

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UPLA
UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

TESIS:

**“SISTEMA DE RIEGO Y LA OPTIMIZACIÓN DEL
AGUA EN EL DISTRITO DE YAUYOS – JAUJA”**

PRESENTADO POR:

Bach. Ayuque Paucar, Jhon Angel

ASESOR:

Mg. Yina Ninahuanca Zavala

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Salud y Gestión de la Salud

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

HUANCAYO - PERÚ

2024

HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADO

Dr. TAPIA SILGUERA, RUBEN DARIO
PRESIDENTE

MTRO. MAITA PEREZ, MANUEL IVAN
JURADO

MTRO. GONZALES ROJAS, CARLOS ALBERTO
JURADO

MTRO. JESUS SEDANO, CARLOS ALBERTO
JURADO

Mg. UNTIVEROS PEÑALOZA, LEONEL
SECRETARIO DOCENTE

DEDICATORIA

A la entidad divina, por acompañarme en cada paso que doy, dándome fortaleza y sagacidad. A mis guardianes, que han fomentado mi bienestar y mi aprendizaje, y han sido mis pilares de apoyo y motivación para progresar.

El autor

AGRADECIMIENTO

A los educadores de la Universidad Peruana Los Andes que impartieron instrucción de alta calidad con el propósito de preparar profesionales sobresalientes.

Bach. Ayuque Paucar, Jhon Angel

CONSTANCIA DE SIMILITUD

N ° 0288 - FI -2024

La Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones, hace constar mediante la presente, que la Tesis; titulada:

SISTEMA DE RIEGO Y LA OPTIMIZACIÓN DEL AGUA EN EL DISTRITO DE YAUYOS - JAUJA

Con la siguiente información:

Con Autor(es) : Bach. AYUQUE PAUCAR JHON ANGEL

Facultad : INGENIERÍA

Escuela Académica : INGENIERÍA CIVIL

Asesor(a) : Mg. YINA NINAHUANCA ZAVALA

Fue analizado con fecha 19/08/2024; con 96 págs.; con el software de prevención de plagio (Turnitin); y con la siguiente configuración:

Excluye Bibliografía.

X

Excluye citas.

X

Excluye Cadenas hasta 20 palabras.

X

Otro criterio (especificar)

--

El documento presenta un porcentaje de similitud de 22 %.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentajes establecidos en el artículo N°15 del Reglamento de uso de Software de Prevención de Plagio Versión 2.0. Se declara, que el trabajo de investigación: *Si contiene un porcentaje aceptable de similitud.*

Observaciones:

En señal de conformidad y verificación se firma y sella la presente constancia.

Huancayo, 19 de Agosto del 2024.



MTRA. LIZET DORIELA MANTARI MINCAMI
JEFA

Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones

CONTENIDO

HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADO	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
CONSTANCIA DE SIMILITUD	V
CONTENIDO	VI
CONTENIDO DE TABLAS	VIII
CONTENIDO DE FIGURAS	IX
RESUMEN	X
ABSTRACT	XI
INTRODUCCION	XII
CAPÍTULO I	13
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.1 Descripción de la realidad problemática	13
1.3 Formulación del problema	15
1.3.1 Problema General	15
1.3.2 Problema(s) Específico(s)	15
1.4 Justificación	15
1.4.1 Social	15
1.4.2 Teórica	16
1.4.3 Metodológica	17
1.5 Objetivos	17
1.5.1 Objetivo General	17
1.5.2 Objetivo(s) Específico(s)	17
CAPÍTULO II	18
MARCO TEÓRICO	18
2.1 Antecedentes (nacionales e internacionales)	18
2.2 Bases Teóricas o Científicas	25
2.2.1 Sistema de riego	25
2.2.2 Optimización del recurso hídrico	27
2.3 Marco Conceptual	29

CAPÍTULO III	33
HIPÓTESIS	33
3.1 Hipótesis General	33
3.2 Hipótesis Específica(s)	33
3.3 Variables	33
3.3.1 Definición conceptual de las variables	33
3.3.2 Definición operacional de las variables	34
3.3.3 Operacionalización de las variables	34
CAPÍTULO IV	35
METODOLOGÍA	35
4.1 Método de Investigación	35
4.2 Tipo de Investigación	35
4.3 Nivel de Investigación	35
4.4 Diseño de la Investigación	36
4.5 Población y muestra	36
4.6 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos	37
4.7 Técnicas de procesamiento y análisis de datos	38
CAPÍTULO V	46
RESULTADOS	46
5.1 Descripción de resultados	46
CAPÍTULO VI	56
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	56
CONCLUSIONES	59
RECOMENDACIONES	60
ANEXOS	67

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1 Instrumentos de recolección de datos.....	38
Tabla 2 Temperatura máxima mensual	41
Tabla 3 Temperatura Mínima.....	42
Tabla 4 Humedad	42
Tabla 5 Precipitación mensual	43
Tabla 6 Valor del factor de fricción de Hazen- Williams según el tipo de material	45
Tabla 7 Coeficientes de cultivo.....	47
Tabla 8 Eficiencia de aplicación	47
Tabla 9 Demanda de agua sin proyecto.....	48
Tabla 10 Demanda de agua con proyecto.....	48
Tabla 11 Oferta hídrica del agua	49
Tabla 12 Balance hídrico sin proyecto	50
Tabla 13 Balance hídrico con proyecto	50
Tabla 14 Caudal promedio	51
Tabla 15 Datos para el diseño agronómico del sistema de riego por aspersión	51
Tabla 16 Caudal requerido	52
Tabla 17 Diseño Hidráulico de línea de conducción.....	52
Tabla 18 Matriz de consistencia Sistema de riesgo y la optimización del agua en el distrito de Yauyos - Jauja.....	68
Tabla 19 <i>Matriz de operacionalización de variables</i>	69
Tabla 20 Matriz de operacionalización de instrumentos	70

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1 Mapa de ubicación del Centro Poblado de Cuñas	39
Figura 2 Observación del cultivo de maíz y características del suelo.....	39
Figura 3 Levantamiento topográfico del Centro Poblado de Cuñas	40
Figura 4 Método volumétrico en el Centro Poblado de Cuñas	40
Figura 5 Velocidad del viento.....	43
Figura 6 Curva típica K_c	44
Figura 7 Curva de coeficiente de cultivo k_c	44
Figura 8 Procesamiento de datos en el software CropWat.....	46
Figura 9 Datos de la precipitación efectiva.....	47
Figura 10 Balance hídrico sin proyecto	50
Figura 11 Balance hídrico con proyecto	51
Figura 12 Diseño de la captación.....	53
Figura 13 Diseño de la Válvula de aire.....	53
Figura 14 Diseño de la válvula de purga.....	54
Figura 15 Diseño del reservorio.....	54

RESUMEN

Los problemas del sistema de riego y los problemas de optimización del agua se deben a una variedad de causas, incluida la escasez de agua, la distribución ineficiente del agua y las prácticas de gestión inadecuadas. La escasez de agua, que se ve afectada por las condiciones climáticas y los patrones climáticos locales, desempeña un papel crucial en la determinación de la disponibilidad de agua para el riego, como lo demuestran los desafíos a los que se enfrenta Indonesia para supervisar eficazmente sus sistemas de riego (Sukri et al. 2020). Por ello el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo principal el determinar la contribución de un sistema de riego tecnificado que permitirá la optimización del recurso hídrico en el centro poblado de Cuñas del distrito de Yauyos – Jauja. El estudio utilizó una forma básica de metodología hipotético-deductiva a nivel correlacional, con un diseño transversal no experimental. La investigación se llevó a cabo en el centro poblado de Cuñas, distrito de Yauyos, provincia de Jauja, región de Junín. La población objeto de estudio estuvo conformada por los residentes. El muestreo se realizó de forma no probabilística por conveniencia. El principal hallazgo del estudio fue la mejora del uso del agua al optar por un sistema de riego tecnificado, específicamente el método de rociado. Esta elección se tradujo en esfuerzos de conservación del agua y en una reducción del desperdicio de recursos, lo que se tradujo en una mejora del 75% en la eficiencia de la técnica de riego seleccionada.

Palabras clave: Sistema de Riego, Optimización de agua, agricultura.

ABSTRACT

Irrigation system problems and water optimization problems arise from a variety of causes, including water scarcity, inefficient water distribution, and poor management practices. Water scarcity, which is affected by local weather conditions and weather patterns, plays a crucial role in determining the availability of water for irrigation, as demonstrated by the challenges Indonesia faces in effectively monitoring its irrigation systems (Sukri et al. , 2020). Therefore, the main objective of this research was to determine the irrigation system that will allow the optimization of water resources in the Yauyos – Jauja district. The study used a basic form of hypothetico-deductive methodology at a correlational level, with a non-experimental cross-sectional design. The research was carried out in the city of Cuñas, Yauyos district, Jauja province, Junín region. The population under study was made up of city residents. Sampling was carried out in a non-probabilistic way for convenience. The main finding of the study was the improvement in water use by opting for a technical irrigation system, specifically the spray method. This choice resulted in water conservation efforts and a reduction in resource waste, resulting in a 75% improvement in the efficiency of the selected irrigation technique.

Keywords: Irrigation System, Water Optimization, agriculture.

INTRODUCCION

El presente trabajo se titula “Sistema de riego y la optimización del agua en el distrito de Yauyos – Jauja”. El problema global de las ineficiencias de los sistemas de riego y la optimización del agua es multifacético y se debe a varias causas interrelacionadas. Un problema principal es el aumento de la población mundial, que requiere un impulso significativo en la producción de alimentos, lo que aumenta la demanda de recursos hídricos (Schütze et al. 2006). Esto se ve agravado por el cambio climático y los patrones climáticos variables, que afectan a la disponibilidad y distribución del agua, como ocurre en países como Indonesia, donde la escasez de agua es un desafío persistente (Sukri et al. 2020).

Los habitantes del Centro Poblado de Cuñas distrito de Yauyos – Jauja enfrentan numerosos problemas debido a la escasez de recursos hídricos. Estos problemas incluyen la falta de agua, la baja captación natural de agua en el subsuelo, estos problemas afectan a siembra de los cultivos ya que esta es su actividad económica principal por ellos es importante realizar un sistema de riego tecnificado de acuerdo a las condiciones del terreno y considerando las necesidades de los pobladores así poder optimizar el uso del agua para la siembra de los cultivos. En respuesta, se han propuesto nuevas alternativas de riego tecnificado para mejorar la calidad agrícola en la Centro Poblado de Cuñas por ello se realizó el cálculo de caudal mediante el método volumétrico, se realizó un diseño agronómico considerando las características del terreno y del cultivo, se realizó procesamientos de los datos obtenidos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (Senamhi) para calcular la evapotranspiración del área de estudio y se realizó un diseño hidráulico de acuerdo a la topografía del terreno y al caudal obtenido.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

La escasez de agua en los sistemas de riego es el resultado de varios factores globales, como el cambio climático, las restricciones económicas y la gestión ineficaz del agua, y el cambio climático agrava la situación a través de fenómenos meteorológicos extremos más frecuentes y períodos de sequía prolongados (Taft 2015). La desigual distribución mundial del agua dulce hace que regiones como el África subsahariana, Europa del Este y Asia Central se enfrenten a una escasez de agua para uso agrícola debido a la limitada capacidad institucional y económica, más que a las restricciones hidrológicas (Rosa et al. 2020) La escasez económica de agua afecta a aproximadamente el 25% de las tierras agrícolas mundiales, además, la utilización de aguas residuales no tratadas para el riego de los cultivos, es una práctica común en varias regiones del mundo, presenta notables riesgos para la salud derivados de la contaminación del suelo causada por patógenos, metales pesados y sales excedentes, y afecta al 10% de la población mundial que depende del consumo de los productos de este tipo de cultivo (Ungureanu, Vlăduț y Voicu 2020)

La escasez de agua afecta a los sistemas de riego a nivel mundial y afecta al comercio, la economía, la seguridad alimentaria y la sostenibilidad. Los déficits de riego previstos relacionados con la escasez de agua pueden llevar a una reducción de la producción en ciertas regiones, pero podrían impulsar la producción agrícola en el África subsahariana y remodelar la geografía del comercio mundial. Para 2030, esto podría resultar en una pérdida de 3 700 millones de dólares en el bienestar mundial (Liu et al. 2013). La adopción de políticas para abordar las prácticas de riego insostenibles puede aumentar involuntariamente los precios de los alimentos, ampliar las tierras de cultivo, empeorar la inseguridad alimentaria y aumentar las emisiones de carbono, lo que podría provocar que

más de 800 000 personas más estén desnutridas para 2050 (Liu et al. 2017). La práctica de utilizar aguas residuales no tratadas para el riego para hacer frente a la escasez de agua presenta riesgos para la salud debido a los patógenos y los metales pesados del suelo, que afectan al 10% de la población mundial y requieren inversiones en el tratamiento de las aguas residuales para reducir los riesgos (Ungureanu et al., 2020).

La escasez de agua en los sistemas de riego en el Perú es un problema multifacético influenciado por varios factores interrelacionados. Una de las causas principales es el importante crecimiento de las exportaciones agrícolas, que ha aumentado la demanda de agua en regiones como la cuenca del río Ica, exacerbado por el crecimiento de la población y los efectos del cambio climático (Muñoz 2015) Además, las prácticas tradicionales de gestión del agua y de cultivos requieren mucha agua, lo cual, contribuye a los déficits hídricos, como se vio en el proyecto de riego de Majes, en el que las necesidades de agua agrícolas y urbanas no se gestionan adecuadamente (Zapana Churata 2018) La escasez de agua en Perú tiene efectos profundos en sus sistemas de riego, lo que afecta significativamente la productividad y la sostenibilidad agrícolas. En regiones como Arequipa y Caylloma, donde la precipitación anual es inferior a 100 mm, la falta de electricidad en la mayoría de los campos agrícolas complica aún más los esfuerzos de riego, por lo que es necesario desarrollar sistemas de riego inteligentes que optimicen el uso del agua mediante tecnologías como el riego por goteo y las redes de sensores (Guevara et al., 2020). Por otra parte, la cuenca del río Ica enfrenta una grave escasez de agua exacerbada por el crecimiento de las exportaciones agrícolas, el aumento de la población y el cambio climático, y las políticas públicas que promueven la inversión privada en la agricultura contribuyen al agotamiento de los acuíferos y a la restricción de nuevos pozos de agua (Muñoz 2015)

El problema general de la escasez de agua no es solo un fenómeno natural, sino que está profundamente entrelazado con factores sociales, incluidas las decisiones políticas y de gobernanza, que complican la gestión y la distribución equitativa de los recursos hídricos (Ioris 2012)

En el distrito de Yauyos, ubicado en la provincia de Jauja, la situación es representativa de los desafíos enfrentados por muchas comunidades rurales en la sierra peruana. La

agricultura es la principal actividad económica y depende en gran medida del riego para la producción de cultivos. Sin embargo, la infraestructura de riego existente es obsoleta y poco eficiente, resultando en un uso ineficaz del agua disponible. Los agricultores enfrentan problemas como la pérdida de agua debido a la filtración en canales no revestidos y la falta de tecnología adecuada para una distribución equitativa del recurso. Además, el acceso limitado a fuentes de agua confiables durante la temporada seca agrava la situación, afectando la productividad agrícola y la seguridad alimentaria de la comunidad. Implementar sistemas de riego modernos y optimizados es esencial para mejorar la eficiencia en el uso del agua, aumentar la productividad agrícola y garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico en el distrito de Yauyos.

1.2 Delimitación del problema

Delimitación espacial

El estudio delimita espacialmente a la región Junín, provincia de Jauja, distrito de Yauyos, Centro Poblado de Cuñas.

Delimitación temporal

El estudio se delimita temporalmente al año 2023; en el periodo de marzo a junio.

1.3 Formulación del problema

1.3.1 Problema General

¿Cómo contribuirá un sistema de riego tecnificado para la optimización del recurso hídrico en el distrito de Cuñas - Yauyos - Jauja?

1.3.2 Problema(s) Específico(s)

a) ¿Cuál es la demanda de agua que empleara para el sistema de riego tecnificado en el distrito de Cuñas - Yauyos - Jauja?

b) ¿Cuál es la influencia del diseño hidráulico en la optimización del agua en el distrito de Cuñas - Yauyos - Jauja?

1.4 Justificación

1.4.1 Social

La justificación social para estudiar los sistemas de riego y la optimización del agua es multifacética y aborda cuestiones críticas como la seguridad alimentaria, la estabilidad económica y el alivio de la pobreza. Los sistemas de riego desempeñan un papel

fundamental en la mejora de la productividad agrícola, que es esencial para alimentar a una población mundial en crecimiento en medio de la creciente competencia por los recursos hídricos por parte de los sectores industrial y doméstico (Shinogi 2002)

Los beneficios económicos de un riego optimizado van más allá de los hogares agrícolas, ya que contribuyen al desarrollo rural al crear oportunidades de empleo y mejorar los medios de vida, lo que puede reducir gradualmente la desigualdad de ingresos y fomentar el crecimiento económico en las zonas rurales (Sharma, Varma y Joshi 2008)

En general, la justificación social para estudiar los sistemas de riego y la optimización del agua radica en su potencial para abordar los desafíos críticos relacionados con la seguridad alimentaria, la estabilidad económica y la distribución equitativa de los recursos, contribuyendo en última instancia al bienestar y el desarrollo de las comunidades rurales a nivel mundial. Por ello los resultados de la investigación proporcionara una alternativa que solucione la escases de agua y beneficiarán al centro poblado de Cuñas, distrito de Yauyos ya que un diseño de sistema de riego tecnificado, abastecerá la cantidad necesaria para la agricultura con la que se mejorará la obtención de mayor producción y mejor calidad de productos. el diseño a utilizar nos ayudara a definir en las próximas zonas donde aplicarlas que cuenten con el mismo problema.

1.4.2 Teórica

La justificación teórica para estudiar los sistemas de riego y la optimización del agua se basa en la necesidad crítica de equilibrar la disponibilidad de agua con las demandas agrícolas, especialmente ante el cambio climático y la creciente escasez de agua. El riego es un sistema dinámico influenciado por diversos factores ambientales y socioeconómicos, que requiere un enfoque optimizado de la asignación del agua para garantizar la sostenibilidad y la eficiencia (Asmelita et al., 2022).

Por lo que el desarrollo del presente protocolo de investigación y su posterior aplicación en la tesis con la propuesta de sugerencias y conclusiones respectivas, resolverá de una u otra manera la problemática encontrada en la unidad de análisis. Asimismo, la información recopilada y procesada servirá de sustento para esta y otras investigaciones similares, ya que enriquecerá el marco teórico y/o cuerpo de conocimientos que existe sobre el tema en mención.

1.4.3 Metodológica

La justificación metodológica para estudiar los sistemas de riego y la optimización del agua es multifacética y aborda tanto la naturaleza dinámica de la gestión de los recursos hídricos como la necesidad de prácticas sostenibles. La complejidad de los sistemas de riego, influenciados por las condiciones ambientales, las diversas partes interesadas y los diferentes contextos administrativos y culturales, requiere un enfoque de sistemas dinámicos para optimizar la asignación del agua de manera eficiente y equitativa (Asmelita et al. 2022)

El presente estudio busca evaluar el impacto de los sistemas de riego tecnificados en la optimización del uso del agua en el distrito de Yauyos - Jauja. Para lograr este objetivo, se ha seleccionado un enfoque metodológico mixto que combina métodos cualitativos y cuantitativos. Esta elección se fundamenta en la necesidad de obtener una comprensión integral y detallada del fenómeno, abarcando tanto las mediciones objetivas como las percepciones y experiencias de los actores involucrados.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Determinar el sistema de riego tecnificado que permitirá la optimización del recurso hídrico en el Centro Poblado de Cuñas - Yauyos - Jauja.

1.5.2 Objetivo(s) Específico(s)

- a) Determinar la demanda de agua que se emplea actualmente en el sistema de riego tecnificado en el Centro Poblado de Cuñas - Yauyos - Jauja.
- b) Calcular el diseño hidráulico para la optimización del agua en el Centro Poblado de Cuñas - Yauyos - Jauja.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes (nacionales e internacionales)

Antecedentes nacionales

(Cayllahua Boza 2022), en su investigación titulada “Diseño de riego tecnificado en la optimización del recurso hídrico de Sapallanga – Huancayo”, el cual tuvo como objetivo principal desarrollar un sistema de riego tecnológicamente avanzado en Sapallanga, Huancayo, destinado a mejorar la eficiencia del uso del agua en las áreas agrícolas. Este estudio pertenece a la categoría de investigación aplicada, ya que su objetivo es implementar el conocimiento teórico en contextos específicos para lograr resultados prácticos. También se considera un estudio explicativo, ya que estableció relaciones de causa y efecto en el desarrollo de un sistema tecnificado de riego por aspersión que mejoró notablemente la gestión del agua en la región. La investigación empleó un diseño cuasiexperimental, con una población de 27 hectáreas de tierras agrícolas en el centro de la ciudad de Huayllaspanca, Sapallanga, Huancayo. Para el estudio se seleccionó una muestra representativa de 20 hectáreas. Para la recopilación de datos se utilizaron diversas técnicas, como encuestas, hojas de observación, diseño agronómico e hidráulico, análisis de suelos y aguas y estudios topográficos. El análisis de datos incluyó métodos cuantitativos utilizando software especializado y estadísticas descriptivas. Los resultados de la investigación revelaron que la implementación de un sistema tecnificado de riego por aspersión permitió una optimización del 70% de los recursos hídricos en Sapallanga-Huancayo. Estos resultados no solo mejoran la eficiencia del agua en la agricultura, sino que también contribuyen al conocimiento existente en el campo. Además, los conocimientos adquiridos en este estudio se pueden aplicar a futuras iniciativas de investigación centradas en la optimización de los recursos hídricos en entornos agrícolas, proporcionando una base sólida para estudios posteriores y aplicaciones prácticas en contextos similares.

(Vilca Callata 2019), en su investigación titulada “Diseño hidráulico y optimización de recurso hídrico con fines de riego a presión en la comunidad de

Ancara – distrito de Umachiri – Melgar – Puno”, el cual tuvo como objetivo principal determinar los cálculos hidráulicos y el diseño de un sistema de riego a presión en la comunidad de Ancara para mejorar la utilización de los recursos hídricos disponibles. Los cálculos del diseño agronómico se realizaron para evaluar la demanda y el equilibrio del agua, basándose en una disponibilidad de agua de 17 litros por segundo. El enfoque consistió en el diseño agronómico e hidráulico del sistema de riego, incluida la creación de un certificado de cultivo para el cultivo de alfalfa durante varios meses utilizando coeficientes de Kc específicos. La precipitación efectiva se evaluó mediante la ecuación de Weibull para determinar la frecuencia de las lluvias. El estudio se centró en la comunidad de Ancara en Umachiri, Melgar, Puno, con una superficie de 40 hectáreas para el diseño del sistema de riego a presión. Se consideraron varios diámetros y longitudes de tubería para la red de distribución primaria y las líneas laterales, además de determinar la cantidad de rociadores y módulos de riego. Se utilizaron cálculos hidráulicos y agronómicos específicos para analizar la demanda de agua, la presión del sistema, las especificaciones de las tuberías, la frecuencia de riego, la duración de la aplicación y otros parámetros relevantes cruciales para el diseño del sistema de riego a presión. Los resultados revelaron una demanda de agua de 16,92 L/s para el área de 40,00 ha, junto con cálculos hidráulicos que determinan la presión máxima y mínima del sistema, los diámetros y longitudes recomendados de las tuberías, la frecuencia de riego, la duración de la aplicación, la cantidad de rociadores y módulos de riego, y otros parámetros esenciales para el diseño del sistema de riego a presión en la comunidad de Ancara.

