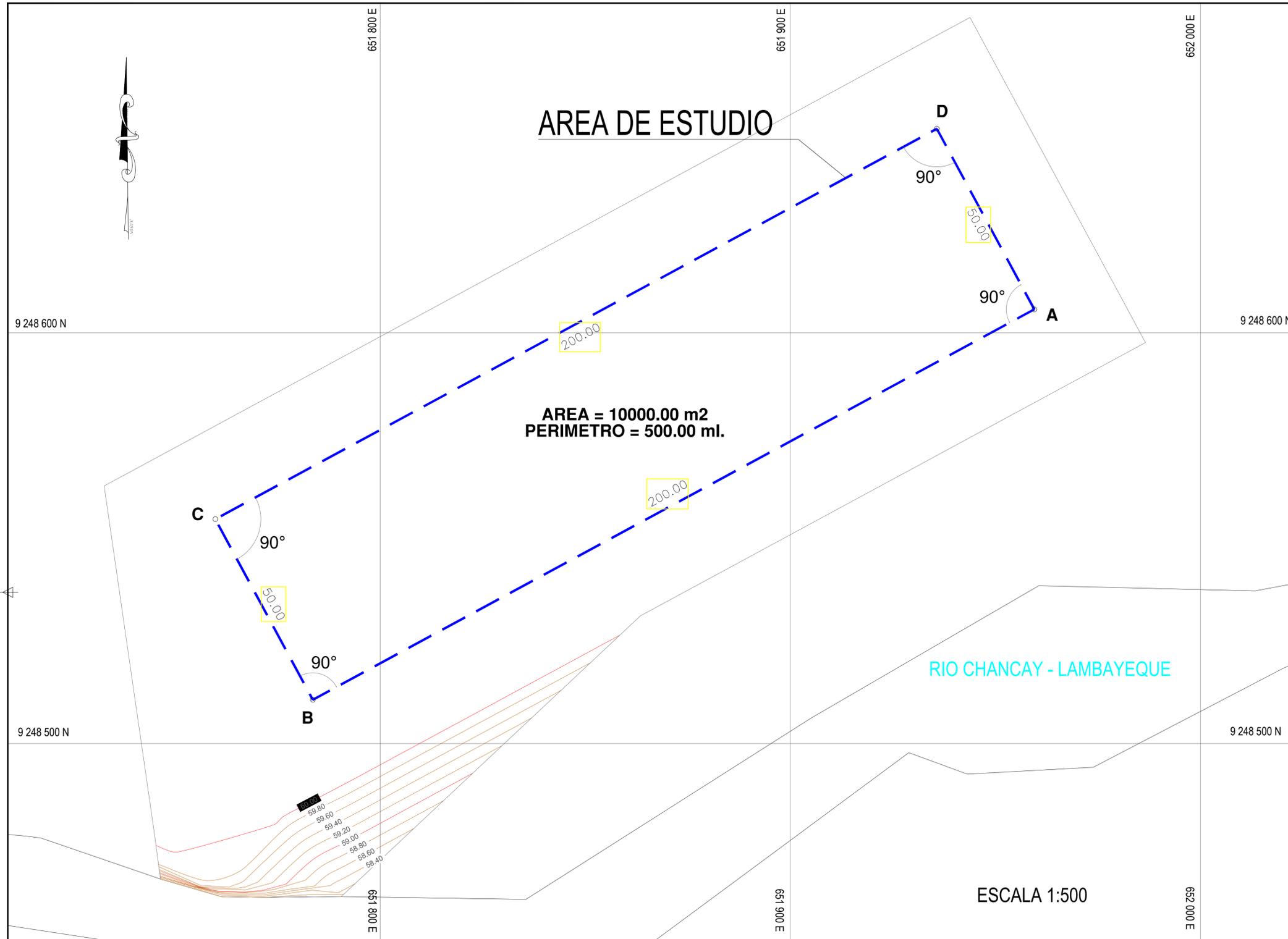
AUTORES: ARRASCUE RAMOS, ANGEL ALBERTO FERNANDO
HUAMAN ACEVEDO, MILAGROS MELANY

ASESOR: MSC. ING. PACCHA RUFASTO, CESAR AUGUSTO

Línea de investigación: DISEÑO DE OBRAS HIDRÁULICAS Y SANEAMIENTO

Plano: PLANO DE UBICACION

DISEÑADO:	AAFAR - MMHA	FECHA:	JUNIO-2021	AREA:	1 HECTAREA	ESCALA:	1/500	REV.:	
DIBUJADO:	AAFAR - MMHA	FECHA:	JUNIO-2021						
REVISADO:	DCR	FECHA:	JUNIO-2021	No. DE PLANO:	05				
APROBADO:	DCR	FECHA:	JUNIO-2021						



CUADRO DE DATOS	
ITEM	DATOS
PAÍS	PERÚ
REGIÓN	LAMBAYEQUE
PROVINCIA	CHICLAYO
DISTRITO	PUCALÁ
LATITUD	06°46'48" S
LONGITUD	79°36'44" O
AREA	177 000 KM2

ESCALA 1:500

SIMBOLOGIA	
Wálvula	Traza - Eje Del Río Chancay
Topón	Area De Estudio
Reducción	Curvas De Nivel Del Terreno
Tee	Río
Gotera	Caña de Azúcar
Gotera	

TIPO DE LINEA	
TUBERIA PE ø200mm	PE200
TUBERIA PE ø160mm	PE160
TUBERIA PE ø110mm	PE110
TUBERIA PE ø90mm	PE90
TUBERIA PE ø63mm	PE63
TUBERIA PE ø32mm	PE32
TUBERIA PE ø20mm	PE16

CUADRO DE DATOS TECNICOS					
VERTICE	LADO	DISTANCIA	ANG. INTERNO	ESTE (X)	NORTE (Y)
A	A-B	200.00	90°0'0"	651959.4859	9248605.7400
B	B-C	50.00	90°0'0"	651783.5365	9248510.6516
C	C-D	200.00	90°0'0"	651759.7644	9248554.6389
D	D-A	50.00	90°0'0"	651935.7138	9248649.7273
TOTAL		500.00	360°0'0"		

SUMA DE ÁNGULOS (REAL) = 360°00'00"
 ERROR ACUMULADO = 00°00'00"

Diana Karina Cayo Rivas
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 122261

FIRMA DEL INGENIERO

FACULTAD: FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL INGENIERÍA CIVIL				
TESIS: ANÁLISIS COMPARATIVO DE SISTEMAS DE RIEGO POR ASPERSIÓN Y POR GOTEO, DISTRITO DE PUCALÁ, CHICLAYO, 2021.				
AUTORES: ARRASCUE RAMOS, ANGEL ALBERTO FERNANDO HUAMAN ACEVEDO, MILAGROS MELANY		ASESOR: MSC. ING. PACCHA RUFASTO, CESAR AUGUSTO		
Linea de investigación: DISEÑO DE OBRAS HIDRÁULICAS Y SANEAMIENTO		Plano: PLANO DE TOPOGRAFICO		
NOMBRE:	FECHA:	AREA:	1 HECTAREA	
DISEÑADO: AAFAR - MMHA	JUNIO-2021	2021	ESCALA: 1/500	
DIBUJADO: AAFAR - MMHA	JUNIO-2021		REV. :	
REVISADO: DCR	JUNIO-2021	No. DE PLANO:		
APROBADO: DCR	JUNIO-2021	06		