(Puicon Huaman y Salazar Delgado 2023), en su investigación titulada **“Optimización del actual sistema de riego por goteo en 11 hectáreas de mango Kenf en el caserío Médano del distrito de Olmos”**, el cual tuvo como objetivo principal era mejorar la eficiencia del sistema de riego por goteo que cubre 11 hectáreas de árboles de mango Kent en la aldea de Médano, en el distrito de Olmos. La metodología adoptada consistió en realizar un análisis químico del agua procedente del pozo tubular de la propiedad del INIA, lo que permitió clasificarlo como C3-S1 según las normas de Riverside. La evaluación de la salinidad del agua y su idoneidad para el riego tecnificado se llevó a cabo en suelos bien drenados. Además, se calculó la relación de absorción de sodio (RAS) para garantizar que el agua no afectara negativamente a la estructura del suelo.

La investigación se centró en las 11 hectáreas de mango Kent en la aldea de Médano, en el distrito de Olmos. El estudio abarcó muestras de agua del pozo tubular de la finca INIA, muestras de suelo del área de estudio y datos meteorológicos específicos de la región. Se utilizaron varias fuentes de datos para el análisis, incluidas las evaluaciones de la química del agua, las investigaciones del suelo, las mediciones del caudal de los pozos tubulares y la recopilación de datos meteorológicos. Se emplearon análisis estadísticos y técnicas para evaluar la calidad del agua de riego a fin de determinar la viabilidad de implementar un sistema de riego por goteo en las 11 hectáreas de mango de Kent. Los resultados indicaron que el agua era apta para el riego en suelos bien drenados, que el pozo tubular tenía un caudal de 20 l/s adecuado para regar las 11 hectáreas de mango de Kent, y se recomendó introducir enmiendas químicas para mejorar la textura del suelo. Además, la región se identificó como árida con bajos niveles de precipitación, lo que influyó en el diseño del sistema de riego por goteo.

(Sanabria Fabian 2022), en su investigación titulada **“Diseño del sistema de riego por aspersión en la optimización de recursos hídricos en el distrito – el Tambo”**, el cual tuvo como objetivo principal desarrollar un sistema de riego por aspersión para mejorar la utilización del agua en el distrito de El Tambo, provincia de Huancayo, departamento de Junín. La metodología de investigación empleada es descriptiva-explicativa y utiliza un enfoque cuasiexperimental. Se lleva a cabo una investigación científica de un modelo aplicado, empleando métodos de recopilación de datos como la observación, el análisis documental, los estudios, las mediciones, el examen del suelo y la evaluación del flujo. La investigación abarca 134 hectáreas del anexo de Saños Grande, incluidos 35 sistemas de irrigación estándar de la junta de usuarios y recursos hídricos de la región. El estudio se centra específicamente en el distrito de El Tambo, en la provincia de Huancayo. La muestra se selecciona al azar para garantizar una población representativa. El procesamiento de la información implica técnicas como la observación, el análisis documental, las encuestas, las mediciones, los estudios del suelo y la evaluación del flujo, que ayudan a obtener datos esenciales y precisos para el diseño del sistema de riego por aspersión. Se lleva a cabo un examen exhaustivo de los datos recopilados para sacar conclusiones significativas. Los resultados de la investigación se centran en la eficacia del sistema de riego por aspersión, la demanda de agua en el área de estudio y la formulación

de los parámetros hidráulicos esenciales. Está establecido que la implementación de sistemas de riego por aspersión es vital para optimizar los recursos hídricos en el distrito de El Tambo y mejorar la sostenibilidad agrícola en la región.

(Arapa Quispe 2023), en su investigación titulada **“Optimización del uso del agua con fines de riego en la UNALM, utilizando el modelo ISAREG y los SIG”**, el cual tuvo como objetivo principal mejorar la eficiencia del uso del agua de riego en la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) mediante el empleo del modelo ISAREG y los sistemas de información geográfica SIG. El estudio se dividió en tres fases: preliminar, de campo y de gabinete. Durante la fase preliminar, se recopilaron datos técnicos, permisos, información cartográfica y sobre el suministro de agua de riego. La fase de campo incluyó el muestreo del suelo y la recopilación de datos de campos y cultivos. La fase de gabinete se centró en procesar y consolidar la información recopilada para su posterior análisis. En la UNALM se identificaron dos categorías principales de usuarios del riego: la FDA (Fundación para Usuarios del Desarrollo Agrario) y la UNALM (usuarios de la Universidad Nacional Agraria La Molina). Se documentaron un total de 23 usuarios del riego, 129 campos agrícolas y parcelas con cultivos, incluidos 15 usuarios de la FDA y 8 usuarios de la UNALM. Se utilizó el algoritmo de interpolación del vecino más cercano para asignar las características del suelo a los campos agrícolas, creando polígonos de Thiessen o Voronoi. Los estratos muestreados y los usuarios de sistemas de riego agregaron los resultados del análisis del suelo para utilizarlos en el modelo ISAREG y en el software QGIS. Se identificaron un total de 110 817 hectáreas con 129 campos agrícolas en la UNALM, agrupados en 23 usuarios de riego. Se realizaron 77 calicatas de suelo, clasificando los suelos según su textura en tres estratos. Se procesaron los datos climáticos del año promedio, empleando estadísticas descriptivas y generando gráficos exploratorios para el análisis de la información.

Antecedentes internacionales

(Valencia 2015), en su investigación titulada **“El sistema de riego y la incidencia en la productividad agrícola de las comunidades de Cochatuco y Llullucha, parroquia Angamarca, cantón Pujilí, provincia de Cotopax”**, el cual tuvo como fue investigar la correlación entre la adopción de un sistema de riego y la producción agrícola en las

comunidades de Cochatuco y Llullotta. El objetivo era determinar si la introducción de un embalse mejoraría la productividad agrícola en estas regiones en desarrollo, que actualmente no cuentan con un sistema de riego. Para esta investigación se utilizó una combinación de metodologías cuantitativas y cualitativas, que incluyeron encuestas directas de la población local. Se llevó a cabo un trabajo de campo para recopilar datos auténticos sobre el estado actual del sector agrícola, complementados con la bibliografía pertinente de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato. La población del estudio consistió en las comunidades en expansión de Cochatuco y Llullotta, ambas necesitadas de un sistema de riego. Se encuestó a una muestra representativa de estas comunidades para recopilar información pertinente para analizar la relación entre el riego y la productividad agrícola. Los datos recopilados se procesaron mediante encuestas con preguntas específicas para identificar las razones detrás de la ausencia de un sistema de riego y su impacto en la producción agrícola. Los resultados se organizaron en tablas y gráficos para ilustrar el porcentaje de residentes afectados por la implementación de un sistema de riego y que se benefician de ella. Además, los análisis del suelo se realizaron en laboratorios especializados y las recomendaciones se ajustaron a las normas de riego vigentes. Los resultados del estudio indican que establecer un sistema de riego en Cochatuco y Llullotta mejoraría significativamente la productividad agrícola en la región. Se determinó que esta sería la estrategia más eficaz para impulsar la producción agrícola en un sector en crecimiento con un aumento notable de la población. Se aconseja la construcción de un embalse como medio para mejorar la productividad agrícola en estas comunidades.

(Skewes Letelier 2021), en su investigación titulada **“Optimización del abastecimiento de agua para un sistema de riego por pivote central”**, el cual tuvo como objetivo principal mejorar la eficiencia del suministro de agua de un sistema de riego de pivote central en la granja «Los Llanos de Cato» en la región de Ñuble. El objetivo es maximizar la utilización del agua, minimizar el desperdicio de agua durante los períodos de inactividad y mejorar el rendimiento del sistema mediante la incorporación de un sistema de acumulación y sedimentación de agua. La metodología empleada se centra en diseñar un sistema de recolección y acumulación de agua superficial para el riego, además de realizar una evaluación económica del estado actual del sistema de riego por pivote central y las

mejoras planificadas con el nuevo sistema de acumulación y recolección. Además, se sugiere diseñar un sistema de sedimentación de agua para su uso en el sistema de riego por pivote. La investigación se centra en la finca «Los Llanos de Cato» en la región de Ñuble, donde está en funcionamiento el sistema de riego por pivote central. La muestra del estudio comprende un análisis de las fuentes de agua del canal, el pozo profundo y el pozo de zanja existente, así como una evaluación de la funcionalidad del sistema de riego en la propiedad. El procesamiento de datos implica la utilización de técnicas para diseñar sistemas de acumulación y sedimentación de agua, así como la realización de evaluaciones económicas para determinar la viabilidad del proyecto de optimización del suministro de agua. Se evalúan los costos del proyecto y se describen los beneficios anticipados en términos de conservación del agua y mejora de la funcionalidad del sistema de riego. Los hallazgos indican que la implementación del sistema de acumulación y sedimentación de agua propuesto puede optimizar de manera efectiva la utilización de los recursos hídricos disponibles. Se espera un ahorro sustancial de agua, junto con una mejora del funcionamiento del sistema de riego por pivote central, lo que evitará las obstrucciones relacionadas con los sedimentos y garantizará un riego constante y uniforme en toda la finca.

(Orbe Pinchao y Ramos Bermeo 2021), **en su investigación titulada “Evaluación hidráulica y optimización del sistema de riego “Virgen de las nieves” comunidad compañía obraje del Cantón Colta – provincia del Chimborazo mediante el uso de Watergms y Cropwat”**, el cual tuvo como objetivo principal fue lograr la caracterización de la cuenca de estudio mediante la recopilación de datos in situ con campañas de muestreo. Además, el objetivo era definir las variables hidrometeorológicas para el análisis y la determinación de la disponibilidad de recursos hídricos en la región de estudio. Además, se pretendía realizar un estudio de la infraestructura hidráulica existente en el sistema de riego «Virgen de las Nieves» para su posterior modelización y evaluación a fin de ofrecer sugerencias y recomendaciones para mejorar el sistema de riego. La metodología incluyó un análisis hidrológico mediante la caracterización de las cuencas, la determinación de las necesidades de agua de los cultivos mediante el software CROPWAT y un análisis hidráulico con el software WATERGEMS para proponer la optimización del sistema de riego. Se hizo hincapié en la importancia de modelar hidráulicamente el sistema de riego y

ajustar las demandas con CROPWAT para optimizar el sistema. Se utilizaron herramientas computacionales como WATERGEMS y CROPWAT para el análisis hidráulico e hidrológico, respectivamente. Se mencionó la modelización del sistema actual y la calibración del modelo mediante campañas de capacidad. Además, se recopilaron los datos pertinentes para determinar las necesidades de agua de los cultivos, lo que indica un enfoque integral de procesamiento de datos para la optimización del sistema de riego. Los resultados resultantes abarcaron la caracterización de la cuenca de estudio, el análisis de la disponibilidad de los recursos hídricos, la evaluación de la infraestructura hidráulica existente en el sistema de riego «Virgen de las Nieves» y las sugerencias para mejorar el sistema de riego. Estos hallazgos se derivaron de la modelización hidráulica del sistema y del ajuste de las demandas de agua de los cultivos, lo que llevó a conclusiones importantes para mejorar la eficiencia del sistema de riego.

(Cáceres Rivas 2024), **en su investigación titulada “Optimización de un sistema de riego inteligente para la agricultura sostenible”**, la cual tuvo como objetivo principal optimizar un sistema de riego para la agricultura sostenible. Se busca implementar un sistema de riego inteligente basado en Internet de las cosas (IoT) que permita una gestión eficiente del agua en los cultivos asignados, contribuyendo así a la sostenibilidad y productividad agrícola. La metodología utilizada se dividió en diferentes fases para demostrar la validez del sistema de riego inteligente. La primera fase consistió en la exploración de la información, donde se recopilaron datos fundamentales relacionados con los requisitos del proyecto. Posteriormente, se diseñó el sistema de control y automatización, se desarrolló un prototipo, se ejecutaron pruebas y monitoreo continuo, y finalmente se evaluaron y compararon los resultados obtenidos. La población de estudio estuvo relacionada con los cultivos asignados en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Se recopilaron datos sobre el consumo diario de agua en los respectivos cultivos para determinar los requisitos específicos de riego. Además, se entrevistó a personas encargadas del mantenimiento de los cultivos para obtener información relevante sobre el funcionamiento práctico del sistema de riego. Para procesar los datos recopilados, se utilizaron diferentes herramientas y técnicas. Se consideraron diversos parámetros para verificar la calidad del agua, incluyendo propiedades físicas, químicas y biológicas. Además, se implementaron sensores para monitorear estos parámetros y se diseñó un

sistema de control y automatización que permitió registrar los riegos realizados y la calidad del agua utilizada. Los resultados obtenidos del proyecto de investigación demostraron la viabilidad y eficacia del sistema de riego inteligente implementado. Se logró una gestión más eficiente del agua en los cultivos, lo que contribuyó a mejorar la productividad agrícola y a promover la sostenibilidad en el sector. Además, se destacó la importancia de la tecnología de sensores en la gestión hídrica agrícola y se resaltaron los beneficios de incorporar tecnologías avanzadas en la agricultura para aumentar la eficiencia y productividad.

(Cáceres Rivas 2024), **en su investigación titulada “Análisis del sistema existente y diseños de optimización del sistema matriz de agua potable de la ESPOL”**, el cual tuvo como era renovar el sistema principal de la Red de Distribución de Agua Potable en el campus Gustavo Galindo de la ESPOL, mediante la realización de una evaluación técnica del sistema actual. El enfoque consistió en examinar la información proporcionada por el Departamento de Gestión de Infraestructura Física (GIF) de la ESPOL, crear un modelo del sistema de distribución actual, verificar los resultados del modelo, evaluar la capacidad del tanque de regularización, analizar y diagnosticar el sistema existente, realizar trabajos de campo y de escritorio, establecer las restricciones del proyecto, explorar opciones alternativas, entre otras actividades. Para la técnica de procesamiento de datos se tuvo en cuenta la utilización de un software de análisis de redes para determinar los datos de presiones y caudales en el sistema de distribución de agua potable del campus ESPOL Prosperina. Además, se menciona la importancia de obtener información topográfica, curvas de nivel y diámetros de tuberías para el modelado del sistema. Entre los resultados obtenidos se destaca la identificación de problemas de pérdidas de agua potable en el campus Gustavo Galindo, con porcentajes significativos de desperdicio y gastos anuales elevados. Asimismo, se menciona la confiabilidad de los resultados del modelo en comparación con mediciones en campo, lo que respalda los análisis realizados con la población actual y futura.

2.2 Bases Teóricas o Científicas

2.2.1 Sistema de riego

Los sistemas de riego abarcan una variedad de principios y metodologías destinados a optimizar el uso del agua para la productividad agrícola. Esto implica comprender las

características geomorfológicas y la zonificación geológica para mejorar la eficiencia energética y la idoneidad ecológica de los recursos hídricos, como lo demuestran los sistemas de riego y riego (ISS) del territorio de Stavropol (Vasiliev et al. 2019).

Los componentes de un sistema de riego implican comprender la interacción entre varios elementos mecánicos, eléctricos y adaptativos diseñados para optimizar la distribución del agua y el crecimiento de las plantas. Los componentes principales incluyen la unidad de bombeo, las tuberías de distribución e irrigación, las válvulas de cierre, los rociadores universales y un sistema de control, todos ellos modelados matemáticamente para analizar los parámetros internos, de entrada y de salida para lograr un control eficiente (Karpenko & Rudakova, 2022).

Los sistemas de riego son esenciales para mejorar el rendimiento de los cultivos y garantizar una producción agrícola fiable, especialmente en regiones con lluvias irregulares o condiciones de sequía. Los principales tipos de sistemas de riego incluyen el riego de superficie, el riego por aspersión y el microrriego, cada uno con métodos y aplicaciones distintos. El riego superficial implica que el agua fluya sobre el suelo por gravedad, y se usa comúnmente en sistemas de cuencas, bordes y surcos (Friedman 2023)

1) Diseño hidráulico

La base teórica del diseño hidráulico abarca una variedad de principios y metodologías destinados a predecir y gestionar las características del flujo de fluido en diferentes aplicaciones de ingeniería. Para ello es fundamental la aplicación de las leyes de conservación de la masa, la energía y el momento, que son esenciales para describir las condiciones de flujo uniforme y no uniforme (James 2020).

Los principios clave del diseño hidráulico abarcan una variedad de conceptos y metodologías fundamentales esenciales para la gestión eficiente y eficaz del flujo de fluido en varios sistemas. Para el diseño hidráulico es fundamental comprender y aplicar las leyes de conservación de la masa, la energía y el momento, que son cruciales para predecir la relación entre las características del flujo, como las profundidades de descarga y de flujo local, y la geometría de las estructuras hidráulicas (James 2020)

En el contexto de los sistemas de riego, el diseño hidráulico de las tuberías con múltiples salidas es particularmente significativo, ya que afecta al rendimiento del sistema al gestionar los perfiles operativos de los cabezales de presión de entrada y

garantizar la uniformidad de la aplicación del agua, que se ve influenciada por la pérdida total de energía, la topografía del campo y las características hidráulicas de salida (Yıldırım 2023)

2) Diseño agronómico

El diseño agronómico es multifacético e integra principios de la agronomía, la ciencia del diseño y el conocimiento ecológico para mejorar la sostenibilidad y la productividad de los sistemas agrícolas. El diseño agronómico implica un enfoque estructurado para el seguimiento de la innovación, que incluye etapas como la formulación de un proyecto de seguimiento de la innovación, el descubrimiento y el aprendizaje sobre las innovaciones, su análisis y la generación de contenido agronómico. Este proceso contribuye al diseño al revelar las anomalías creativas, los mecanismos sistémicos y las cuestiones de investigación, y al estimular el diseño en áreas poco exploradas, difundir conceptos de innovación y conectar a los agricultores con los diseñadores (Salembier et al. 2021)

Un diseño agronómico abarca varios componentes críticos que interactúan y coevolucionan para abordar los desafíos multifacéticos de la agricultura, como la presión biótica y el cambio climático. Un componente fundamental es la integración de nuevas técnicas de cultivo en sistemas agrícolas más amplios, que incluyen sistemas de cultivo, granjas innovadoras, sistemas alimentarios alternativos y paisajes multifuncionales. Esta integración es un proceso largo y no lineal que implica la transformación y el escalado de los objetos de diseño mediante interacciones y flujos de conocimiento entre un consorcio científico, actores no científicos sobre el terreno, una situación problemática y el propio objeto de diseño (Belmin et al. 2022)

2.2.2 Optimización del recurso hídrico

La optimización de los recursos hídricos implica la integración de varios modelos y enfoques para abordar los desafíos multifacéticos de la asignación del agua. Un enfoque clave es el uso de la teoría de la optimización difusa para resolver modelos de programación de dos niveles, lo que ayuda a asignar de manera eficiente los recursos hídricos entre los diferentes usuarios y fuentes en condiciones de competencia en el

mercado, como se demuestra en el análisis empírico de Qingdao (Wang, Sun y Wang 2022)

La optimización de los recursos hídricos implica varios componentes críticos que garantizan la distribución eficiente y equitativa de los recursos hídricos entre las diferentes regiones y partes interesadas. Un componente fundamental es el desarrollo de un modelo de asignación óptimo que concilie los intereses conflictivos entre los administradores regionales de los recursos hídricos, equilibrando los beneficios económicos, sociales y ecológicos mediante un proceso estructurado de generación de opciones, selección y negociación alternativa (Zhang et al. 2023)

1) Cantidad de agua

La cantidad de agua en varios contextos implica múltiples enfoques y consideraciones. En el contexto del pavimento de macadán estabilizado con cemento para carreteras, el contenido óptimo de agua se calcula teniendo en cuenta la tasa de agua estándar del cemento, la tasa de absorción de agua del agregado y la tasa de agua del espacio intermedio del material mezclado. Este método permite una determinación más precisa y razonable del contenido óptimo de agua en comparación con los métodos tradicionales de ensayo en interiores, lo que mejora la calidad de la construcción y reduce los costos (Shang et al. 2017)

En la agricultura, la función de producción de agua para los cultivos explica la relación entre la cantidad de agua y el rendimiento de los cultivos, proporcionando una base teórica para la planificación del riego y la gestión del ahorro de agua en áreas con deficiencia de agua (Zhang, Wen y Zhang 2014)

2) Calidad de agua

La calidad del agua agrícola abarca un enfoque multifacético que integra la ciencia ambiental, la economía y los sistemas socio ecológicos. La principal preocupación es la escorrentía difusa de nutrientes agrícolas, conocida como contaminación por fuentes difusas (NPS), que representa una amenaza importante para los recursos de agua dulce y es difícil de gestionar debido a su naturaleza dispersa (Wagner 2019a)

La gestión eficaz de la calidad del agua agrícola requiere comprender las interacciones entre el diseño de políticas y el comportamiento de los agricultores, ya que las políticas

pueden influir en las prácticas de gestión de los nutrientes y en las mejoras a largo plazo de la calidad del agua (Matthews 2023)

Además, la implementación de marcos de acción colectiva, como los promovidos por la Directiva marco del agua de la UE, destaca la importancia de la cooperación entre los proveedores de agua y las partes interesadas de la agricultura para limitar la contaminación difusa a nivel de las cuencas hidrográficas (Amblard 2019)

2.3 Marco Conceptual

a. Sistema de riego

Un sistema de riego es una red compleja diseñada para suministrar agua a las plantas de manera eficiente y sostenible, que a menudo incorpora diversas tecnologías y metodologías para optimizar el uso del agua y el consumo de energía (Wagner 2019b).

Un sistema de riego es un método estructurado diseñado para suministrar agua a las plantas de manera controlada para garantizar un crecimiento y una productividad óptimos. Por lo general, involucra varios componentes, como fuentes de agua, bombas, tuberías, válvulas y unidades de control. Por ejemplo, un sistema de riego básico incluye una fuente de agua, una bomba de agua conectada a la fuente y una tubería de riego para transportar el agua, a menudo mejorada con una bomba de aire para aumentar la eficiencia del transporte de agua (Alali y Alali 2020)

b. Riego tecnificado

El riego tecnificado se refiere a la integración de tecnologías avanzadas y sistemas automatizados para optimizar el uso del agua y mejorar el rendimiento de los cultivos. Este concepto implica el uso de varios sensores y controles automatizados para monitorear y administrar los procesos de riego de manera eficiente (Herrera y Romero-Alva 2023).

El riego técnico se refiere a la aplicación sistemática y eficiente del agua a los campos agrícolas utilizando métodos y tecnologías avanzados para optimizar el uso del agua y mejorar la productividad de los cultivos. Abarca diversas técnicas, como el riego de superficie, el riego de pantanos, el riego con agua subterránea, el riego con bombas y el riego de estanques, todas ellas con el objetivo de satisfacer las necesidades específicas de agua de las plantas canalizando el agua de las fuentes disponibles hacia los campos (Marpaung 2016)

c. Diseño hidráulico

El diseño hidráulico se refiere al proceso de planificación y optimización de sistemas que utilizan la mecánica de fluidos para lograr los resultados deseados, como el flujo de fluido, la gestión de la presión y la generación de fuerza mecánica. Este proceso de diseño es crucial en diversas aplicaciones, como la perforación, los sistemas de aeronaves civiles, las herramientas educativas, los sistemas de bombeo y la maquinaria industrial (Guo, Meng y Wei 2022).

d. Diseño agronómico

Un diseño agronómico se refiere a la planificación y estructuración sistemáticas de los sistemas agrícolas para optimizar la productividad, la sostenibilidad y la eficiencia. Este concepto abarca una amplia gama de actividades, desde la organización espacial de los cultivos, como ocurre en la plantación tradicional en hileras, hasta la integración de tecnologías avanzadas, como robots autónomos para tareas como arar, sembrar y fertilizar (Runck et al., 2023).

e. Optimización del uso del agua

La optimización del uso del agua implica el empleo de varias estrategias y modelos para mejorar la eficiencia y la sostenibilidad de los recursos hídricos, abordando las crecientes preocupaciones por la escasez de agua y el aumento de la demanda (Amin, Dorra y Hosny 2023) En entornos agrícolas, particularmente en regiones como la cuenca del Bajo Kubán, la optimización implica el uso de una combinación de modelos hidrológicos, meteorológicos y de simulación para gestionar eficazmente los recursos hídricos para el riego, garantizando un rendimiento óptimo de los cultivos a pesar de la escasez de agua (Buber et al. 2023)

La importancia de la optimización se subraya aún más en el contexto de la gestión de las aguas subterráneas, donde la extracción inadecuada representa una grave amenaza para los recursos hídricos, especialmente en las regiones áridas. En este sentido, las técnicas de optimización son cruciales para el uso sostenible del agua sin comprometer la disponibilidad futura (Zeinalie, Bozorg-Haddad y Azamathulla 2021a)

f. Eficiencia hídrica

La eficiencia del agua se refiere al uso optimizado de los recursos hídricos para lograr el máximo beneficio con la menor cantidad de agua. Abarca varias estrategias y

prácticas destinadas a reducir el desperdicio de agua y mejorar la productividad del uso del agua en diferentes sectores. La eficiencia en el uso del agua (WUE) es una métrica fundamental que cuantifica el equilibrio entre la asimilación del carbono y la liberación de agua en las plantas, reflejando el equilibrio entre el consumo de agua y los beneficios que se derivan de él, como el rendimiento de los cultivos o la salud de los ecosistemas (Faticchi et al. 2023) La importancia de la eficiencia del agua se ve subrayada por el rápido aumento de las extracciones mundiales de agua, que han superado el crecimiento de la población, lo que ha provocado escasez de agua y el agotamiento de las capas freáticas (Callejas Moncaleano, Pande y Rietveld 2021)

g. Evapotranspiración

Evapotranspiración, es la consideración conjunta de dos procesos diferentes: la evaporación y la transpiración, se produce desde la superficie y la vegetación inmediatamente después de la precipitación. Se calcula mes a mes para datos medios de una serie de años (Ramon, 2001).

h. Modulo de riego

Viene a ser el caudal que puede manejar adecuadamente para aplicar y organizar el riego, el cual esta expresado en ls/ha. El módulo de riego depende de la tecnología de riego del lugar y la experiencia del agricultor.

$$MR = \frac{RR \left(\frac{mm}{mes} \right) * 10000}{N^{\circ} \frac{dias}{mes} * Jr * 3600}$$

Donde:

RR = Requerimiento de riego (mm/mes)

Jr = Jornada de riego (Horas)

i. Coeficiente de cultivo (kc)

Representa un promedio de la evapotranspiración en el suelo y la transpiración, este procedimiento se utiliza para estimar TE_c, para periodos de tiempo semanales o mayores, el coeficiente único K_c promediado en el tiempo se utiliza para estudios a nivel de planificación y para el diseño de sistemas de riego donde sea razonable y pertinente considerar los efectos promedio humedeciendo los suelos Este es el caso de los sistemas de riego por superficie y aspersion donde el intervalo entre riegos sucesivos es de varios días, generalmente de diez o más días. Por lo tanto, para un

manejo típico del riego, es válido aplicar el procedimiento del coeficiente único, K_c , promediado temporalmente (Allen, 2006).

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_o}$$

Donde:

ET_c : evapotranspiración del cultivo [mm d-1],

K_c : coeficiente del cultivo [adimensional]

ET_o : evapotranspiración del cultivo de referencia [mm d-1].

j. Densidad aparente

Se denomina densidad aparente, al cociente de dividir la masa de un suelo seco (M_s) por el volumen del suelo (V_t). Puede variar entre 0.7g/cm³ en caso de suelos volcánicos y 1.8 g/cm³ en suelos arenosos, (Pizarro, 1990).

$$D_{ap} = \frac{M_s}{V_t}$$

Donde:

D_{ap} : Densidad aparente (gr/cm³) M_s : Peso de suelo seco.

V_t : Volumen total.

k. Caudal del volumen de distribución

La distribución del agua debe efectuarse en base a un volumen determinado, el mismo que se calcula mediante la siguiente ecuación (Ugarte, 2005).

$$Q \times t = V \qquad q \times A \times t = V \qquad v \times A = V$$

Donde:

Q = caudal de entrega (m³/s) t = tiempo de entrega (s)

q = caudal unitario requerido (l/s/ha) A = Área de riego (ha)

v = volumen de agua por unidad de área de riego (m³/ha)

l. Pérdidas de carga

La ecuación de Hazen-Williams, es una fórmula empírica (es decir, una correlación puramente experimental), que se utiliza para calcular la pérdida de carga en una tubería. Como se puede ver, es bastante más sencilla que la ecuación de Darcy-Weisbach, sin embargo, sólo es aplicable bajo condiciones muy especiales del flujo (bajo condiciones de flujo turbulento), y únicamente para el agua (Munson Young, 2012).

$$\Delta p = \frac{6,78 \cdot C}{D^{1,65}} * \frac{v^{1,85}}{c}$$

CAPÍTULO III

HIPÓTESIS

3.1 Hipótesis General

El sistema de riego por aspersión permitirá la optimización del recurso hídrico en el Centro Poblado de Cuñas - Yauyos – Jauja.

3.2 Hipótesis Específica(s)

a) La demanda de agua empleada actualmente en el sistema de riego en el Centro Poblado de Cuñas - Yauyos – Jauja. es excesiva y necesita ser optimizada.

b) El diseño hidráulico influye significativamente en la optimización del agua en el Centro Poblado de Cuñas - Yauyos – Jauja

3.3 Variables

3.3.1 Definición conceptual de las variables

Variable 1: Sistema de riego

Un sistema de riego es un conjunto complejo diseñado para llevar agua a áreas específicas, como campos agrícolas o cavidades corporales, a través de una red de componentes interconectados. Básicamente, incluye una fuente de agua y un medio para transportar el agua, como tuberías o tubos, a la zona objetivo. Para fines agrícolas, un sistema de riego puede consistir en torres móviles interconectadas por vanos, conductos de fluido y un sistema de accionamiento para el movimiento, con orificios o cabezales de rociadores para dispersar el agua (Cook & Provaznik, 2018).

Variable 2: Optimización del agua

La optimización del agua se refiere a la gestión estratégica y eficiente de los recursos hídricos para satisfacer las demandas actuales y, al mismo tiempo, garantizar la sostenibilidad para las generaciones futuras. Este concepto implica la aplicación de varios métodos y técnicas de optimización para equilibrar la disponibilidad limitada de agua

dulce con la creciente demanda, particularmente ante las crisis ambientales y las sequías intermitentes (Zeinalie et al., 2021).

3.3.2 Definición operacional de las variables

Variable 1: Sistema de riego

Un sistema de riego se compone de varios componentes y técnicas destinados a suministrar agua de manera eficaz a los cultivos, como torres de soporte móviles, conductos, motores de accionamiento, sensores y un sistema de control que funcionan en conjunto para regular la distribución del agua; también puede incluir líneas de riego por goteo con juntas en T y válvulas de retención para mejorar la precisión del suministro de agua (Alali y Alali 2020)

Variable 2: Optimización del agua

La definición operativa de la optimización del agua en el contexto de los sistemas de distribución de agua (WDS) implica la creación de estrategias y políticas que garanticen el suministro eficiente y efectivo del agua a los consumidores, al tiempo que minimizan los costos asociados y mantienen las restricciones del sistema, como la presión, la calidad del agua y la satisfacción de la demanda (Perelman, Ostfeld y Fishbain 2023)

3.3.3 Operacionalización de las variables

La operacionalización de las variables es un proceso crucial en la investigación que implica definir las variables de una manera que permita su medición precisa. Este proceso es esencial tanto para las variables independientes como para las dependientes, que describen aspectos de la muestra en estudio y varían en valor de un sujeto a otro (Andrade 2021) . Como se puede observar en el anexo 02, de la presente investigación.

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

4.1 Método de Investigación

El método de investigación hipotético-deductivo es un enfoque científico que implica formular hipótesis y luego deducir sus implicaciones para probarlas mediante la observación y la experimentación. Este método es fundamental para el racionalismo crítico, que postula que las teorías científicas deben evaluarse intentando refutar las hipótesis, promoviendo así el conocimiento a través de teorías más precisas y explicativas (Ernesto Calderon 2016) En el contexto de la investigación sobre el sistema de riego tecnificado y la optimización del uso del agua en el distrito de Yauyos - Jauja, proporcionó un marco riguroso y estructurado para la investigación, permitiendo evaluar de manera objetiva y sistemática las hipótesis planteadas y contribuyendo a una comprensión más profunda de la relación entre el sistema de riego tecnificado y la optimización del uso del agua en el distrito de Yauyos - Jauja. Este enfoque metodológico asegura que los resultados del estudio sean fiables y válidos, ofreciendo una base sólida para futuras investigaciones y para la toma de decisiones en el ámbito de la gestión de recursos hídricos y prácticas agrícolas sostenibles.

4.2 Tipo de Investigación

La investigación básica, también conocida como investigación fundamental o pura, se centra principalmente en promover el conocimiento y la comprensión de los principios fundamentales sin tener en cuenta una aplicación práctica inmediata. Está impulsada por la curiosidad y el deseo de explorar territorios desconocidos de la ciencia (Chidambaram 2007). Para este estudio sobre el sistema de riego tecnificado y la optimización del uso del agua en el distrito de Yauyos - Jauja tiene como objetivo principal ampliar el conocimiento teórico sobre estos sistemas, contribuyendo de manera significativa al entendimiento científico y sentando las bases para futuras investigaciones y aplicaciones prácticas en el campo de la gestión de recursos hídricos y la agricultura sostenible.

4.3 Nivel de Investigación

La investigación descriptiva tiene como objetivo describir de manera precisa y sistemática una población, una situación o un fenómeno. Puede implicar la recopilación de datos cuantitativos, como en el estudio de la estadística descriptiva, que incluye medidas de

tendencia central (media, mediana, moda) y variabilidad (rango, varianza, desviación estándar) para resumir y describir los datos recopilados en la investigación cuantitativa (Miksza et al. 2023). Este nivel de investigación permitió detallar y caracterizar las características del sistema de riego tecnificado en el distrito de Yauyos – Jauja. A través de la observación y el análisis detallado de las prácticas agronómicas, la cantidad de agua y la calidad del agua, se obtendrá una comprensión profunda y precisa de cómo estos elementos contribuyen a la optimización del recurso hídrico, proporcionando una base sólida para futuras investigaciones y aplicaciones prácticas en la gestión de recursos hídricos y la agricultura sostenible.

4.4 Diseño de la Investigación

El diseño no experimental: se define como la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente variables y en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos, el cual se divide tomando en cuenta el tiempo durante se recolectan los datos, estos son: diseño Transversal, donde se recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único y el diseño Longitudinal, donde se recolectan datos a través del tiempo en puntos o periodos, para hacer inferencias respecto al cambio, sus determinantes y sus consecuencias (Hernández-Sampieri y Mendoza 2020) En resumen, el diseño de investigación no experimental de corte transversal es el más adecuado para este estudio sobre el sistema de riego tecnificado y la optimización del uso del agua en el distrito de Yauyos – Jauja. Este enfoque permite describir y analizar las características del sistema sin intervenir directamente en su funcionamiento, proporcionando una visión clara y detallada de las prácticas agronómicas, la cantidad de agua y la calidad del agua en un momento específico. Así, se obtiene información valiosa y precisa que contribuye al conocimiento teórico y práctico sobre la optimización del uso del agua en sistemas de riego tecnificados.

4.5 Población y muestra

Población

En la investigación, el término «población» se refiere al conjunto completo de individuos o casos que son de interés para el estudio y de los que se extrae una muestra. La población se puede definir mediante varios parámetros, como los límites geográficos, la pertenencia a organizaciones específicas u otros criterios distintos relacionados con la pregunta de

investigación (Mason, Spiwak y Logsetty 2020) En la presente investigación, la población investigación estuvo representada por el Centro Poblado de Cuñas distrito de Yauyos, Provincia de Jauja- departamento de Junín con 20 hectáreas de terreno agrícola.

Muestra-

En la investigación, una muestra es un subconjunto de la población seleccionada con el propósito de hacer observaciones y sacar inferencias sobre toda la población. Este enfoque suele ser necesario porque estudiar a toda la población no es práctico debido a limitaciones como el costo, el tiempo y la accesibilidad (Narayan, Sinha y Singh 2023). La muestra que se consideró para el presente trabajo de investigación fue en 4 hectáreas del Centro Poblado de Cuñas Distrito de Yauyos, Provincia de Jauja- Departamento de Junín.

4.6 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

Técnicas de recolección de datos

Las técnicas de recopilación de datos en una investigación son multifacéticas y varían según la naturaleza de la investigación y el tipo de datos requeridos. En la investigación cualitativa, se suelen utilizar técnicas como la observación participante, las entrevistas en profundidad y los grupos focales para recopilar información rica y detallada que revele cómo piensan, sienten y actúan los sujetos. Instrumentos como las guías de observación, los diarios de los investigadores y los artefactos son esenciales para capturar estos datos de manera sistemática (Sánchez Bracho, Fernández y Díaz 2021). La investigación cuantitativa, por otro lado, se basa en instrumentos de prueba e inventarios para recopilar datos que puedan procesarse estadísticamente, garantizando la validez y confiabilidad de los hallazgos (Salmia 2023).

Las encuestas son una herramienta fundamental para recopilar datos en la investigación, ya que ofrecen un método versátil para recopilar información sobre el conocimiento, las actitudes, los comportamientos y otras variables en varios campos (Goodfellow 2023) El diseño de una encuesta es crucial y debe estar alineado con la pregunta de investigación, determinando la escala de medición adecuada: numérica, nominal u ordinal (Patel y Patel 2023).

La observación es una herramienta valiosa para la recopilación de datos en la investigación. Cuando se lleva a cabo de manera sistemática y con un objetivo de investigación específico en mente, la observación puede proporcionar datos valiosos. Los investigadores pueden

optar por participar activamente o permanecer distantes, usar instrumentos de precisión o ser flexibles y observar en entornos controlados o naturales. A pesar de esta limitación, la observación se utiliza ampliamente para estudiar el comportamiento humano debido a su eficacia para capturar datos en tiempo real (Farid, 2022).

Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos de recolección de datos, se emplearon los siguientes:

Tabla 1

Instrumentos de recolección de datos

Técnicas	Instrumentos
Observación	Guía de observación
Encuesta	Cuestionario
Análisis documental	Procesamiento de datos en el software Excel, Civil 3D, CropWat.

Fuente: Propia

4.7 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

a) Etapa de pre-campo

El área de investigación está ubicada en el centro del Centro Poblado de Cuñas, en el distrito de Yauyos, provincia de Jauja, departamento de Junín. Está ubicado a una altura de 3469 metros sobre el nivel del mar, identificado con el código ubigeo 1204340004, con coordenadas geográficas de -75.52548 de latitud y -11.798292 de longitud.

Figura 1
 Mapa de ubicación del Centro Poblado de Cuñas

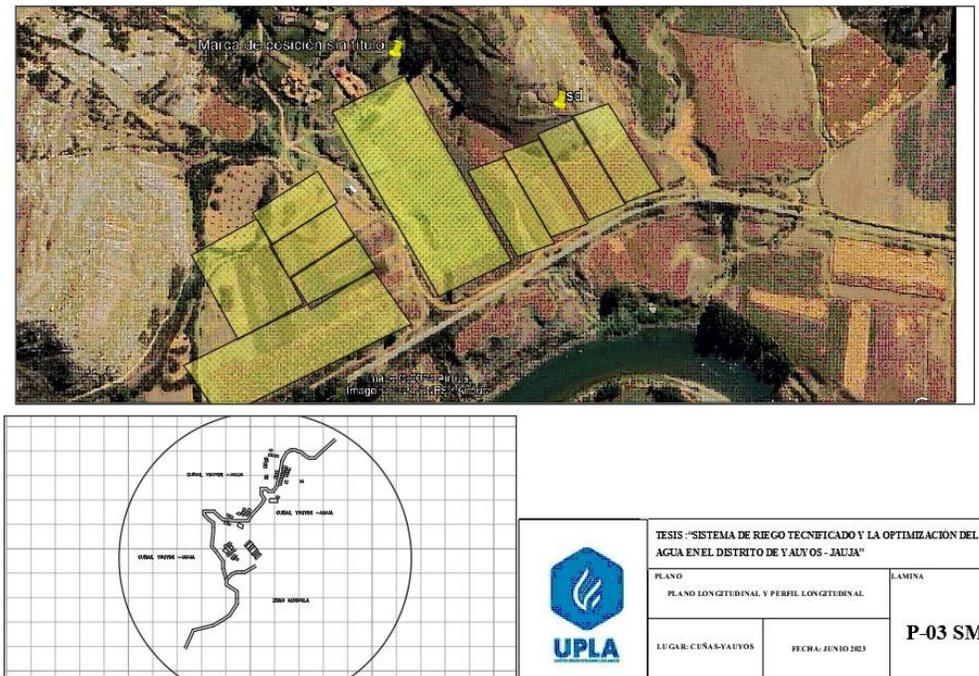


Figura 2
 Observación del cultivo de maíz y características del suelo



b) Etapa de campo

- Se recopiló información realizando un cuestionario a los miembros de la del área de investigación sobre sus necesidades y deficiencias en términos de riego de tierras de cultivo y escasez de agua.

- Se realizó un levantamiento topográfico con una estación total para obtener información sobre la topografía del terreno para realizar el diseño hidráulico y estudio de las hectáreas de estudio.

Figura 3
Levantamiento topográfico del Centro Poblado de Cuñas



- Se determino el caudal por el método de volumétrico con los siguientes materiales: valde de 3 L, cronometro y una hoja de registro.

c) Procedimiento

Se ubico el punto de salida del manantial, se limpió cualquier tipo de impureza presentes en el agua, se colocó el valde y se empezó a medir el tiempo de llenado con el cronometro esto se realizó 5 veces para sacar el promedio y caudal.

Figura 4
Método volumétrico en el Centro Poblado de Cuñas



La comunidad de Cuñas tiene 350 habitantes y cuenta con un manantial que es aprovechado mediante una captación artesanal para el consumo y riego, el caudal de esta captación artesanal no abastece a las necesidades de la población, en tiempos de estiaje las necesidades aumentan

d) Etapa de gabinete

Con los datos obtenidos del levantamiento topográfico se ubicó el manantial, se realizó un plano de ubicación y localización, línea de conducción, plano de ubicación de componentes.

➤ **Cantidad de agua según demanda**

Para calcular las necesidades de agua para el cultivo se realiza el diseño agronómico mediante el punto de agua y las precipitaciones mensuales.

Tabla 2
Temperatura máxima mensual

TEMPERATURA MAXIMA												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1999	22.3	22.3	22.6	22.4	22.3	22.1	22.6	22.4	22.6	22.1	22.6	22.9
2000	22.5	4.1	22.3	22.7	22.7	22.6	22.4	22.7	22.4	22.4	22.3	22.1
2001	22.7	22.7	22.4	22.3	22.7	22.6	22.6	22.3	22.6	22.9	22.4	22.4
2002	22.3	22.3	22.6	22.4	22.3	22.1	22.6	22.4	22.6	22.5	22.6	22.9
2003	22.4	22.4	22.6	22.6	22.4	22.4	22.1	22.6	26.3	23.4	24.7	22.5
2004	22.6	22.6	22.1	22.6	22.6	22.9	22.4	22.6	22.4	22.4	22.1	23.4
2005	22.6	22.6	22.4	22.1	22.6	22.5	22.6	22.1	22.6	22.9	22.4	22.4
2006	22.1	22.1	22.9	22.4	22.1	23.4	22.1	22.4	21.4	22.5	22.6	22.9
2007	22.4	22.4	22.5	22.6	22.4	22.4	4.4	22.7	22.1	23.5	22.1	22.5
2008	22.9	22.9	24.1	22.1	22.6	22.9	1.4	22.3	22.4	22.9	24.7	22.1
2009	22.5	23.1	22.9	22.1	22.1	22.5	22.4	22.4	23.1	22.5	22.4	22.4
2010	23.4	22.1	22.5	22.4	22.1	22.1	22.9	22.6	23.4	23.4	22.9	22.9
2011	24.0	21.9	21.2	22.9	22.4	22.4	22.5	22.6	22.4	21.9	22.4	22.7
2012	23.1	23.1	21.9	23.4	22.9	22.9	23.4	22.4	22.9	22.6	22.4	22.3
2013	22.1	22.1	22.9	22.4	22.1	24.0	23.5	21.6	22.5	22.1	22.4	22.4
2014	21.9	3.1	22.5	22.6	22.4					22.4		22.6
2015	23.4	22.1	23.4	22.1	22.6	22.9	1.4	22.3	22.4	22.6	22.5	22.6
2016	22.1	3.1	22.9	22.1	22.1	22.5	22.4	22.4	22.9	22.1	23.4	22.4
2017	23.1	21.9	23.4	22.9	22.4	22.4	22.5	22.6	22.4	4.4	22.4	22.9
2018	23.6	23.1	21.9	23.4	22.9	22.9	23.4	22.4	22.9	1.4	22.4	22.5
2019	23.9	22.1	22.9	22.4	22.1	1.4	-1.9	4.2	22.5	22.4	22.4	22.1
2020	23.6	3.1	22.5	22.6	22.4	22.4	4.4	22.7	22.1	22.9	22.9	22.4
TMAX	24.0	23.1	24.1	23.4	22.9	24.0	23.5	22.7	26.3	23.5	24.7	23.4

Tabla 3
Temperatura Mínima

TEMPERATURA MINIMA												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1999	4.5	5.1	5.3									
2000	3.5	4.3	4.4	4.2	4.5	5.1	4.5	4.5	5.1	3.2	4.5	5.1
2001	4.4	4.2	5.4	4.1	3.5	4.3	3.5	3.5	4.3	1.2	3.5	4.3
2002	5.4	4.1	4.2	4.4	4.4	4.2	4.4	4.4	4.2	4.4	4.4	4.2
2003	4.2	4.4	1.4	5.4	5.4	4.1	5.4	5.4	4.1	5.4	5.4	4.1
2004	1.4	5.4	-1.9	4.2	-1.2	4.4	-0.6	4.2	4.4	4.2	4.2	4.4
2005	-0.6	4.2	4.4	1.4	1.4	5.4	4.5	-1.7	-1.5	1.4	-3.5	-3.4
2006	4.4	1.4	1.4	5.4	-0.6	4.2	3.5	3.5	4.4	3.1	4.4	-4.3
2007	3.1	1.8	-1.8	4.2	-1.5	1.4	-1.4	4.4	5.4	4.4	5.4	-5.4
2008	4.2	4.4	4.4	1.4	-1.5	-6.5	-4.3	5.4	4.2	5.4	4.2	4.4
2009	4.1	3.1	5.4	1.4	-5.0	4.4	-4.1	4.2	4.5	4.2	4.5	-6.0
2010	5.1	4.2	4.2	4.4	-1.1	3.1	-0.6	4.1	3.5	3.3	3.5	2.5
2011	4.3	4.0	1.4	5.4	-2.1	4.2	-6.0	4.4	4.2	4.4	5.4	4.1
2012	3.2	3.0	1.7	4.2	-2.2	-1.2	2.2	5.4	4.5	5.4	4.2	4.4
2013	4.2	2.5	4.4	1.4	-4.6	5.1	-2.2	4.2	3.5	4.2	4.5	-3.3
2014	2.3	4.1	3.1	3.1	3.1	4.3	4.0	1.4	4.4	1.4	3.5	4.4
2015	5.0	2.0	4.2	4.4	4.4	3.2	3.0	-0.6	5.4	4.1	4.4	5.4
2016	5.1	3.1	4.1	3.1	3.1	3.2	3.0	4.4	1.4	4.4	5.4	4.2
2017	3.4	3.2	5.1	4.2	4.2	3.1	-0.6	3.1	-0.6	5.4	4.2	4.5
2018	4.1	4.5	4.2	4.4	4.4	3.1	4.4	1.4	-0.5	4.2	-0.6	5.4
2019	1.6	4.7	1.4	1.2	5.4	4.2	3.1	-0.6	4.4	0.9	4.4	4.2
2020	4.5	3.8	-0.8	4.2	4.2	4.1	4.2	4.4	3.1	5.4	5.4	4.5
T.MIN	-0.6	1.4	-0.8	1.2	-4.6	-6.5	-6.0	-1.7	-1.5	0.9	-3.5	-6.0

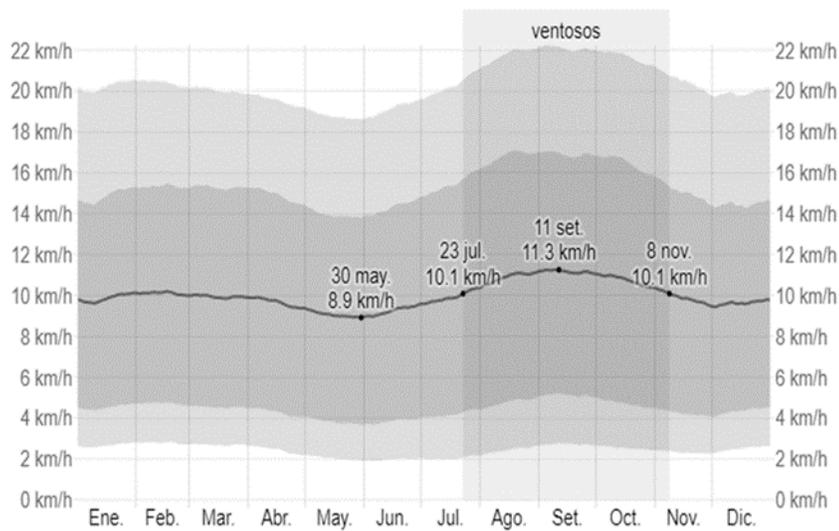
Tabla 4
Humedad

Humedad												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2017	83.4	83.5	81.7	83.4	81.7	83.4	83.2	83.4	78.1	82.5	83.2	78.1
2018	81.5	82.7	81.9	81.5	82.5	81.5	82.1	82.8	79.1	81.6	82.1	79.1
2019	83.2	83.9	78.1	83.2	78.1	83.2	83.3	82.1	82.8	79.1	79.1	82.1
2020	82.1	82.8	79.1	82.1	79.1	82.1	82.1	81.6	82.1	82.1	80.9	82.2
2021	84.2	82.1	80.9	84.2	80.9	83.7	83.2	82.1	80.9	79.1	83.2	83.4
Hum%	84.2	83.9	81.9	84.2	82.5	83.7	83.3	83.4	82.8	82.5	83.2	83.4

Tabla 5
Precipitación mensual

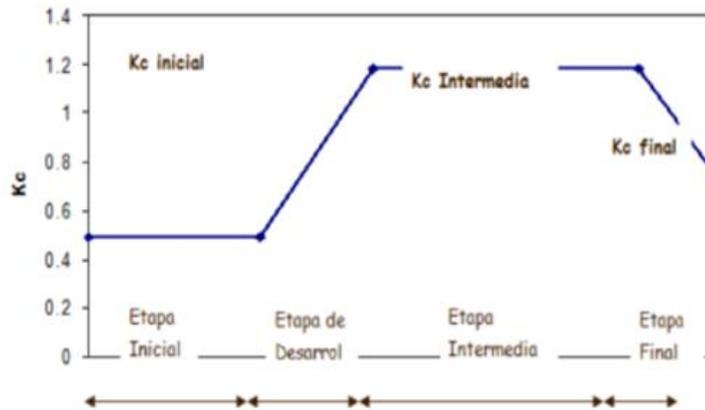
PRECIPITACION MENSUAL (MM)	
Enero	95.2
Febrero	94.0
Marzo	58.5
Abril	30.9
Mayo	16.9
Junio	12.6
Julio	5.7
Agosto	11.0
Setiembre	30.2
Octubre	43.9
Noviembre	37.6
Diciembre	95.5

Figura 5
Velocidad del viento



- Obtenemos los valores de coeficiente de cultivo de KC para el cultivo de maíz que fueron determinadas de las tablas de FAO.

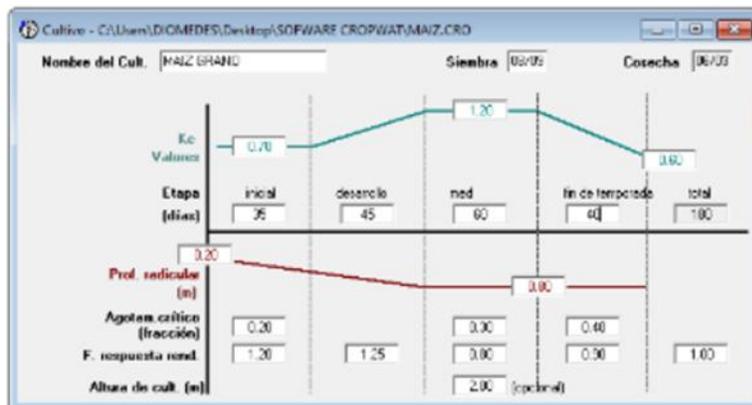
Figura 6
Curva típica K_c .



➤ **Diseño agronómico**

En este estudio se empleó el software Cropwat que utiliza el método Penman-Monteith para calcular la evapotranspiración de referencia de la comunidad Cuña. Para este análisis, se introdujeron en el software varios parámetros climáticos, como la temperatura máxima, la temperatura mínima, la humedad relativa, la velocidad del viento y las horas de sol.

Figura 7
Curva de coeficiente de cultivo k_c



Según los hallazgos generados por el software Cropwat, se determina que el valor de k_c inicial para plantar granos de maíz es de 0.70, seguido de un valor de k_c intermedio de 1.20 y un valor de k_c final de 0.60. El ciclo de siembra dura más de 180 días, lo que permite identificar etapas específicas dentro de este período: 35 días para la etapa inicial, 45 días para la etapa de crecimiento, 60 días para la etapa intermedia y 40 días para la etapa de senescencia. La profundidad de las raíces

oscila entre 20 cm y 60 cm, mientras que la altura máxima que puede alcanzar el cultivo durante la estación es de 200 cm. Además, se determina que los valores críticos de consumo de agua son del 0,40% como máximo y del 0,20% como mínimo. Estos datos son cruciales para calcular las necesidades de agua del cultivo

e) Diseño hidráulico

Para el diseño hidráulico se tuvo en toda la red de tuberías (primarias, secundarias, terciarias y laterales) que la componen adecuándose a las características del rociador para su correcto funcionamiento. Según el catálogo del cabezal aspersor seleccionado, sus características e indicadores técnicos son:

- Captación
 - Caudal
 - Reservorio
 - Aspersor
 - Caudal del aspersor
 - Diámetros de alcance
- Además, Se consideraron los estándares de diseño preexistentes, incorporando el cálculo de la pérdida de presión mediante la aplicación de la fórmula de Hazen-Williams. Este cálculo se realizó para varias combinaciones de diámetros y longitudes de tuberías, teniendo en cuenta el coeficiente de fricción específico del material utilizado.

Tabla 6
Valor del factor de fricción de Hazen- Williams según el tipo de material

Material	factor de fricción
Policloruro de vinilo (PVC)	150
Polietileno de alta densidad (PEAD)	140

- Los requisitos de presión necesarios para lograr el flujo requerido para regar los cultivos durante un período específico se establecieron teniendo en cuenta el diseño agronómico que se había realizado anteriormente.
- El presupuesto costo se desarrolló con el programa S1 y así mismo los planos en el programa de Civil 3D.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1 Descripción de resultados

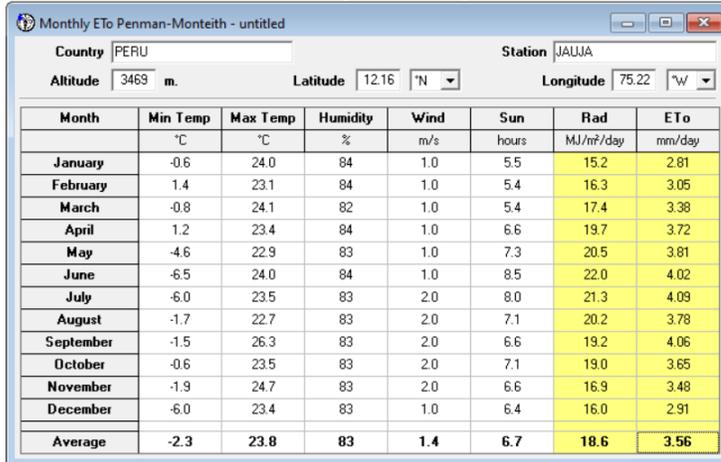
5.1.1 Determinando la cantidad de agua que se emplea actualmente en el sistema de riego tecnificado en el distrito de Yauyos – Jauja

a. evapotranspiración

En la figura N° X los datos obtenidos de SENAMHI se insertó al software CropWat dando como resultado la evapotranspiración mínima de ETo min 2.81 del mes de enero y evapotranspiración máximo ETo max 4.09 del mes de julio.

Figura 8

Procesamiento de datos en el software CropWat



Month	Min Temp	Max Temp	Humidity	Wind	Sun	Rad	ETo
	°C	°C	%	m/s	hours	MJ/m ² /day	mm/day
January	-0.6	24.0	84	1.0	5.5	15.2	2.81
February	1.4	23.1	84	1.0	5.4	16.3	3.05
March	-0.8	24.1	82	1.0	5.4	17.4	3.38
April	1.2	23.4	84	1.0	6.6	19.7	3.72
May	-4.6	22.9	83	1.0	7.3	20.5	3.81
June	-6.5	24.0	84	1.0	8.5	22.0	4.02
July	-6.0	23.5	83	2.0	8.0	21.3	4.09
August	-1.7	22.7	83	2.0	7.1	20.2	3.78
September	-1.5	26.3	83	2.0	6.6	19.2	4.06
October	-0.6	23.5	83	2.0	7.1	19.0	3.65
November	-1.9	24.7	83	2.0	6.6	16.9	3.48
December	-6.0	23.4	83	1.0	6.4	16.0	2.91
Average	-2.3	23.8	83	1.4	6.7	18.6	3.56

b. Precipitación efectiva

En la figura N° se observa los datos de precipitación efectiva obtenidos en el software CropWat

Figura 9
Datos de la precipitación efectiva

	Rain	Eff rain
	mm	mm
January	117.2	95.2
February	115.2	94.0
March	65.3	58.5
April	32.6	30.9
May	17.4	16.9
June	12.9	12.6
July	5.8	5.7
August	11.2	11.0
September	31.8	30.2
October	47.5	43.9
November	40.2	37.6
December	117.6	95.5
Total	614.7	532.0

c. Cedula de cultivo

En la tabla N° se calculó el coeficiente de cultivo Kc ponderado por cada mes de acuerdo a la hectárea y espécimen.

Tabla 7
Coefficientes de cultivo

CEDULA DE CULTIVOS		MESES											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
MAIZ	Ha	5.00	4.00	4.00	5.00	3.00	3.00	3.00	4.00	2.00	4.00	4.00	4.00
	KC	1.20	1.00	0.40	0.80	1.16	1.16	0.60	0.60	0.70	0.80	1.10	1.20
AREA TOTAL		5.00	4.00	4.00	5.00	3.00	3.00	3.00	4.00	2.00	4.00	4.00	4.00
kc ponderado		1.20	1.00	0.40	0.80	1.16	1.16	0.60	0.60	0.70	0.80	1.10	1.20

d. Eficiencia de riego

Se tiene una eficiencia de 30% en el área de investigación y se desea aumentar a un 75% por el método de aspersión.

Tabla 8
Eficiencia de aplicación

Sistema de riego	Eficiencia de aplicación
Goteo	95%
Microaspersión	90%
Aspersión	75%

Nota: Manual práctico para el diseño de sistemas de miniriego

e. Tiempo de riego

El Centro Poblado de Cuñas tiene una frecuencia de riego de 6 días y 12 horas por hectáreas.

f. Demanda de agua sin proyecto

El área de investigación es de 4 hectáreas, según la topografía del terreno se obtuvo un volumen de demanda de 69,518.29 m³/año, donde se observa que la mayor demanda es 12,729.60 m³/mes en el mes de junio y una lámina de 14.14 mm/día.

Tabla 9
Demanda de agua sin proyecto

PARAMETRO	Unidad	MESES											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Evapotranspiración referencial	(mm/día)	2.8	3.1	3.4	3.7	3.8	4.0	4.1	3.8	4.1	3.7	3.5	2.9
kc ponderado		1.2	1.2	0.4	0.8	1.2	1.2	0.6	0.6	0.7	0.8	1.1	1.2
Evapotranspiración de cultivo	(mm/día)	3.4	3.7	1.4	3.0	4.4	4.7	2.5	2.3	2.8	2.9	3.8	3.5
Precipitación efectiva	(mm/día)	3.1	3.4	1.9	1.0	0.5	0.4	0.2	0.4	1.0	1.4	1.3	3.1
Necesidades netas	(mm/día)	0.3	0.3	-0.5	1.9	3.9	4.2	2.3	1.9	1.8	1.5	2.6	0.4
eficiencia de aplicación	%	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Nº de días del mes	(días)	31.0	28.0	31.0	30.0	31.0	30.0	31.0	31.0	30.0	31.0	30.0	31.0
Necesidades totales	(mm/día)	1.0	1.0	-1.8	6.5	12.9	14.1	7.6	6.4	6.1	5.0	8.6	1.4
Necesidades totales	m ³ /ha/día	10.0	10.1	-17.8	64.9	129.1	141.4	75.7	63.8	61.2	50.1	85.8	13.7
Necesidades totales	m ³ /ha/mes	311.1	282.7	-552.9	1946.0	4003.6	4243.2	2345.8	1976.9	1835.3	1554.0	2574.7	425.1
Hectáreas	(ha)	4.0	4.0	4.0	4.0	3.0	3.0	3.0	4.0	2.0	4.0	4.0	4.0
Volumen de demanda	(m ³ /mes)	1244.3	1130.7	-	7784.0	12010.8	12729.6	7037.4	7907.7	3670.7	6216.0	10298.7	1700.3
Módulo de riego	(L/ha)	0.1	0.1	-0.2	0.8	1.5	1.6	0.9	0.7	0.7	0.6	1.0	0.2
caudal requerido	(l/s)	0.5	0.5	-0.8	3.0	4.5	4.9	2.6	3.0	1.4	2.3	4.0	0.6

g. Demanda de agua con proyecto

De acuerdo al volumen anual de agua realizada con el proyecto para dicho cultivo, se utilizó el sistema de riego por aspersión en las 4 hectáreas el resultado fue de 26,994.73 m³/año con mayor demanda en el mes de mayo y con una lámina de reposición de 5.17 mm/día.

Tabla 10
Demanda de agua con proyecto

Parámetro	Unidad	MESES											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Evapotranspiración referencial	(mm/día)	2.81	3.05	3.38	3.72	3.81	4.02	4.09	3.78	4.06	3.65	3.48	2.91
kc ponderado		1.20	1.20	0.40	0.80	1.16	1.16	0.60	0.60	0.70	0.80	1.10	1.20

Evapotranspiración de cultivo	(mm/día)	3.37	3.66	1.35	2.98	4.42	4.66	2.45	2.27	2.84	2.92	3.83	3.49
Precipitación efectiva	(mm/día)	3.07	3.36	1.89	1.03	0.55	0.42	0.18	0.35	1.01	1.42	1.25	3.08
Necesidades netas	(mm/día)	0.30	0.30	0.54	1.95	3.87	4.24	2.27	1.91	1.84	1.50	2.57	0.41
Eficiencia de aplicación	%	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
N° de días del mes	(días)	31.00	28.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00
Necesidades totales	(mm/día)	0.40	0.40	0.71	2.59	5.17	5.66	3.03	2.55	2.45	2.01	3.43	0.55
Necesidades totales	m3/ha/día	4.01	4.04	7.13	25.95	51.66	56.58	30.27	25.51	24.47	20.05	34.33	5.48
Necesidades totales	m3/ha/mes	124.43	113.07	221.17	778.40	1601.43	1697.28	938.32	790.77	734.13	621.60	1029.87	170.03
Hectáreas	(ha)	4.00	4.00	4.00	4.00	3.00	2.00	3.00	4.00	2.00	4.00	4.00	4.00
Volumen de demanda	(m3/mes)	497.71	452.27	432.32	3,113.60	4,804.30	3,394.56	2,814.96	3,163.09	1,468.27	2,486.40	4,119.47	680.11
Total, del volumen anual de agua												26,994.73	

h. Oferta hídrica del agua

El centro poblado de Cuñas – Yauyos como actividad principal desarrolla la agricultura con el cultivo de maíz, tiene una fuente de agua de 1.93 l/s, su frecuencia de riego es de 5 días de hasta 12 horas por hectáreas.

DESCRIPCION	CANTIDAD	UND
Caudal promedio	1.93	l/s
Frecuencia de riego	5	días
Tiempo de riego promedio	12	h/ha
Área de proyecto	4	ha
Tiempo de dotación de agua	60	h

Tabla 11
Oferta hídrica del agua

DESCRIPCION	MESES												TOTAL
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
Caudal l/s	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93
Caudal m3/h	6.948	6.948	6.948	6.948	6.948	6.948	6.948	6.948	6.948	6.948	6.948	6.948	6.948
Volumen de dotación	416.88	416.88	416.88	416.88	416.88	416.88	416.88	416.88	416.88	416.88	416.88	416.88	5002.56
Número de días al mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365
N° de dotaciones/mes	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	60
Volumen total diario	166.75	166.75	166.75	166.75	166.75	166.75	166.75	166.75	166.75	166.75	166.75	166.75	2001.02

Volumen total mensual	5,169.31	4,669.06	5,169.31	5,002.56	5,169.31	5,002.56	5,169.31	5,169.31	5,002.56	5,169.31	5,002.56	5,169.31	60,864.48
-----------------------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------

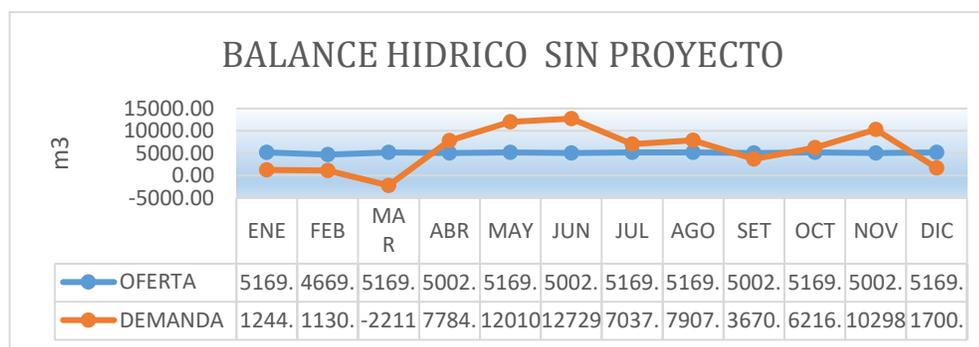
i. Balance hídrico sin proyecto

La cantidad de agua que se emplea en cultivos del área de investigación no es abastecida en los meses de abril, mayo, junio y julio por ser las temporadas críticas por estiaje.

Tabla 12
Balance hídrico sin proyecto

PARAMETRO	MESES											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Oferta(m3/mes)	5169.31	4669.06	5169.31	5002.56	5169.31	5002.56	5169.31	5169.31	5002.56	5169.31	5002.56	5169.31
Demanda(m3/mes)	1244.27	1130.67	-2211.73	7784.00	12010.76	12729.60	7037.40	7907.73	3670.67	6216.00	10298.67	1700.27
Balance(m3/mes)	3,925.05	3,538.39	7,381.05	-2,781.44	-6,841.45	-7,727.04	-1,868.09	-2,738.42	1,331.89	-1,046.69	-5,296.11	3,469.05

Figura 10
Balance hídrico sin proyecto



j. Balance hídrico con proyecto

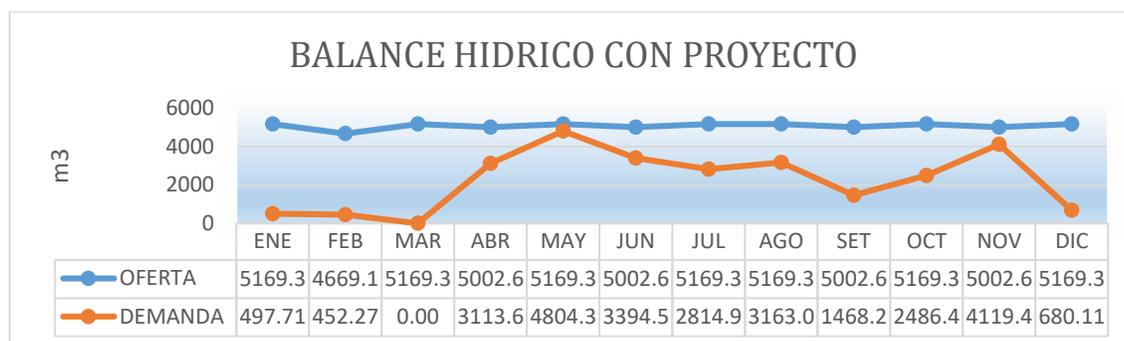
Se ve que con un proyecto de sistema de riego tecnificado la cantidad de agua optimizada es muy rentable ya que permitirá mejorar las plantaciones, garantizando el requerimiento de agua para los cultivos, esta investigación permitirá medir la cantidad de agua existente con y sin un proyecto de riego tecnificado.

Tabla 13
Balance hídrico con proyecto

PARAMETRO	MESES											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Oferta(m3/mes)	5169.312	4669.056	5169.31	5002.56	5169.312	5002.56	5169.312	5169.312	5002.56	5169.312	5002.56	5169.312

Demanda(m3/mes)	497.71	452.27	0.00	3113.60	4804.30	3394.56	2814.96	3163.09	1468.27	2486.40	4119.47	680.11
Balance(m3/mes)	4,671.61	4,216.79	5,169.31	1,888.96	365.01	1,608.00	2,354.35	2,006.22	3,534.29	2,682.91	883.09	4,489.21

Figura 11
Balance hídrico con proyecto



5.1.2 Calculando la influencia del diseño hidráulico en la optimización del agua en el distrito de Yauyos - Jauja

a) Cálculo de caudal

El centro poblado de Cuñas cuenta con una fuente de agua, con el método volumétrico se determinó el caudal promedio $Q=1.93$ l/s y un caudal máximo de $Q_{max}=2.4$ l/s.

Tabla 14
Caudal promedio

METODO VOLUMETRICO			
	Tiempo	Volumen	t/v
T 1	1.5	3.200	2.09
T2	2.0	3.200	1.60
T3	1.5	3.200	2.13
T4	1.4	3.200	2.29
T5	2.1	3.200	1.52
Caudal promedio			1.93

Tabla 15
Datos para el diseño agronómico del sistema de riego por aspersión

Diseño agronómico del sistema de riego por aspersión		
Datos De Diseño		
Tipo de suelo	Limo arcilloso	
Topografía	0.50	
Área de riego en el mes critico (a)	4.00	Has

Fuente de agua	LAMT
Caudal de oferta (q)	1.93 lt/seg
Salinidad	<500 mg/lt por segundo
Velocidad de viento(v)	5.08 km/h
Humedad capacidad de campo (ecc)	24.00 %
Humedad a punto de marchitez(øpmp)	10.00 %
Porcentaje aprovechable(n)	60.00 %
Profundidad radicular(h) (maíz)	60.00 cm
Demanda neta(etr-pe)(mes critico)	3.57 mm/dia
Eficiencia de aplicación(ea)	75.00 %
Velocidad de infiltración básica (lb)	10.00 mm/hr

Tabla 16
Caudal requerido

CAUDAL DEL SISTEMA(DEMANDA)		
caudal del sistema	Qs=	4.15
CAUDAL OFERTA		
caudal de oferta	Q=	1.93
Q<Qs	Se requiere reservorio	

b) Línea de conducción

Se inicio desde la progresiva 0+000 hasta la progresiva 0+760. SE considero 02 Válvulas de aire, se tiene 01 válvula de purga, 01 cámara rompe presión por la topografía del terreno ya que son muy indispensables para que no presente una reducción de flujo y el agua llegue al reservorio con la presión necesaria.

Tabla 17
Diseño Hidráulico de línea de conducción

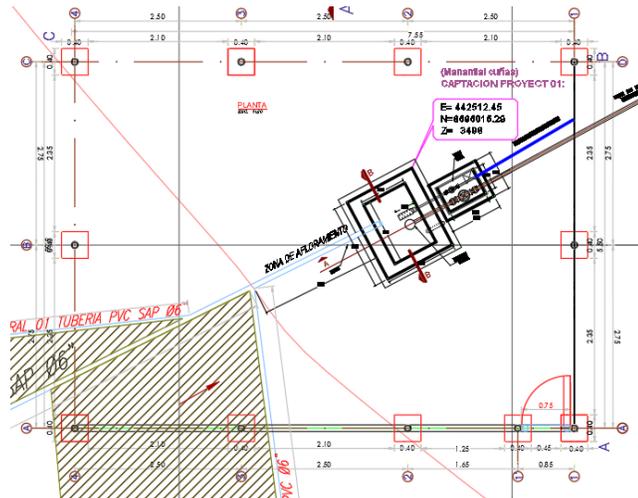
Tramo	Progresiva		Longitud	Qmh	Cota de terreno natural		Desnivel(hf)	Pendiente	Diámetro		Tipo	Coef H-w	Perdida de carga	Presiones			Velocidad	Clase
	Inicio	Final			Inicio	Final			Diseño	Comercial				Presiones hf(tramo)	piezometría			
Cap1-vaire1	0+00	0+090	90	1.93	3498	3493	5	0.06	1.67	2	PVC	140	0.0157	6.58	1.42	3496.58	0.952	C-7.5
V.aire-vaire2	0+090	0+340	250	1.93	3493.0	3462	31	0.12	1.41	2	PVC	140	0.0157	27.07	3.93	3489.07	0.952	C-7.5
V.aire-2-v. purga	0+340	0+480	140	1.93	3462	3452.5	9.5	0.07	1.60	2	PVC	140	0.0157	7.30	2.20	3459.80	0.952	C-7.5
V-pur-crp1	0+480	0+650	170	1.93	3452.5	3432.6	19.9	0.12	1.43	2	PVC	140	0.0157	17.23	2.67	3449.83	0.952	C-7.5
Crp1-reserv	0+650	0+760	110	1.93	3432.6	3405	27.6	0.25	1.22	2	PVC	140	0.0157	25.87	1.73	3430.87	0.952	C-7.5

c) Captación

Se realizó la captación tipo galería por las condiciones topográficas, los cálculos se observan en **Anexo N°09**

Figura 12

Diseño de la captación

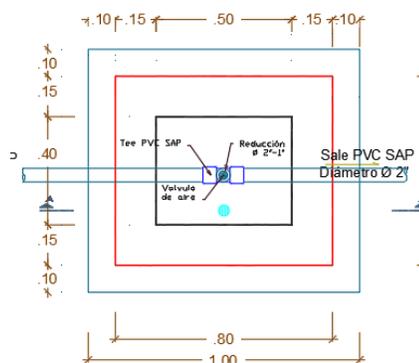


d) Válvula de aire

La acumulación de aire provoca un aumento de pérdida de carga y una disminución del gasto, para evitar el aire acumulado que se provoca en los puntos altos se es necesario instalar valvular de aire automáticas.

Figura 13

Diseño de la Válvula de aire

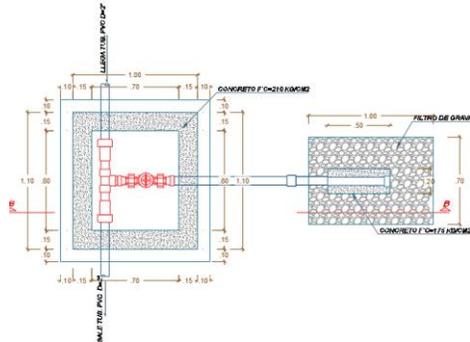


e) Válvula de purga

En los puntos bajos siempre se tiene el problema de la acumulación de sedimentos que provoca la reducción de flujo del agua en la línea de conducción, en este trabajo de

investigación se vio la necesidad de considerar por factores de topografía una válvula de purga.

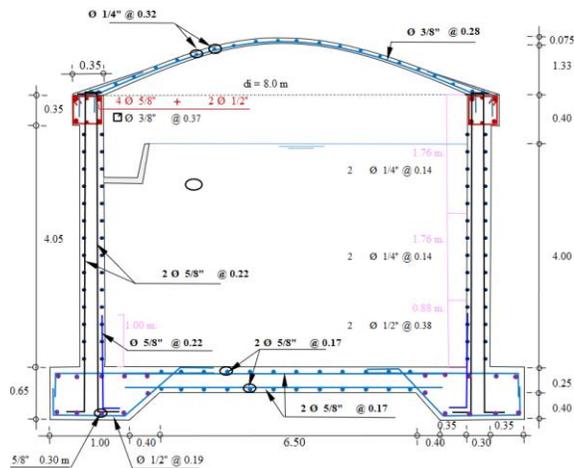
Figura 14
Diseño de la válvula de purga



f) Reservoirio

El siguiente proyecto de investigación se proyecta de 1 reservorio de 200m³ de concreto armado, Ubicado en COTA 3405.00 Y con coordenadas UTM 442786.08E y 86955833.97N, Se tuvo en consideración el caudal y las horas de llenado, el reservorio es circular y con cúpula de concreto armado. los Cálculos se observan en el ANEXO N°10

Figura 15
Diseño del reservorio



Resultado de objetivo: Determinar el sistema de riego tecnificado que permitirá la optimización del recurso hídrico en el Centro Poblado de Cuñas - Yauyos - Jauja.

La investigación se realizó en un área de trabajo de 4 hectáreas cultivo de maíz. se identificó una demanda máxima de agua en el mes de junio de 12729.6 m³/mes, con una necesidad máxima total de 14.14 mm/día. En el tema hidráulico se realizó la construcción de una captación tipo galería con tuberías ramificadas para una mejor captación de aguas subterráneas ,se utilizó tuberías con función de ramales principales PVC-SAP 6” y tuberías PVC-SAP 4”, se realizó una línea de conducción de 760 ML , con tuberías de 2 “ pulgadas, ya que los cálculos obtenidos tanto de velocidad y columna de agua se encuentran dentro de los límites , se consideró 2 válvulas rompe presión para eliminar el aire de las tuberías , y una válvula de purga , para eliminar los sedimentos que se pueden acumular en las tuberías , y una cámara rompe presión(CRP-TIPO 6). Mediante diseño agronómico se requirió la construcción de un reservorio de 200 m³, ya que el caudal del sistema tiene como demanda de caudal Q=4.15 l/s y solo se cuenta con una oferta de 1.93 l/s del caudal obtenido del manantial.

Luego se diseñó el sistema de riego tecnificado de acuerdo a la necesidad el trabajo de investigación de se eligió un aspersor de modelo YBR 80 – ½” de 2 bar. El riego se distribuyó en los turnos de mañana y tarde por 12 horas en 6 días. En cada turno se riega 6000 metros cuadrados aproximados intercalados, para la el riego se eligió un sistema semifijo (para poder cambiar los aspersores y abastecer a cada parte del área cultivada. que se cambiara mediante turnos así para poder lograr optimizar el tiempo el riego.

CAPÍTULO VI

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- En la presente investigación se tuvo como resultado que optimizar los recursos hídricos mediante la elección de la tecnología de diseño de riego. Se menciona que el método de aspersión contribuye significativamente al ahorro de agua y evita el desperdicio en la tierra, lo que es crucial para la sostenibilidad del sistema de riego. En comparación con el estudio realizado por (Sanabria Fabian 2022), donde despliegue de sistemas de riego por aspersión es crucial para maximizar la utilización del agua en el distrito de El Tambo. Cabe señalar que la utilización de sistemas de riego por aspersión es necesaria para abordar la mejora de los recursos hídricos en la región especificada. Además, el estudio actual enfatiza que la técnica de rociadores seleccionada desempeña un papel importante para lograr una eficiencia del 75% en el sistema de riego (Sanabria Fabian 2022). La declaración destaca que la configuración del sistema de riego por aspersión en el anexo de Saños Grande mejoró de manera efectiva la utilización del agua en un 50% en períodos de baja precipitación. Esto demuestra que la integración de los sistemas de riego por aspersión tiene el potencial de mejorar en gran medida la eficiencia del agua en las prácticas agrícolas.

Por otra parte, la investigación realizada por (Cayllahua Boza 2022), coincide en la importancia de seleccionar adecuadamente la tecnología de riego para maximizar la eficiencia en el uso del agua y evitar su desperdicio. La elección del método de aspersión en ambas investigaciones ha demostrado ser efectiva en la optimización de los recursos hídricos, lo que se traduce en un impacto positivo tanto en la conservación del agua como en la productividad de los cultivos. Estos hallazgos respaldan la relevancia y efectividad del diseño de riego tecnificado con el método de aspersión como una estrategia clave para la gestión sostenible del agua en entornos agrícolas.

- En la presente investigación obtuvo que la demanda de agua para riego es de 302.038,12 metros cúbicos al año, de los cuales la mayor demanda es en noviembre que es de 80.905,00 metros cúbicos al mes, resaltando la importancia de gestionar eficientemente los recursos hídricos en la agricultura. Esta información subraya la necesidad de implementar estrategias que permitan satisfacer la demanda de agua en momentos críticos, como durante el mes de mayor requerimiento. Al comparar estos resultados con la tesis (Cayllahua Boza 2022), que también aborda la optimización del recurso hídrico a través del riego tecnificado por aspersión, se puede observar que ambas investigaciones comparten la preocupación por la eficiencia en el uso del agua en la agricultura. La utilización de sistemas de riego modernizados, como el riego por aspersión, desempeña un papel crucial en la promoción de la gestión sostenible del agua mediante el suministro preciso de agua cuando es necesario para cumplir con los requisitos de los cultivos. Estos resultados subrayan la importancia de tener en cuenta la demanda estacional de agua para el riego y la importancia de adoptar tecnologías de riego eficaces para garantizar la utilización eficiente de los recursos hídricos en la agricultura y, en última instancia, mejorar la productividad y la sostenibilidad de la industria agrícola.

Por otra parte, en la investigación realizada por (Sanabria, 2022), La implementación de un sistema de riego por aspersión en el anexo de Saños Grande resultó en una mejora del 50% en la eficiencia del uso del agua durante los períodos de poca lluvia. Si bien no se proporcionan datos precisos sobre la demanda de agua, se subraya la importancia de mejorar la eficiencia de los recursos hídricos en la agricultura. Ambos estudios ponen de manifiesto la importancia de conocer la demanda de agua para riego y la necesidad de optimizar su uso. Tu investigación proporciona datos concretos sobre la demanda anual y mensual de agua para riego, mientras que el documento presentado se centra en los beneficios de la optimización del uso del agua a través del diseño de sistemas de riego por aspersión. Además, La información sobre la demanda de agua para riego complementa los resultados obtenidos en el estudio del diseño del sistema de riego por aspersión, ya que permite contextualizar la importancia de maximizar la eficiencia en el uso del agua para satisfacer las necesidades de riego de manera sostenible.

- El diseño hidráulico debe realizarse utilizando una plantilla de Excel con rociadores del tipo de boquilla Xcel-Wobber #10 Turquesa de 3,97 mm junto con sus accesorios correspondientes para toda el área. Las tuberías de PVC (cloruro de polivinilo) se seleccionaron por su resistencia a los daños causados por el agua, la corrosión, los sulfatos y los cloruros. Además, ofrecen una alta resistencia al impacto, una superficie interior lisa, una instalación sencilla, costuras herméticas y un costo menor en comparación con los materiales alternativos. Se ha realizado una inversión de S/551.426,98 suelas en un sistema de riego técnico, que incluye tuberías, tanques, canales, equipos, accesorios y herramientas. Al comparar estos resultados con la tesis de (Cayllahua Boza 2022), la cual se enfoca en el diseño de un sistema de riego tecnificado por aspersion, se puede apreciar la importancia de considerar aspectos como la selección de materiales y la inversión total en el sistema. Ambas investigaciones resaltan la necesidad de utilizar tecnologías y materiales apropiados para asegurar un funcionamiento óptimo del sistema de riego y maximizar su eficiencia en el uso del agua.

Por otra parte, en el estudio de (Sanabria Fabian 2022), afirma que el sistema de riego por aspersion en el anexo de Saños Grande se diseñó con tuberías de PVC de diferentes tamaños para el canal principal, la red primaria y los lados. Si bien el tipo específico de rociador sigue sin especificarse, se hace hincapié en la importancia de elegir los materiales apropiados para mejorar la eficiencia del uso del agua en el sistema de riego. Además, en el anexo de Saños Grande no se menciona explícitamente el costo total exacto asociado al diseño del sistema de riego por aspersion. Sin embargo, se destaca la importancia de considerar la inversión en infraestructura de riego como un factor clave para optimizar los recursos hídricos y promover la eficiencia en la agricultura. Se puede decir que, En resumen, la presente investigación como la investigación de Sanabria coincide en la importancia de seleccionar los materiales adecuados y realizar una inversión adecuada en el diseño del sistema de riego para garantizar su eficiencia y sostenibilidad. Ambos aspectos son fundamentales para lograr los objetivos de optimización de recursos hídricos y mejora en la eficiencia del riego en la agricultura.

CONCLUSIONES

- El hallazgo clave indica que, al optimizar nuestros recursos hídricos mediante la selección de tecnología de diseño de riego, en el estudio se eligió el método de aspersión, lo que ayudó a conservar el agua y reducir el desperdicio en las tierras agrícolas. Este recurso en particular representa el 75 por ciento de la eficacia de la técnica de riego seleccionada. En cuanto al requerimiento anual de agua mediante riego por aspersión, asciende a 26,994.73 metros cúbicos por año, siendo el mes de mayo el que registró la mayor demanda, con 4,804.30 metros cúbicos por mes y un tipo de cambio de agua de 5.17 mm/día. Esto se traduce en un ahorro de 46947.17 metros cúbicos al año.
- En la actualidad, se necesitan 73941.9 metros cúbicos de agua de riego al año, y la demanda máxima se produce en junio con 12729.6 metros cúbicos por mes. La tasa de reposición de agua se registra en 14,1 mm por día.
- En el tema hidráulico se realizó el diseño de una captación tipo galería en el programa Excel con tuberías ramificadas para una mejor captación de aguas subterráneas, se utilizó tubería en forma de ramales principales PVC-SAP 6" y tuberías PVC-SAP 4" de acuerdo al tipo de manantial, levantamiento topográfico y cotas de terreno se diseñó una línea de conducción de 760 ML. utilizando la fórmula de Hazen-Williams se prosiguió a determinar las velocidades en las tuberías, los resultados indican que la tubería de la línea de conducción a utilizar será tuberías de 2" pulgadas, en los datos obtenidos nuestra la velocidad y columna de agua se encuentran dentro de los límites, se consideró 2 válvulas rompe presión para eliminar el aire de las tuberías, y una válvula de purga, para eliminar los sedimentos que se pueden acumular en las tuberías, y una cámara rompe presión(CRP-TIPO 6) Mediante diseño agronómico se requirió la construcción de un reservorio de 200 m³, ya que el caudal del sistema tiene como demanda de caudal $Q=4.15$ l/s y solo se cuenta con una oferta de 1.93 l/s de caudal obtenido del manantial.

Luego se diseñó el sistema de riego tecnificado de acuerdo a la necesidad el trabajo de investigación se eligió un aspersor de modelo YBR 80 – ½" de 2 bar

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un mantenimiento rutinario de los sistemas de riego, que incluye tareas como limpiar los filtros de riego por goteo, inspeccionar las boquillas, identificar las tuberías con fugas y examinar las conexiones roscadas.
- Se recomienda identificar el tipo de suelo agrícola, ya que se puede encontrar con suelos arenosos que facilita el drenaje del agua al subsuelo así la planta no puede aprovechar el agua necesaria es por ello que se necesitará un mayor tiempo de riego.
- Es crucial tener en cuenta las características específicas del lugar de investigación, incluidas la topografía y la hidrología. Un examen minucioso de la metodología y una interpretación cuidadosa de los hallazgos son esenciales para atender a la comunidad Cuñas que en la actualidad utilizan 4 hectáreas para el cultivo de maíz.
- No deje caer la tubería de PVC, ya que puede golpear rocas u hormigón y hacer que se desmorone. Incluso si la tubería no se rompe, aún puede romperse y posiblemente explotar debido a la presión normal del agua.
- El uso responsable del riego y sus turnos asegura el buen funcionamiento del sistema.
- Se requieren aproximadamente 30 aspersores porque los resultados obtenidos ayudarán en la optimización del agua para las 4 hectáreas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALALI, J. y ALALI, S., 2020. An irrigation system.
2. AMBLARD, L., 2019. Collective action for water quality management in agriculture: The case of drinking water source protection in France. *Global Environmental Change*, vol. 58, ISSN 09593780. DOI 10.1016/j.gloenvcha.2019.101970.
3. AMIN, M.M., DORRA, E.M. y HOSNY, O.A., 2023. Optimization of Urban Water Consumption in Residential Buildings. *Sustainability*, vol. 15, no. 10, ISSN 2071-1050. DOI 10.3390/su15107952.
4. ANDRADE, C., 2021. A Student's Guide to the Classification and Operationalization of Variables in the Conceptualization and Design of a Clinical Study: Part 1. *Indian Journal of Psychological Medicine*, vol. 43, no. 2, ISSN 0253-7176. DOI 10.1177/0253717621994334.
5. ARAPA QUISPE, J.B., 2023. Optimización del uso del agua con fines de riego en la UNALM, utilizando el modelo ISAREG y los SIG. ,
6. ASMELITA, LIMANTARA, L.M., BISRI, M., SOETOPO, W. y FARNI, I., 2022. Dynamics System Model for the Optimization of Irrigation Water Allocation. *Journal of Hunan University Natural Sciences*, vol. 49, no. 12, ISSN 1674-2974. DOI 10.55463/issn.1674-2974.49.12.5.
7. BELMIN, R., MALÉZIEUX, E., BASSET-MENS, C., MARTIN, T., MOTTES, C., DELLA ROSSA, P., VAYSSIÈRES, J.-F. y LE BELLEC, F., 2022. Designing agroecological systems across scales: a new analytical framework. *Agronomy for Sustainable Development*, vol. 42, no. 1, ISSN 1774-0746. DOI 10.1007/s13593-021-00741-9.
8. BUBER, Alina, DOBRACHEV, Y., BUBER, Alexander y RATKOVICH, E., 2023. Theoretical Approaches to Water Use Optimization for Rice Irrigation Systems in the Lower Kuban. *Irrigation and Drainage - Recent Advances*. S.l.: IntechOpen,
9. CÁCERES RIVAS, E.M., 2024. optimización de un sistema de riego inteligente para la agricultura sostenible. ,

10. CALLEJAS MONCALEANO, D.C., PANDE, S. y RIETVELD, L., 2021. Water Use Efficiency: A Review of Contextual and Behavioral Factors. *Frontiers in Water*, vol. 3, ISSN 2624-9375. DOI 10.3389/frwa.2021.685650.
11. CAYLLAHUA BOZA, S.H., 2022. Diseño de Riego Tecnificado en la Optimización del Recurso Hídrico de Sapallanga–Huancayo. ,
12. CHIDAMBARAM, R., 2007. Directed basic research. *Current Science*, ISSN 0011-3891.
13. COOK, K.I. y PROVAZNIK, R.E., 2018. *Irrigation system with gearbox heat exchangers*. 1 febrero 2018. S.l.: Google Patents.
14. ERNESTO CALDERON, J., 2016. THE HYPOTHETICAL-DEDUCTIVE METHOD OR THE INFERENCE TO THE BEST EXPLANATION: THE CASE OF THE THEORY OF EVOLUTION BY NATURAL SELECTION. *Ludus Vitalis*, vol. 23, no. 45, ISSN 1133-5165.
15. FARID, S., 2022. Observation. *Principles of Social Research Methodology*. Singapore: Springer Nature Singapore, pp. 365-375.
16. FATICHI, S., PASCHALIS, A., BONETTI, S., MANOLI, G. y PAPPAS, C., 2023. Water use efficiency: A review of spatial and temporal variability. *Encyclopedia of Soils in the Environment*. S.l.: Elsevier, pp. 527-542.
17. FRIEDMAN, S.P., 2023. Irrigation methods. *Encyclopedia of Soils in the Environment*. S.l.: Elsevier, pp. 608-623.
18. GOODFELLOW, L.T., 2023. An Overview of Survey Research. *Respiratory Care*, vol. 68, no. 9, ISSN 0020-1324. DOI 10.4187/respcare.11041.
19. GUEVARA, S., SINGH, Y., SHORES, A., MERCADO, J., POSTIGO, M., GARCIA, J. y NEWELL, B., 2020. Development of a Pilot Smart Irrigation System for Peruvian Highlands. *Journal of Contemporary Water Research & Education*, vol. 171, no. 1, ISSN 1936-7031. DOI 10.1111/j.1936-704X.2020.3344.x.
20. GUO, B., MENG, Y. y WEI, N., 2022. Hydraulics design. *Applied Gaseous Fluid Drilling Engineering*. S.l.: Elsevier, pp. 135-183.
21. HERNÁNDEZ-SAMPIERI, R. y MENDOZA, C., 2020. *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. 2020. S.l.: Mcgraw-hill México.
22. HERRERA, J.V. y ROMERO-ALVA, V., 2023. Technified Irrigation System for Crops using Automated Technology to Optimize Water Consumption in an Efficient Way.

- International Journal of Electrical and Electronics Engineering*, vol. 10, no. 3, ISSN 23488379. DOI 10.14445/23488379/IJEEE-V10I3P106.
23. IORIS, A.A.R., 2012. Scarcity, neoliberalism and the 'water business' in Lima, Peru. *Human Geography*, vol. 5, no. 2, ISSN 1942-7786.
24. JAMES, C.S., 2020. Basic Hydraulic Concepts. *Hydraulic Structures*. Cham: Springer International Publishing, pp. 1-59.
25. KARPENKO, S. y RUDAKOVA, H., 2022. MATHEMATICAL MODEL OF THE CLOSED IRRIGATION SYSTEM AS THE CONTROL OBJECT. *International scientific and technical conference Information technologies in metallurgy and machine building*, ISSN 2708-0102. DOI 10.34185/1991-7848.itmm.2022.01.023.
26. LIU, J., HERTEL, T.W., LAMMERS, R.B., PRUSEVICH, A., BALDOS, U.L.C., GROGAN, D.S. y FROLKING, S., 2017. Achieving sustainable irrigation water withdrawals: global impacts on food security and land use. *Environmental Research Letters*, vol. 12, no. 10, ISSN 1748-9326. DOI 10.1088/1748-9326/aa88db.
27. LIU, J., HERTEL, T.W., TAHERIPOUR, F., ZHU, T. y RINGLER, C., 2013. Water scarcity and international agricultural trade. ,
28. MARPAUNG, L., 2016. Evaluasi Jaringan Saluran Irigasi Paya Sordang Kabupaten Tapanuli Selatan. ,
29. MASON, S., SPIWAK, R. y LOGSETTY, S., 2020. Population-Based Research Using Administrative Data to Evaluate Long-Term Outcomes in Burn Injury. *Handbook of Burns Volume 1*. Cham: Springer International Publishing, pp. 85-92.
30. MATTHEWS, K.R., 2023. Agricultural water. *The Produce Contamination Problem*. S.I.: Elsevier, pp. 67-77.
31. MIKSZA, P., SHAW, J.T., KAPALKA RICHERME, L., HASH, P.M., HODGES, D.A. y CASSIDY PARKER, E., 2023. Descriptive Statistics. *Music Education Research*. S.I.: Oxford University PressNew York, pp. 325-346.
32. MUÑOZ, I., 2015. Adaptación y debilidad del Estado: el caso de la escasez de agua subterránea en Ica. *Revista de Ciencia Política y Gobierno*, vol. 2, no. 4, ISSN 2313-304X.
33. NARAYAN, K.G., SINHA, D.K. y SINGH, D.K., 2023. Sampling Techniques. *Veterinary Public Health & Epidemiology*. Singapore: Springer Nature Singapore, pp. 111-123.

34. ORBE PINCHAO, L.V. y RAMOS BERMEJO, V.Paola., 2021. *Evaluación hidrológica-hidráulica y optimización del sistema de riego “virgen de las nieves”, comunidad compañía obraje del cantón colta-provincia del Chimborazo mediante el uso de watergems y cropwat. 2021.* Quito: Escuela Politécnica Nacional.
35. PATEL, S.S. y PATEL, A., 2023. Survey Research. *Elements of Clinical Study Design, Biostatistics & Research.* S.I.: BENTHAM SCIENCE PUBLISHERS, pp. 89-98.
36. PERELMAN, G., OSTFELD, A. y FISHBAIN, B., 2023. Robust Optimal Operation of Water Distribution Systems. *Water*, vol. 15, no. 5, ISSN 2073-4441. DOI 10.3390/w15050963.
37. PUICON HUAMAN, C.A. y SALAZAR DELGADO, J.M., 2023. Optimización del actual sistema de riego por goteo en 11 hectáreas de mango Kent en el caserío Médano del distrito de Olmos. ,
38. ROSA, L., CHIARELLI, D.D., RULLI, M.C., DELL’ANGELO, J. y D’ODORICO, P., 2020. Global agricultural economic water scarcity. *Science Advances*, vol. 6, no. 18, ISSN 2375-2548. DOI 10.1126/sciadv.aaz6031.
39. RUNCK, B., STREED, A., WANG, D.R., EWING, P.M., KANTAR, M.B. y RAGHAVAN, B., 2023. State spaces for agriculture: A meta-systematic design automation framework. *PNAS Nexus*, vol. 2, no. 4, ISSN 2752-6542. DOI 10.1093/pnasnexus/pgad084.
40. SALEMBIER, C., SEGRESTIN, B., WEIL, B., JEUFFROY, M.-H., CADOUX, S., CROS, C., FAVRELIÈRE, E., FONTAINE, L., GIMARET, M., NOILHAN, C., PETIT, A., PETIT, M.-S., PORHIEL, J.-Y., SICARD, H., REAU, R., RONCEUX, A. y MEYNARD, J.-M., 2021. A theoretical framework for tracking farmers’ innovations to support farming system design. *Agronomy for Sustainable Development*, vol. 41, no. 5, ISSN 1774-0746. DOI 10.1007/s13593-021-00713-z.
41. SALMIA, S.S., 2023. DEVELOPMENT OF QUALITY INSTRUMENTS AND DATA COLLECTION TECHNIQUES. *Jurnal Pendidikan dan Pengajaran Guru Sekolah Dasar (JPPGuseda)*, vol. 6, no. 1, ISSN 2623-0232. DOI 10.55215/jppguseda.v6i1.7527.
42. SANABRIA FABIAN, M.G., 2022. Diseño del Sistema de Riego por Aspersión en la Optimización de Recursos Hídricos en el Distrito-El Tambo. ,

43. SÁNCHEZ BRACHO, M., FERNÁNDEZ, M. y DÍAZ, J., 2021. Técnicas e instrumentos de recolección de información: análisis y procesamiento realizado por el investigador cualitativo. *Revista Científica UISRAEL*, vol. 8, no. 1, ISSN 2631-2786. DOI 10.35290/rcui.v8n1.2021.400.
44. SCHÜTZE, N., WÖHLING, T., DE PALY, M. y SCHMITZ, G., 2006. Global optimization of deficit irrigation systems using evolutionary algorithms. *Proceedings of Denmark, Proceedings of the XVI International Conference on Computational Systems*. S.l.: s.n.,
45. SHANG, Y., JIANG, Zecai., JIANG, S., WANG, Z., SUN, H., YU, J., LIU, M., WANG, Y., TONG, B. y MIAO, F., 2017. Theoretical calculation method for water content of mixed material of cement stabilized macadam road pavement.
46. SHARMA, A., VARMA, S. y JOSHI, D., 2008. Social equity impacts of increased water for irrigation. *Strategic analyses of the national river linking project (NRLP) of India series 2*, vol. 6, no. 5, 800,
47. SHINOGI, Y., 2002. Optimal water management: Case study of tank cascade system. *JIRCAS International Symposium Series (Japan)*. S.l.: s.n., ISBN 1340-6108.
48. SKEWES LETELIER, E.G., 2021. Optimización del abastecimiento de agua para un sistema de riego por pivote central. ,
49. SUKRI, A.S., BAHRUN, A., -, S., HEMON, T. y SYAF, H., 2020. Performance Optimization Viewing Wawotobi Irrigation Network. *International Journal of Engineering Research and Technology*, vol. 13, no. 6, ISSN 0974-3154. DOI 10.37624/IJERT/13.6.2020.1101-1109.
50. TAFT, H.L., 2015. Water Scarcity. *Food, Energy, and Water*. S.l.: Elsevier, pp. 395-429.
51. UNGUREANU, N., VLĂDUȚ, V. y VOICU, G., 2020. Water Scarcity and Wastewater Reuse in Crop Irrigation. *Sustainability*, vol. 12, no. 21, ISSN 2071-1050. DOI 10.3390/su12219055.
52. VALENCIA, R., 2015. *El sistema de riego y la incidencia en la productividad agrícola de las comunidades de Cochatuco y Llullucha, parroquia Angamarca, cantón Pujilí, provincia de Cotopaxi*". 2015. S.l.: s.n.
53. VASILIEV, S.M., BONDARENKO, V.L., SENCHUKOV, G.A. y GOSTISCHEV, V.D., 2019. Conceptual basis of methodology of improving the technology of water use for

- irrigation and watering systems. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 341, no. 1, ISSN 1755-1307. DOI 10.1088/1755-1315/341/1/012102.
54. VILCA CALLATA, F.I., 2019. Diseño hidráulico y optimización de recurso hídrico con fines de riego a presión en la Comunidad de Ancara-Distrito de Umachiri-Melgar-Puno. ,
55. WAGNER, C.R.H., 2019a. *Governing water quality limits in agricultural watersheds*. S.I.: The University of Vermont and State Agricultural College. ISBN 1392064821.
56. WAGNER, C.R.H., 2019b. *Governing water quality limits in agricultural watersheds*. S.I.: The University of Vermont and State Agricultural College. ISBN 1392064821.
57. WANG, J., SUN, T. y WANG, X., 2022. Research on the Application of Water Resources Optimal Allocation Model Based on Fuzzy Optimization Theory. *Polish Journal of Environmental Studies*, vol. 31, no. 6, ISSN 1230-1485. DOI 10.15244/pjoes/150046.
58. YILDIRIM, G., 2023. Review of Fundamentals in Hydraulic Engineering Perspective: Hydraulics Principles, Governing Equations, Design Criteria, Types of Design Problems, Hydraulics and Energy-Gradient Line Profiles for Uniformly Sloping Multiple Outlets Pipelines. . S.I.: s.n., pp. 1-14.
59. ZAPANA CHURATA, L.E., 2018. Respuestas a la crisis hídrica en zonas agrícolas y urbanas: Caso de estudio “Proyecto de Irrigación Majes Siguanas I” Arequipa – Perú. *Agua y Territorio*, no. 12, ISSN 2340-7743. DOI 10.17561/at.12.3532.
60. ZEINALIE, M., BOZORG-HADDAD, O. y AZAMATHULLA, H.M., 2021a. Optimization in Water Resources Management. . S.I.: s.n., pp. 33-58.
61. ZEINALIE, M., BOZORG-HADDAD, O. y AZAMATHULLA, H.M., 2021b. Optimization in Water Resources Management. . S.I.: s.n., pp. 33-58.
62. ZHANG, H.J., WEN, A.C. y ZHANG, J.D., 2014. Crop water production function of processing tomato (*Solanum Lycopersicum*) under regulated deficit irrigation. *Applied mechanics and materials*, vol. 496, ISSN 1662-7482.
63. ZHANG, S., FANG, G., ZHANG, D., JU, M. y ZHONG, H., 2023. Water resources optimal allocation model for coordinating regional multi-level water resources managers’ interests. *Frontiers in Environmental Science*, vol. 11, ISSN 2296-665X. DOI 10.3389/fenvs.2023.1152296.

ANEXOS

ANEXO N°01

Tabla 18

Matriz de consistencia Sistema de riesgo y la optimización del agua en el distrito de Yauyos - Jauja

PROBLEMA		OBJETIVOS		HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
PROBLEMA GENERAL:	OBJETIVO GENERAL:	OBJETIVO GENERAL:	OBJETIVO GENERAL:	El sistema de riego por aspersión permitirá la optimización del recurso hídrico en el Centro Poblado de Cuñas - Yauyos – Jauja.	Variable 1: Sistema de riego Dimensiones Diseño hidráulico diseño agronómico	METODO DE INVESTIGACION: Hipotético - Deductivo TIPO DE INVESTIGACION: Básica NIVEL DE INVESTIGACION: Descriptivo
¿Cómo contribuirá un sistema de riego tecnificado para la optimización del recurso hídrico en el distrito de Cuñas - Yauyos - Jauja?	Determinar el sistema de riego tecnificado que permitirá la optimización del recurso hídrico en el Centro Poblado de Cuñas - Yauyos - Jauja	Determinar la demanda de agua que se emplea actualmente en el sistema de riego tecnificado en el Centro Poblado de Cuñas - Yauyos - Jauja.	Determinar la demanda de agua que se emplea actualmente en el sistema de riego tecnificado en el Centro Poblado de Cuñas - Yauyos - Jauja.	La demanda de agua empleada actualmente en el sistema de riego en el Centro Poblado de Cuñas - Yauyos – Jauja. es excesiva y necesita ser optimizada	Variable 2: Optimización del agua Dimensiones Demanda de agua Balance hídrico	DISEÑO DE INVESTIGACION: No experimental POBLACIÓN 20 hectáreas en el centro poblado de cuñas. MUESTRA 4 hectáreas centro poblado de cuñas. TÉCNICA DE MUESTREO: No probabilístico -por conveniencia No probabilístico -por conveniencia
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	HIPÓTESIS ESPECIFICAS:		
¿Cuál es la demanda de agua que empleara para el sistema de riego tecnificado en el distrito de Cuñas - Yauyos - Jauja?	Determinar la demanda de agua que se emplea actualmente en el sistema de riego tecnificado en el Centro Poblado de Cuñas - Yauyos - Jauja.	Determinar la demanda de agua que se emplea actualmente en el sistema de riego tecnificado en el Centro Poblado de Cuñas - Yauyos - Jauja.	Determinar la demanda de agua que se emplea actualmente en el sistema de riego tecnificado en el Centro Poblado de Cuñas - Yauyos - Jauja.	El diseño hidráulico influye significativamente en la optimización del agua en el Centro Poblado de Cuñas - Yauyos – Jauja		
¿Cuál es la influencia del diseño hidráulico en la optimización del agua en el distrito de Cuñas - Yauyos - Jauja?	Calcular el diseño hidráulico para la optimización del agua en el Centro Poblado de Cuñas - Yauyos - Jauja	Calcular el diseño hidráulico para la optimización del agua en el Centro Poblado de Cuñas - Yauyos - Jauja	Calcular el diseño hidráulico para la optimización del agua en el Centro Poblado de Cuñas - Yauyos - Jauja	El diseño hidráulico influye significativamente en la optimización del agua en el Centro Poblado de Cuñas - Yauyos – Jauja		

ANEXO 02

Tabla 19

Matriz de operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Sistema de riego	Un sistema de riego es una red compleja diseñada para suministrar agua a las plantas de manera eficiente y sostenible, que a menudo incorpora diversas tecnologías y metodologías para optimizar el uso del agua y el consumo de energía (Wagner 2019b)	Un sistema de riego se compone de varios componentes y técnicas destinados a suministrar agua de manera eficaz a los cultivos, como torres de soporte móviles, conductos, motores de accionamiento, sensores y un sistema de control que funcionan en conjunto para regular la distribución del agua; (Alali y Alali 2020)	Diseño Hidráulico	Caudal Velocidad de agua Presión de agua tipo de flujo
			Diseño Agronómico	Cálculo de parámetros de riego Cálculo de necesidades hídricas Precipitación Eficiencia De Riego Evapotranspiración
Optimización del agua	La optimización del uso del agua implica el empleo de varias estrategias y modelos para mejorar la eficiencia y la sostenibilidad de los recursos hídricos, abordando las crecientes preocupaciones por la escasez de agua y el aumento de la demanda (Amin, Dorra y Hosny 2023)	La definición operativa de la optimización del agua en el contexto de los sistemas de distribución de agua (WDS) implica la creación de estrategias y políticas que garanticen el suministro eficiente y efectivo del agua a los consumidores, al tiempo que minimizan los costos asociados y mantienen las restricciones del sistema, como la presión, la calidad del agua y la satisfacción de la demanda (Perelman, Ostfeld y Fishbain 2023)	Demanda de agua	Dotación
			Balance Hídrico	Demanda de agua Oferta de agua

ANEXO 03

Tabla 20
Matriz de operacionalización de instrumentos

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA VALORATIVA	INSTRUMENTOS
Sistema de riego	Diseño hidráulico	Caudal Velocidad de agua presión de agua Tipo de flujo	Nominal	Hojas de calculo
	Diseño Agronómico	Cálculo de parámetros de riego Cálculo de necesidades hídricas Precipitación Eficiencia de riego Evapotranspiración		
Optimización del agua	Cantidad de agua	Oferta de agua	Nominal	ficha de campo
		Demanda de Agua		balance hídrico

ANEXO N°04



FACULTADA DE INGENIERIA

ESCUELA PROFECIONAL DE INGENIERIA CIVIL

"SISTEMA DE RIEGO Y LA OPTIMIZACIÓN DEL AGUA EN EL DISTRITO DE YAUYOS-JAUJA "

CUESTIONARIO

INDICACION: CONTESTE EL PRESENTE CUESTIONARIO SEGÚN CRITERIO Y MAQUE CON UNA X^o SEGÚN CORRESPONDA

1. Apellidos y Nombres _____ EDAD _____

2. Usan fuente para el uso del riego

Si		No		Desconozco	
----	--	----	--	------------	--

3. ¿Las hectáreas de riego son de 4Ha a más?

Si		No		Desconozco	
----	--	----	--	------------	--

4. Te alcanza agua para que riegues todos los meses del año

Si		No		Desconozco	
----	--	----	--	------------	--

5. Es el maíz el cultivo que más se siembra

Si		No		Desconozco	
----	--	----	--	------------	--

6. Utilizas algún sistema de riego para tu cultivo

Si		No		Desconozco	
----	--	----	--	------------	--

7. Cree usted que utilizando el recurso de agua con mayor eficiencia se colaborara con la racionalización de su uso

Si		No		Desconozco	
----	--	----	--	------------	--

8. Considera usted que el desperdicio de agua de riego contribuye a la desigualdad repartición del recurso

Si		No		Desconozco	
----	--	----	--	------------	--

9. Si tuviera la oportunidad, estaría dispuesto a tecnificar la irrigación de sus cultivos con el propósito de mejorar su producción agrícola

Si		No		Desconozco	
----	--	----	--	------------	--

10. usted cree que un sistema de riego por aspersión es más adecuado para la zona de acuerdo a la disposición de los terrenos

Si		No		Desconozco	
----	--	----	--	------------	--

ANEXO N°05

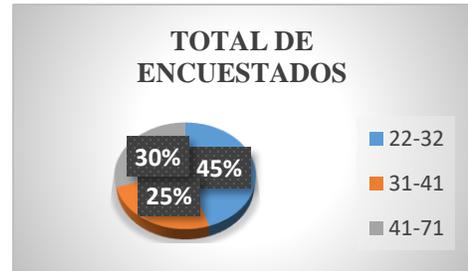
Cantidad	Apellidos y nombres	N° DNI	Firma	Huella
1	Martinez Matamoros Alberto	43733277		
2	Caponi Matamoros Juan	42994903		
3	Quispe Ariango Jonathan	73269055		
4	Ariano Ccencho Elias	43585510		
5	Yalli Condoni Franklinton	71349496		
6	Yalli Martinez Braulio	23253522		
7	Mayhua Mendez Herbert	40174206		
8	Rojas Lalcan Jhon Richar	47016423		
9	Yalli Condoni Elvis	71349491		
10	Mitmo Condoni Yorlin	71382592		
11	Espinosa Bozo Elvis	75938757		
12	Bozo Enrique EUPR	71382316		
13	Yalli Martinez Rolando	23279404		
14	Bozo Taipo Donato	23250254		
15	Ichpas Taipo Angel	71377752		
16	Salvatierra Vargas Antonio	41938496		
17	Riveros Vargas Simon Inoc	20041855		
18	Vega Aybar Soyar Gilma	71978626		
19	Ichpas Taipo Angel	71877752		
20	Quanto Olango Juan Carlos	23385026		

ANEXO N°06

Resultado de la encuesta

1. En la encuesta que se realizó a los pobladores del centro poblado de Cuñas – Yauyos-Jauja, se verifico que sus edades están en el rango de 20 – 75 años.

ANGO DE EDADES	TOTAL, DE ENCUESTADOS
22-32	9
31-41	5
41-71	6



2. Se muestra la cantidad de personas que usan una fuente para el uso del riego.

N° de encuestados	Usan una fuente para el uso del riego	Total
20	SI	100



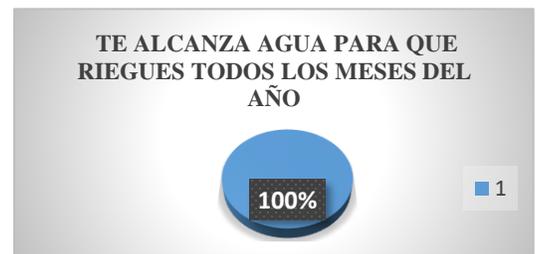
3. Se muestra la cantidad de hectáreas de riego.

N° de encuestados	Las hectáreas de riego son de 4Ha a más	Total
17	SI	88%
2	NO	12%



4. Se muestra el alcance de agua para los riegos en todos los meses del año.

N° de encuestados	Te alcanza agua para que riegues todos los meses del año	Total
20	NO	100%



5. Se muestra el tipo de cultivo

N° de encuestados	Es el maíz el cultivo que más se siembra	Total
20	SI	100%



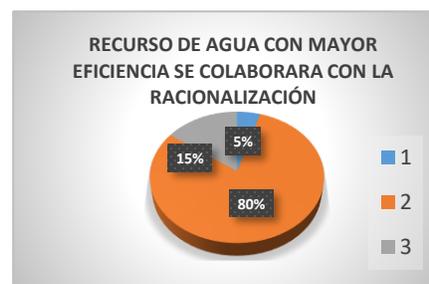
6. Se muestra el porcentaje de encuestados que tienen un sistema de riego.

N° de encuestados	Utilizas algún sistema de riego para tu cultivo	
1	SI	5%
16	NO	85%
3	DESCONOCE	16%



7. Se muestra la consideración de los encuestados que utilizando el recurso de agua con mayor eficiencia se colaborara con la racionalización de su uso.

N° de encuestados	Cree usted que utilizando el recurso de agua con mayor eficiencia se colaborara con la racionalización de su uso	
17	SI	85%
1	NO	5%
2	DESCONOCE	10%



8. se muestra la aceptación del sistema de riego por aspersión.

N° de encuestados	Usted cree que un sistema de riego por aspersión más adecuado para la zona de acuerdo a la disposición de los terrenos	
20	SI	100%



9. Se muestra si el encuestado considera usted que el desperdicio de agua de riego contribuye a la desigualdad repartición del recurso.

N° de encuestados	Considera usted que el desperdicio de agua de riego contribuye a la desigualdad repartición del recurso	
20	SI	100%



10. Se muestra el interés por tecnificar la irrigación de sus cultivos.

N° de encuestados	Si tuviera la oportunidad, estaría dispuesto a tecnificar la irrigación de sus cultivos con el propósito de mejorar su producción agrícola	
20	SI	100%



ANEXO N°07

Cálculos para el diseño agronómico para sistema de riego por aspersión

DISEÑO AGRONOMICO DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN

DATOS DE DISEÑO

TIPO DE SUELO	Limo arcilloso	
TOPOGRAFIA	0.50	
AREA DE RIEGO EN EL MES CRITICO (A)	4.00	Has
FUENTE DE AGUA	LAMT	
CAUDAL DE OFERTA (Q)	1.93	lt/seg
SALINIDAD	<500	mg/lt por segundo
VELOCIDAD DE VIENTO(V)	5.08	km/h
HUMEDAD CAPACIDAD DE CAMPO (Θ _{cc})	24.00	%
HUMEDAD A PUNTO DE MARCHITEZ(Θ _{pmp})	10.00	%
PORCENTAJE APROVECHABLE(n)	60.00	%
PROFUNDIDA RADICULAR(H) (MAIZ)	60.00	cm
DEMANDA NETA(ETR-Pe)(mes critico)	3.57	mm/dia
EFICIENCIA DE APLICACIÓN(Ea)	75.00	%
VELOCIDAD DE INFILTRACION BASICA(Lb)	10.00	mm/hr

CAPACIDAD DE SISTEMA

$$Q = \frac{A * Lb}{F * T}$$

A: Area del terreno en m²
 Lb: lamina bruta de aplicacion en cm
 F: Frecuencia de riego en dias
 T: Tiempo de operación del sistema en hr/dia

FRECUENCIA DE RIEGO(F)

$$F = \frac{L}{ETR}$$

F= 14.12
 F= 15.00

TIEMPO DE OPERACIÓN DIARIA DEL SISTEMA

Zona de proyecto horas de riego T= 12

CAUDAL DE DEMANDA DEL SISTEMA

Caudal del sistema Q_s= 4.15

CAUDAL OFERTA

Caudal de oferta Q= 1.93

Q < Q_s Se requiere reservorio

DISEÑO HIDRAULICO DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION

Dimensiones del reservorio

Volumen total para reservar en el reservorio	V=	360 m ³
altura del tirante de agua	h=	2 m
ancho de la base(lx4/5)	B=	12
largo de la base/1.25B)	L=	15
Borde libre del reservorio	BL=	0.2 m
altura total del reservorio	H=	2.2 2.2
volumen total maximo almacenado	V _{max} =	360 m ⁴

TASA OPTIMA DE APLICACIÓN

$$I = \frac{Lb}{T}$$

I=	5.6	pluviometria
Ib=	10	
I<Ib=	ok	

ESPACIAMIENTO DESCARGA DE BOQUILLA Y PRESION DE OPERACIÓN
ESPACIAMIENTO DE LA TUBERIA LATERAL Y ASPESOR(SL,SA)

Espaciamiento del lateral	SL=	18 m
espaciamiento del aspersor	SA=	12 m

DESCARGA DE LA BOQUILLA DEL ASPERSOR

$$q = \frac{SL * SA * I}{3600}$$

q=	0.336 lt /s
----	-------------

TIPO DE ASPERSOR (catalogo de aspersores)

teniendo en cuenta la tasa de infiltracion optima y descarga escogemos el aspersor

Tipo de aspersor	p=	VYR 80 -1/2"
Presion de operación	p=	2 BAR
Diametro de humedecimiento	Ø=	30 m
Caudal de operación	qa=	0.336 lt/seg
Pluviometria	Ia=	10 mm/hr

VERIFICACION DEL TRASLAPE (ARREGLO RECTANGULAR

VELOCIDAD DEL VIENTO	V=	5.08
Max espaciamiento del lateral	Sl=	60
maximo espaciamiento aspersor	Sa=	60
espaciamiento del lateral	Sl=	18
espaciamiento aspersor	Sa=	18
comparando con lo asumido SL	SL<Sl	OK
comparando con lo asumido SI	SA<=Sa	OK

NUMERO DE ASPERSORES OPERANDO SIMULTANEAMENTE

$$Na = \frac{Q}{q}$$

Na=	12.34567901
numero de aspersores Na=	93

DETERMINACION DE NUMERO DE LATERALES

Li=	100
-----	-----

NUMERO DE ASPERSORES POR LATERAL

$$Nasplat = \frac{Llat}{SA}$$

Nasp/la =	8.33	
	9	aspersores

NUMRO DE LATERALES

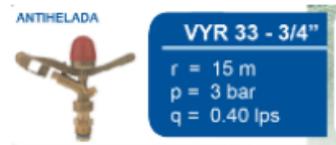
$$Naplat = \frac{Na}{Nasplat}$$

Nlat =	10.3	aspersores
	11	

ANEXO N°08

Diseño agronómico y calculo de necesidad de riego

DISEÑO AGRONOMICO Y CALCULO DE NECESIDAD DE RIEGO											
DATO											
DATOS DEL SUELO		DATOS DEL SISTEMA									
Textura	Fr Ar	DATOS DE LA FUENTE									
cont de H capacidad de campo(Hcc)	24%	Caudal del sistema	4.15 lt/s								
cont de H punto de marchitez(Hpm)	10%	tiempo de riego	12 hr								
Peso especifico aparente(Pea)	1.32 gr/cm ³	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #FFDAB9;"> <th style="width: 25%;">CULTIVO</th> <th style="width: 25%;">AREA</th> <th style="width: 25%;">ln</th> <th style="width: 25%;">IR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Maiz</td> <td style="text-align: center;">4 ha</td> <td style="text-align: center;">50.4</td> <td style="text-align: center;">4 ha</td> </tr> </tbody> </table>		CULTIVO	AREA	ln	IR	Maiz	4 ha	50.4	4 ha
CULTIVO	AREA	ln	IR								
Maiz	4 ha	50.4	4 ha								
velocidad de infiltracion basica(I)	9.80mm/HR	SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION									
profundidad efectiva(m)	0.60m	Metodo	aspersion								
peso especifico del agua(pew)	1.00 gr/cm ³	eficiencia	75%								
TIEMPO DE RIEGO CORREGIDO		porc traslape en aspersores	80%								
CULTIVOS		CAUDAL DEL ASPERSOR	0.33 lt/s								
Tiempo de riego ajustado	12 h	modelo de aspersor	Aspersor VYR 33-3/4"								
Modulo de riego lt/sg/ha) MR"	0.54 lt/ha	Tasa de aplicación	10 mm/dia								
Area Neta Regable Total (Has)	4 Ha	espaciamiento del lateral	18 m								
TASA OPTIMA DE APLICACIÓN		espaciamiento del aspersor	18 m								
TASA OPTIMA DE APLICACIÓN < VELOCIDAD DE INFILTRACION BASICA		numero de aspersores	13 und								
6.40mm/hr<10mm/hora		numero de aspersores por lateral	9 und								
Verificacion de la lluvia del aspersor "I<=Ib"	SE ACEPTA EL DISEÑO	numero de laterales	2 laterales								



ANEXO N°09

Memoria de cálculo de captación tipo galería

DISEÑO DE LA CAPTACION DE CAMARA HUMEDA DE LOS DRENES DE CAPTACION

Qmd= 1.93 Lts/seg
 Qmax= 1.34 Lts/seg

1.-DISTANCIA ENTRE EL AFLORAMIENTO A LA CAMARA HUMEDA

Ecuacion de Bernoulli

$$\frac{P_0}{\gamma} + h_0 + \frac{V_0^2}{2g} = \frac{P_1}{\gamma} + h_1 + \frac{V_1^2}{2g} \quad g=9.81 \text{ m/s}^2$$

$$h_0 = \frac{V_1^2}{2g} \quad \dots \text{ecuacion (a)}$$

Ecuacion de Continuidad entre el punto 1 y 2

$$Q_1 = Q_2$$

$$C_d \cdot A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2$$

Se asume areas iguales

$$V_1 = \frac{V_2}{C_d}$$

.....ecuacion (b)

Cd= 0.61

h0=H= 0.4 m

Reemplazando V1 de ecuacion (b) en ecuacion (a):

$$V_2 = \left[\frac{2 \cdot g \cdot h_0}{1.56} \right]^{1/2} \quad \dots \text{ecuacion (c)}$$

Se recomienda

V2= 2.24 mts/seg V2= 0.60

Vdiseño= 0.5 m/seg

$$h_0 = 1.56 \cdot \frac{V_2^2}{2g} \quad \dots \text{ecuacion (c)}$$

h0= 0.02 m

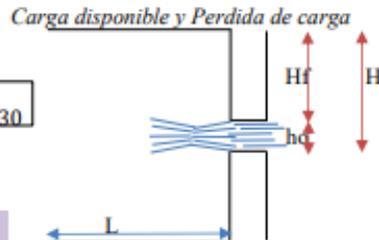
$$H = H_f + h_0$$

Hf= 0.38 m

$$H_f = 0.30 \cdot L \quad ; \quad L = \frac{H_f}{0.30}$$

L= 1.27 m

L(Diseño)= 1.30 m



2.- CALCULO DEL ANCHO DE PANTALLA

Calculo del diametro de la tubería (D)

$$Q_{max} = V \cdot A \cdot C_d$$

$$Q_{max} = A \cdot C_d \cdot (2gh)^{1/2}$$

$$D = \left(\frac{4A}{\pi} \right)^{1/2}$$

A= 0.00633 m² = 63.28 cm² = 9.81 "
 D= 0.0898 m = 8.98 cm = 3.54 "

Usar: D(Tubería)= 3 "

Calculo del numero de orificios (NA)

D1= 3.00

D2= 3.00

NA= 2

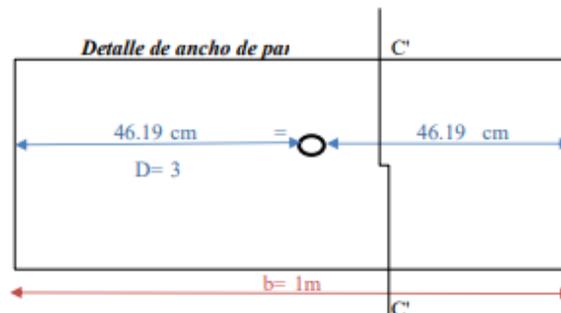
NA(Diseño)= 1

Ancho de pantalla (b)

b= 39.00 "

b= 99.06 cm

b(diseño)= 1.00 m



3.- ALTURA DE CAMARA HUMEDA (Ht)

$$H_t = A + B + H + D + E$$

A:	10 cm
B:	3.81 cm
D:	5 cm
E:	30 cm

Calculo de Altura de Agua:

$$H = 1.56 * \frac{V^2}{2g} = 1.56 * \frac{Q^2 md}{2gA^2}$$

Qmd:	0.00193 m ³ /s
A:	0.00456038 m ²
g:	9.81 Aceleracion gravitacional(9.8 1 m/s ²).
H:	0.0142 m <i>Se recomienda:</i>
H:	1.42 cm <i>H= 30cm</i>
H=	30.00 cm
Ht=	78.81 cm
Ht(diseño)=	1.00 m

4. DIMENSIONAMIENTO DE LA CANASTILLA

Dc=	3 "	
Dcanastilla=	6 "	
Ancho(ranura)=	5 mm	Largo(ran
Ar=	3.5E-05 m ²	7 mm
Ac=	0.00456038 m ²	
At=	0.00912076	

Longitud de Canastilla

Max.long=	46.00 cm
Min.Long=	23.00 cm

L(Canastilla)= 30.00 cm

Verificacion:

Ag=	0.07 m ²	
At	< 50%Ag	ok!

N° de ranuras= 261

Ar= 0.35 cm²

5. REBOSE Y LIMPIA

Ecuacion de Hasen Williams

Para C=140

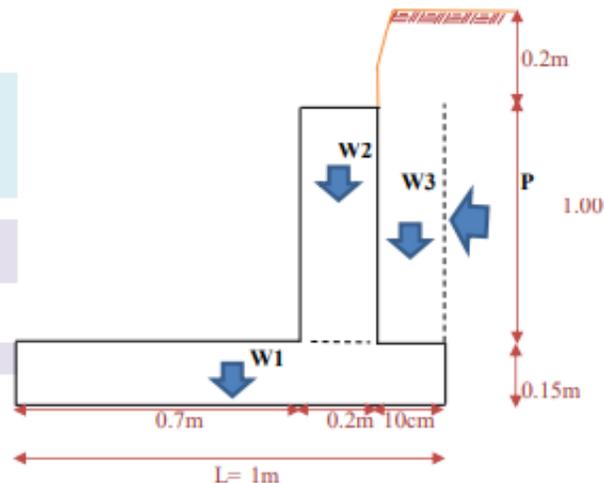
$$D = \frac{0.71 * Q^{0.38}}{h_f^{0.21}}$$

Q=	1.34 lts/seg
hf=	0.14 m/m
D=	1.2 "

D(tub.rebose) 2 "

DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA CAPTACION

L=	1.00 m
Hlibre=	0.2 m
H(terreno)=	1.15 m
Hlosa=	0.15 m
Ancho(muro)=	0.2 m
Ancho(s/c)=	0.1 m
Ancho(Interior)=	0.70 m
$\gamma_s =$	2.35 Tn/m³
$\varphi =$	45 °
u=	0.42
$\gamma_c =$	2.4 Tn/m ³
$f'_c =$	210 kg/cm²
$\sigma_1 =$	1 Kg/cm ²



ANEXO N°10

Memoria de cálculo del reservorio circular

DISEÑO DE RESERVORIOS CIRCULARES APOYADOS

I. Dimensionamiento del reservorio

Volumen asumido para el diseño

$V = 200 \text{ m}^3$

Borde libre

$a = 0.30 \text{ m}$

Altura de la salida de agua

$h_s = 0 \text{ m}$

Altura de agua asumiremos

$h = 4.00 \text{ m}$

Altura del muro

$H = h + a + h_s$

$H = 4.30 \text{ m}$

Cálculo del diámetro interno d_i

$$V = \frac{\pi \cdot d_i^2 \cdot h}{4}$$

$d_i = 7.98 \text{ m}$

Optamos por:

$d_i = 8.90 \text{ m}$

Verificamos:

$$\frac{d_i}{H} = 2.06977 > 1.5$$

Cumple

Cálculo flecha de la tapa (forma de bóveda)

$f = 1/6 \cdot d_i$

$f = 1.48 \text{ m}$

II. Datos Iniciales

Volumen del reservorio

$V = 200 \text{ m}^3$

Diámetro interior del reservorio

$d_i = 8.90 \text{ m}$

Borde libre

$a = 0.30 \text{ m}$

Altura del agua

$h = 4.00 \text{ m}$

Altura del muro

$H = 4.30 \text{ m}$

Flecha de la tapa

$f = 1.48 \text{ m}$

Ancho de análisis

$b = 1.00 \text{ m}$

Peso específico del agua

$\gamma_a = 1000 \text{ kg/m}^3$

Peso específico del suelo

$\gamma_s = 2000 \text{ kg/m}^3$

Peso específico de concreto

$\gamma_c = 2400 \text{ kg/m}^3$

Ángulo de fricción interna

$\phi = 15.0^\circ$

Capacidad portante terreno

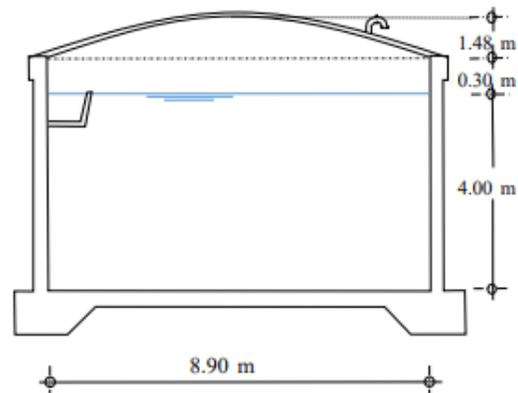
$\sigma_t = 0.8 \text{ kg/cm}^2$

Resistencia del concreto

$f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Esfuerzo de fluencia acero

$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$



III. Predimensionamiento

3.1 Cálculo del espesor de la pared (ep)

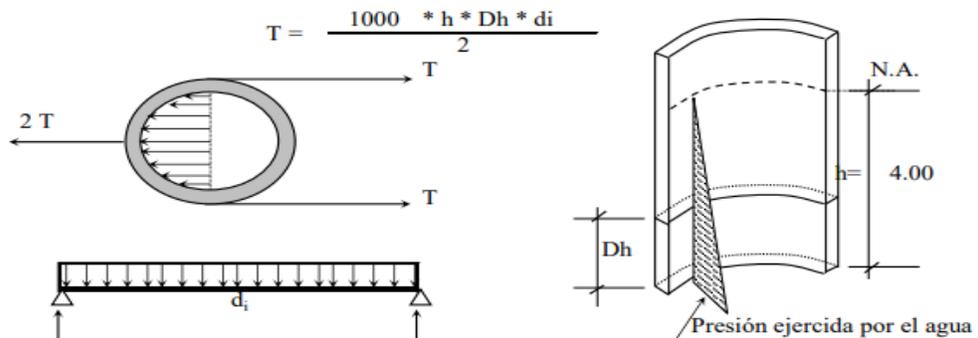
Se calcula considerando los siguientes criterios

a) Según company: $e_p \geq (7 + 2h/100) \text{ cm}$.

Reemplazando tenemos: $e_p \geq 15.00 \text{ cm}$

b) Según normatividad: $e_p \geq h / 12$

Reemplazando tenemos: $e_p \geq 33.33 \text{ cm}$



Analizando para un

Dh = 1.00 m

Reemplazando en la fórmula tenemos:

T = 17800 kg

La tracción será máxima cuando el agua llega

h = 4.00 m

Reemplazando en la fórmula tenemos:

T max = 17800 kg

Sabemos que la fuerza de Tracción admisible del concreto se estima 10% a 15% de su resistencia a la compresión

$T_c = f'c * 10\% * b * ep$ igualando a "T" (obtenido)

$e_p \geq 6.36$ cm

El valor mínimo para el espesor de pared que cumple con todos los criterios vistos será:

$e_p \geq 33.33$ cm

Optmos por $e_p = 30$ cm

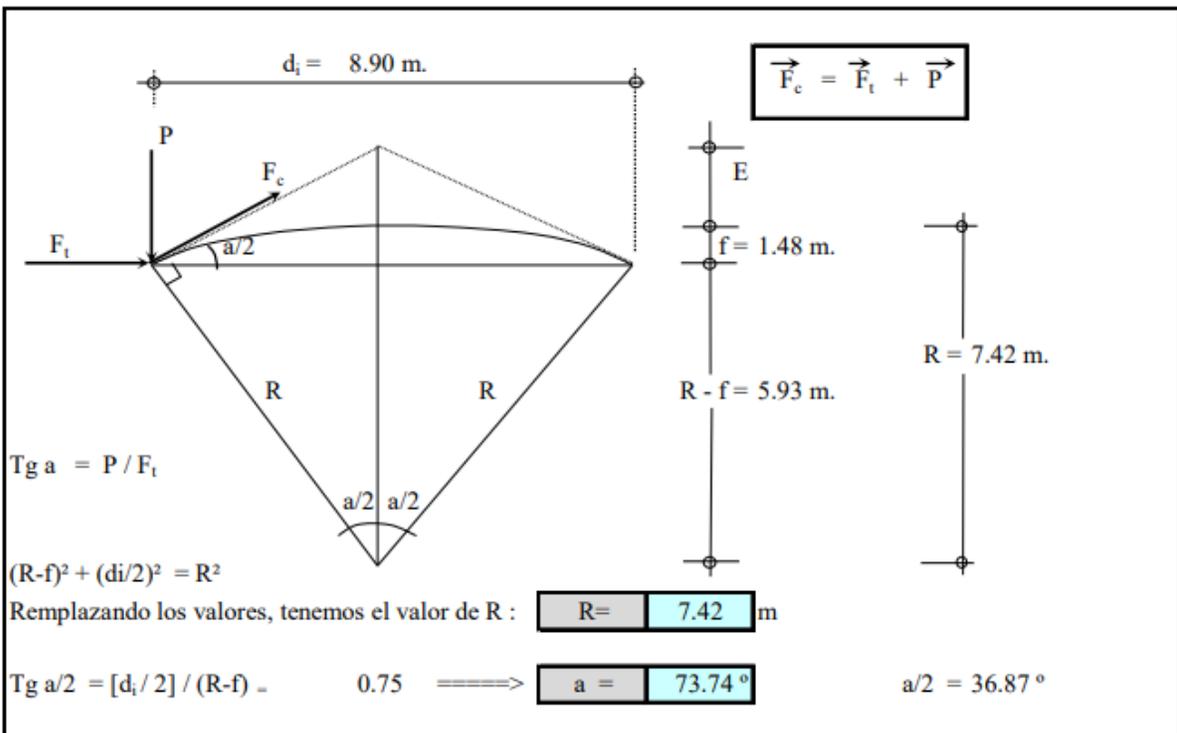
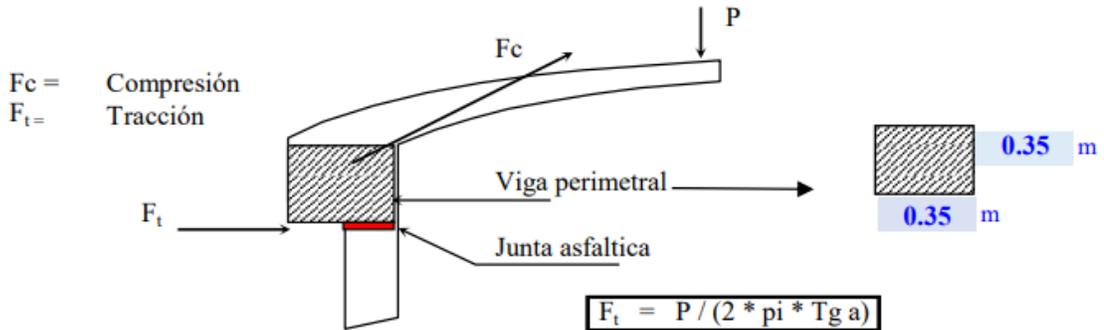
Cálculo de diametro exterior (de) $de = di + 2 * ep$

$d_e = 9.50$ m

Cálculo de diametro central (dc) $dc = di + 2 * ep / 2$

$d_c = 9.20$ m

3.2 Cálculo del espesor de la losa del techo (et)



Del gráfico: $F_c = P / \text{Seno } a$

Metrado de Cargas:

Peso propio	=	180	Kg/m ²
Sobre carga	=	150	Kg/m ²
Acabados	=	100	Kg/m ²
Otros	=	50	Kg/m ²
TOTAL	=	480.0	Kg/m ²

Area de la cúpula (casquete esférico) $2 * \pi * r * f$ $A_{cup} = 41.47$ m²

Peso cúpula $480.0 * A_{cup}$ $P_{cup} = 19907.6$ kg

Cálculo esfuerzo de Tracción

$$F_t = \frac{P}{(2 * \pi * Tg \ a/2)} = 4224.5 \text{ kg}$$

Cálculo esfuerzo de Compresión

$$F_c = \frac{P}{\text{Seno } a/2} = 33179 \text{ kg}$$

Desarrollo de la línea de Arranque (Longitud de la circunferencia descrita) = Lc:

$L_c = \pi * d_i$ $8.90 * \pi$ $L_c = 27.96$ m

Presión por metro lineal de circunferencia de arranque es - Pc / ml:

$P_c = F_c / L_c$ $33179 / 27.96$ $P_c = 1186.7$ kg/m

Esfuerzo a la compresión del concreto Pc:

Por seguridad:

$$P_c = 0.45 f_c * b * e_t$$

Igualamos esta ecuación al valor de la presión por metro lineal: Pc / ml

$$0.45 * 280.0 * 1.0 * e_{t1} = 1186.7$$

Primer espesor: $e_{t1} = 0.094$ cm

Esfuerzo cortante por metro lineal en el zuncho (viga perimetral) - V/ml :

$$V = \frac{P}{L_c} = \frac{19907.6 \text{ kg}}{27.96 \text{ m}} \quad V = 712.0 \text{ Kg/m}$$

Esfuerzo permisible al corte por el concreto -Vu :

$$V_u = 0.5 * (f'_c)^{1/2} * b * e_{t2}$$

Igualamos la ecuación al valor de la presión por metro lineal

$$0.5 * 280^{1/2} * 1.0 * e_{t2} = 712.0$$

$e_{t2} = 0.85$ cm

Los espesores $e_{t1} + e_{t2}$ son insuficientes. De acuerdo al R.N.C., especifica un espesor mínimo de 5cm

Para losas, por los que adoptamos un espesor de la losa de techo:

Optmos por $e_t = 7.50$ cm

IV. Metrado de cargas del reservorio

Losa del techo:	et : 0.075 m	f : 1.48 m	$(\pi \times de \times f^*) \times \gamma_c =$	7.97 Ton
Viga Perimetral	b : 0.35 m	d : 0.35 m	$\pi \times dc \times b \times d \times \gamma_c =$	8.50 Ton
Muros pedestales laterales	ep: 0.30 m	h : 3.95 m	$\pi \times dc \times ep \times h \times \gamma_c =$	82.20 Ton
Peso de zapata corrida	b : 1.00 m	h : 0.40 m	$\pi \times dc \times b \times h \times \gamma_c =$	27.75 Ton
Peso de losa de fondo	e : 0.25 m		$\pi \times di^2 \times e \times \gamma_c / 4 =$	37.3268 Ton
Peso del agua	h : 4.00 m		$\pi \times di^2 \times h \times \gamma_a / 4 =$	248.846 Ton
Peso total a considerar:				412.58 Ton

V. Análisis y diseño del Reservorio

Teniendo siguientes consideraciones:

- Cuando el reservorio esta Vacío, la estructura se encuentra sometida a la acción del suelo, produciendo un empuje lateral; como un anillo sometido a una carga uniforme, repartida en su perímetro.
- Cuando el reservorio esta Lleno, la estructura se encuentra sometida a la acción del agua, comportandose como un portico invertido siendo la junta de fondo empotrada.

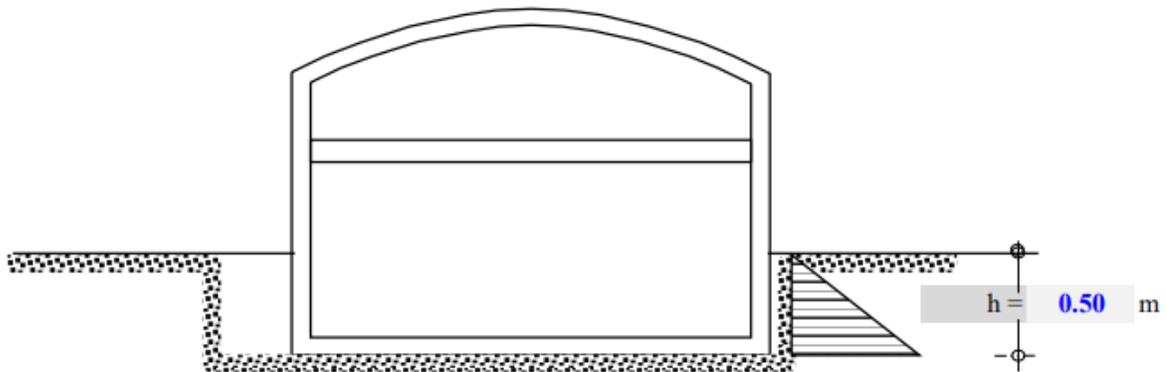
5.1 Diseño de las paredes del reservorio

a.- Diseño del Reservorio vacío

Momentos flectores

$$M = M_o \cdot M1 \cdot X1 = qt \cdot r^2/2 (1 - \cos\theta) - qt \cdot r^2/6$$

Cálculo del valor de qt:



Vamos a considerar una presión del terreno sobre las paredes del reservorio de una $h = 0.50$ m es decir la estructura está enterrado a ésta profundidad.

Cálculo del coeficiente de empuje activo (por mecánica de suelos)

$$K_a = \text{Tang}^2 (45 + \theta/2)$$

$$K_a = 1.698$$

Cuando la carga de la sobrecarga es uniforme se tiene que

$$W_{s/c} \implies P_{s/c} = K_a \cdot W_{s/c}$$

$$W_{s/c} = qt$$

$$P_{s/c} = \text{Presión de la sobrecarga} = \gamma_s \cdot h = K_a \cdot qt$$

$$qt = \gamma_s \cdot h / K_a$$

Reemplazado tenemos:

Aplicando el factor de carga útil

$$qt = \frac{\gamma_s \cdot h}{K_a} = 0.59 \text{ ton/m}^2$$

$$qt_u = 1.55 \cdot qt = 0.913 \text{ ton/m}^2$$

Cálculo de los momentos flectores:

Datos necesarios:

$r =$	4.75 m	$qt u =$	0.913 ton/m ²	L anillo =	29.85 m
-------	--------	----------	--------------------------	------------	---------

Cuando $0 \leq \theta \leq \pi/3$
 $Mu = qt \cdot r^2/2 (1 - \cos\theta) - qt \cdot r^2/6$

θ	Mu (T-m / anillo)	Mu (T-m / m-anillo)
0.00°	-3.432	-0.115
10.00°	-3.275	-0.110
20.00°	-2.811	-0.094
30.00°	-2.053	-0.069
40.00°	-1.023	-0.034
48.15°	-0.005	0.000
60.00°	1.716	0.057

Cuando $0 \leq \theta \leq \pi/6$
 $Mu = qt \cdot r^2 / 2 (1 - \text{sen}\theta) - qt \cdot r^2 [1 - \cos(30 - \theta)]$

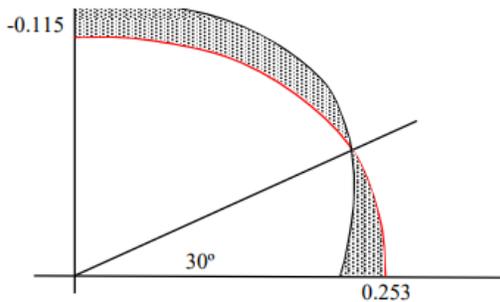
θ	Mu (T-m / anillo)	Mu (T-m / m-anillo)
0.00°	7.537	0.253
5.00°	7.469	0.250
10.00°	7.266	0.243
15.00°	6.929	0.232
20.00°	6.461	0.216
25.00°	5.866	0.197
30.00°	5.148	0.172

Cálculo de esfuerzos cortantes:

Cuando $0 \leq \theta \leq \pi/3$
 $Q = (1/r) * dM/d\theta = qtu \cdot r \text{sen}\theta / 2$

θ	Mu (T-m / anillo)
0.00°	0.000
10.00°	0.376
20.00°	0.741
30.00°	1.084
40.00°	1.393
50.00°	1.660
60.00°	1.877

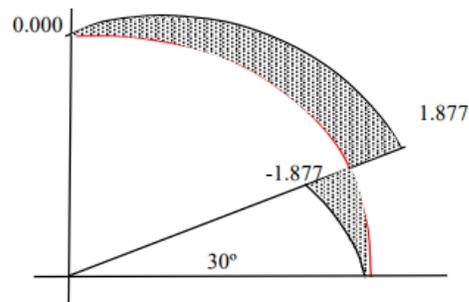
Diagrama de momentos:



Cuando $0 \leq \theta \leq \pi/6$
 $Mu = qtu \cdot r [-\cos\theta/2 + \text{sen}(30 - \theta)]$

θ	Mu (T-m / anillo)
0.00°	0.00
5.00°	-0.33
10.00°	-0.65
15.00°	-0.97
20.00°	-1.28
25.00°	-1.59
30.00°	-1.88

Diagrama de cortantes:



a.1.- Cálculo de Acero horizontal (Reservorio vacío)

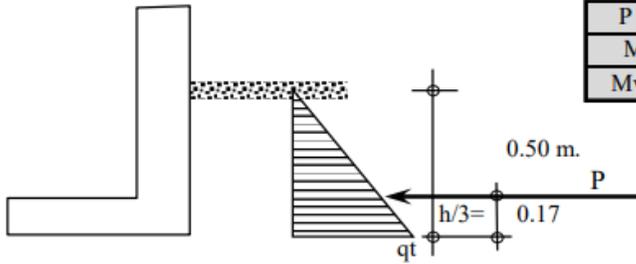
$ep =$	30 cm	recubrim.=	4.00 cm	$f'c =$	280 kg/cm ²
$p \text{ min} =$	0.0020			$f_y =$	4200 kg/cm ²

$0.59 * w' - w + \frac{Mu}{0.90 f'c * b * d^2}$ $w1 = 1.69492$ $\rho = w * f'c / fy$
 $w2 = 0.00148$ $As = \rho * b * d$

M(Tn-m)	b (cm)	d(cm)	ρ	As (cm ²)	As min	As diseño	θ	N° capas	Disposición
0.253	100.00	26.00	0.00010	0.26	5.20	5.20	θ 3/8"	2.00	θ 3/8" @ 0.27 m

a.2.- Cálculo de Acero vertical (Reservorio vacío)

Se hallará con el momento de volteo (Mv)



P =	qtu . h / 2	0.228	Ton.
Mv =	P. h / 3	0.038	Ton-m
Mvu =	1.6 * Mv	0.061	Ton-m

$$0.59 * w^2 - w +$$

$$\frac{Mu}{0.90 f'c * b * d^2}$$

$$w1 = 1.69492$$

$$w2 = 0.00036$$

$$\rho = w * f'c / fy$$

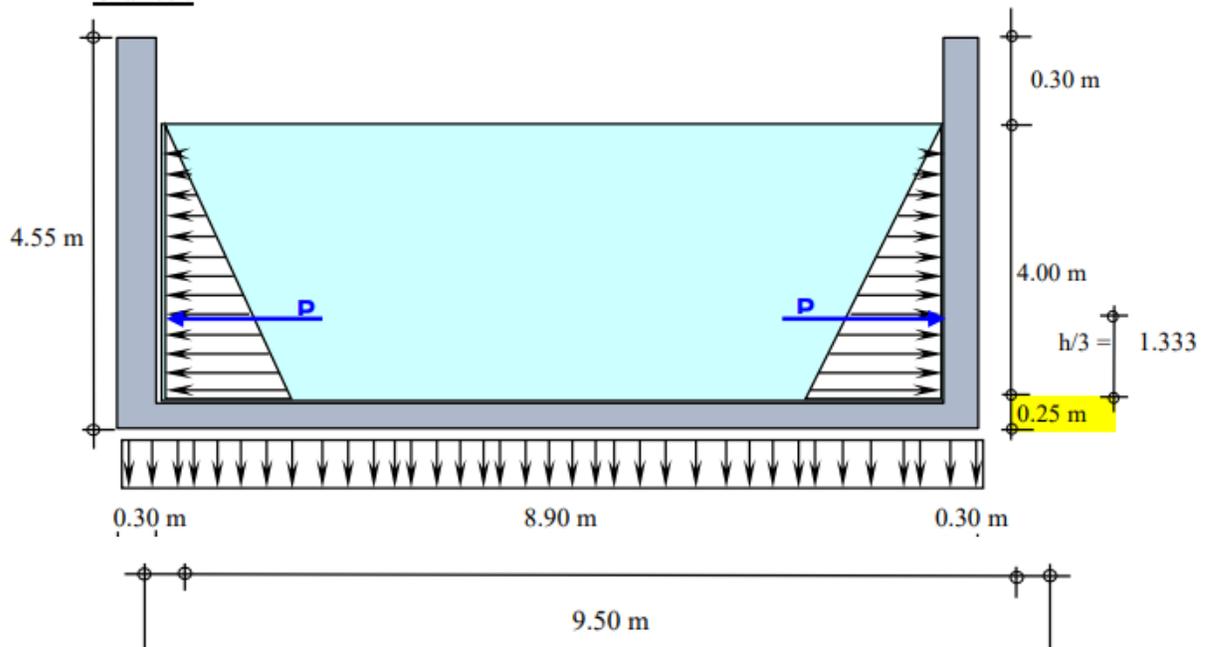
$$As = \rho * b * d$$

M(Tn-m)	b (cm)	d(cm)	ρ	As (cm ²)	As min	As diseño	ϕ	N° capas	Disposición
0.061	100.00	26.00	0.00002	0.06	5.20	5.20	ϕ 3/8"	2.00	ϕ 3/8" @ 0.27 m

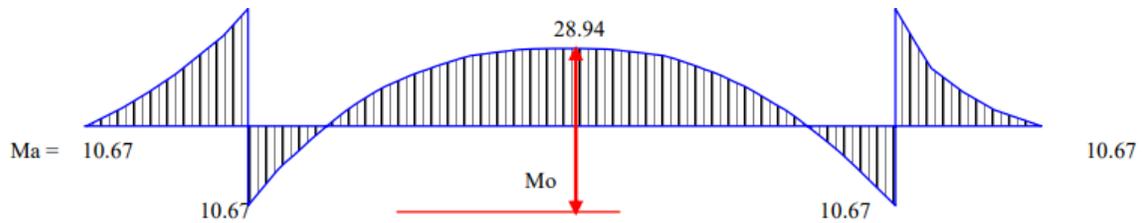
b.- Diseño del reservorio (Lleno): La unión de fondo y pared Rígida (empotramiento)

- Los anillos horizontales que están resistiendo los esfuerzos de tracción
- Los marcos en "U", que serían las franjas verticales, denominados porticos invertidos que están sometidos a flexión y además resistirían esfuerzos de tracción en el umbral o pieza de fondo; es decir la presión se supondrá repartida en los anillos (directrices) y en los marcos (generatrices).

Gráfico :



Analizando una franja de un metro de ancho, de los marcos en "U", tenemos el siguiente diagrama de momentos :



Calculando:

P =	$(\gamma_a \cdot H^2/2) \cdot 1.00 \text{ m}$	=	8.00	Ton.
Ma =	$P \cdot h / 3$	=	10.67	Ton-m
Mu =	$1.55 \cdot Ma$	=	16.53	Ton-m

Para el momento en el fondo de la losa se despreciará por completo la resistencia del suelo.

Presión en el fondo

$$W = \gamma_a \cdot H = 4.00 \text{ ton/m}$$

Momento en el fondo

$$Mo = \frac{W \cdot di^2}{8} = 39.605 \text{ Ton-m}$$

La tracción en el fondo será:

$$T = \frac{W \cdot di}{2} = 17.80 \text{ Ton}$$

b.1.- Cálculo de Acero vertical (Reservorio lleno)

$$0.59 \cdot w^2 - w + \frac{Mu}{0.90 \cdot f'c \cdot b \cdot d^2}$$

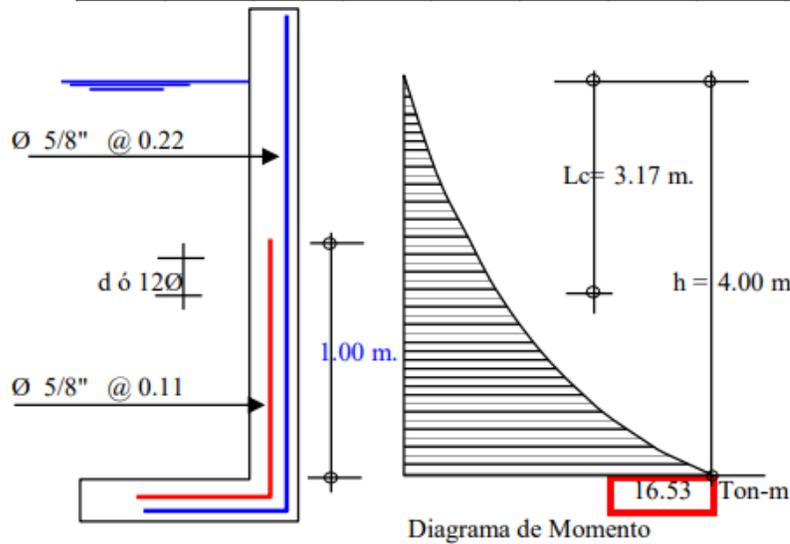
$$w1 = 1.59156$$

$$w2 = 0.10336$$

$$\rho = w \cdot f'c / fy$$

$$As = \rho \cdot b \cdot d$$

M(Tn-m)	b (cm)	d(cm)	ρ	As (cm ²)	As min	As diseño	ϕ	Nº capas	Disposición
16.533	100.00	26.00	0.00689	17.92	5.20	17.92	ϕ 5/8"	2.00	ϕ 5/8" @ 0.22 m



Ecuación: $Y = K \cdot X^3$

Cuando $X = 4.00$

$Y = Mau = 16.53$

Entonces: $K = 0.258$

$Mau / 2 = K \cdot Lc^3 = 8.267$

Entonces: $Lc = 3.175 \text{ m}$

$d = 26.00 \text{ cm}$

$12\phi = 19.05 \text{ cm}$

Verificación por cortante en las paredes

Cortante asumido por el concreto en una franja de 1.00

donde: $\phi = 0.85$

$$Vc = \phi \cdot 0.53 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d$$

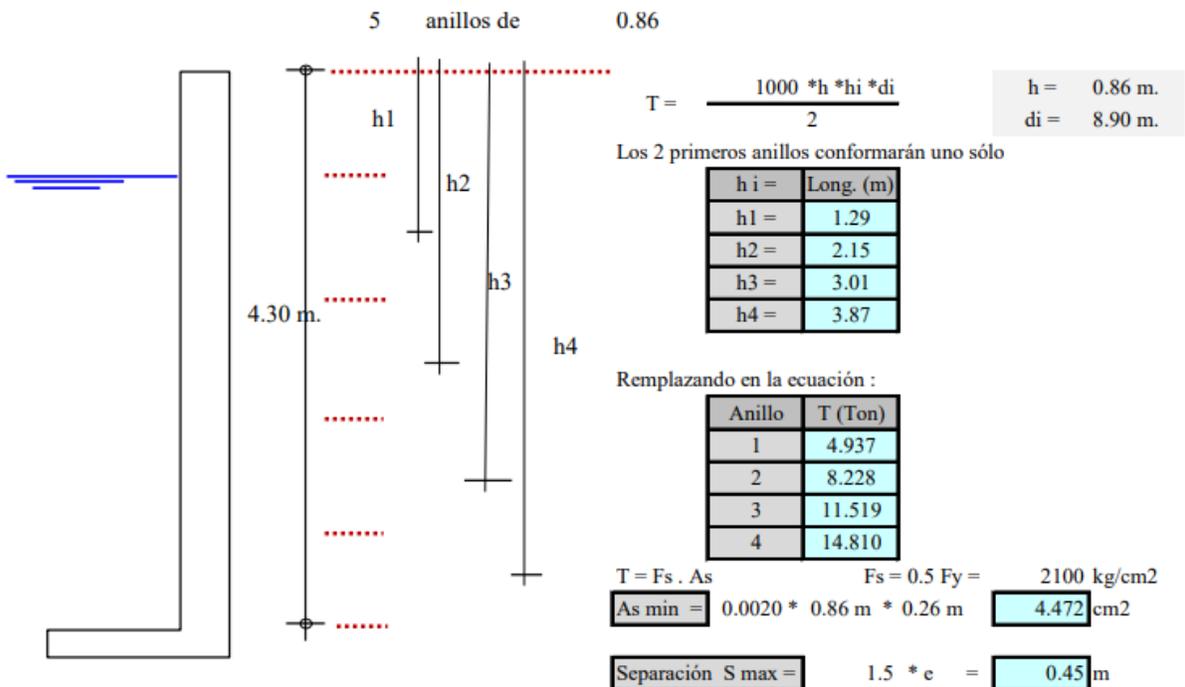
$$Vc = 19.60 \text{ Ton}$$

La tracción en el fondo de la losa $Vu = T$

$$Vc = 19.60 \text{ Ton} > Vu = 17.80 \text{ Ton}$$

Cumple

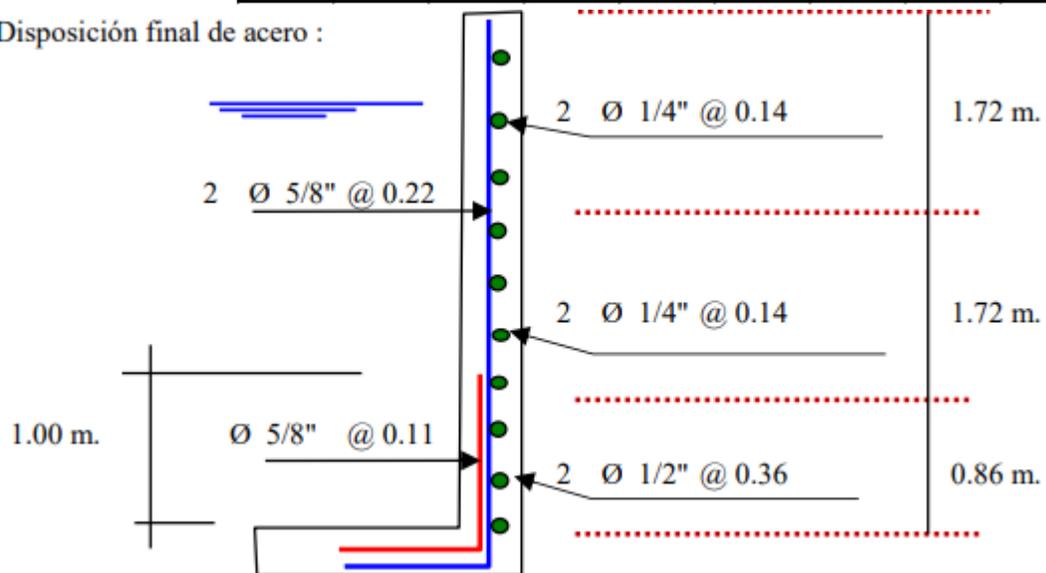
b.2.- Cálculo de Acero Horizontal (Reservorio lleno)



Por esfuerzo de tracción, tenemos que :

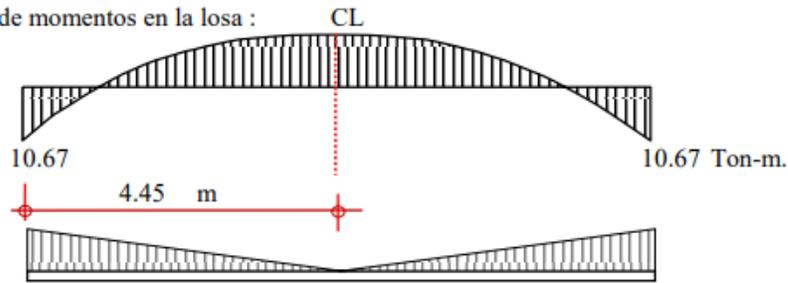
Anillo	T(Kg)	As (cm ²)	As (usar)	Ø	Nº capas	Disposición		
1	4936.83	2.35	4.47	Ø 1/4"	2.00	Ø 1/4"	@	0.14 m
2	8228.05	3.92	4.47	Ø 1/4"	2.00	Ø 1/4"	@	0.14 m
3	11519.27	5.49	5.49	Ø 3/8"	2.00	Ø 3/8"	@	0.26 m
4	14810.5	7.05	7.05	Ø 1/2"	2.00	Ø 1/2"	@	0.36 m

Disposición final de acero :



5.2 Diseño y cálculo de acero en la losa de fondo del Reservorio:

Diagrama de momentos en la losa :



Peso del agua

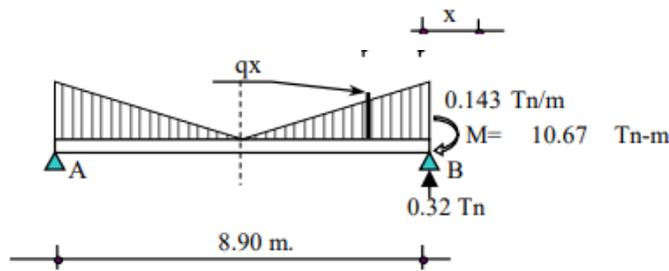
$$\pi \times di^2 \times h \times \gamma_a / 4$$

248.85 Tn.

Carga unitaria por unidad de longitud

$$q = H \times \delta_a / \text{Perimetro del circulo}$$

0.143 Tn/m



Cálculo del cortante a una distancia "X" :

Se hallará el valor de "qx" en función de "x"

$$qx = 0.032 * (4.5 - X)$$

Cortante "V_x" :

$$V_x = R - P - 0.5 * (q' + qx) * X \quad 0.318 \quad -0.143 X \quad + \quad 0.016 X^2$$

Momento "M_x" :

$$M_x = -M + (R - P) * X - qx * X^2 / 2 - (q' - qx) * X^2 / 3$$

$$M_x = -10.67 + 0.318 x - 0.072 X^2 + 0.005 X^3$$

Valores :

X (m)	=	0.00	0.74	1.48	2.23	2.97	3.71	4.45
V (Ton)	=	0.32	0.43	0.57	0.72	0.88	1.07	1.27
M (Tn-m)	=	-10.67	-10.47	-10.33	-10.25	-10.21	-10.20	-10.19
		10.67	10.47	10.33	10.25	10.21	10.20	10.19

Verificación por cortante en la losa de fondo

Cortante asumido por el concreto en una franja de 1.00

donde: $\phi = 0.85$

$$V_c = \phi \cdot 0.53 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$$

$V_c = 18.85$ Ton

La tracción en el fondo de la losa $V_u = T$

$V_c = 18.85$ Ton

>

$V_u = 1.27$ Ton

Cumple

$$M_{au} = 1.55 * 10.67 = 16.5333 \text{ Tn-m}$$

Espesor losa = 25 cm

$p_{min} = 0.0020$

recubrim. = 4.00 cm

$$0.59 * w^2 - w + \frac{M_u}{0.90 \cdot f'_c \cdot b \cdot d^2}$$

$w_1 = 1.53012$

$$\rho = w * f'_c / f_y$$

$w_2 = 0.16479$

$$A_s = \rho * b * d$$

M(Tn-m)	b (cm)	d(cm)	ρ	As (cm ²)	As min	As diseño	ϕ	Nº capas	Disposición
16.533	100.00	21.00	0.0110	23.07	4.20	23.07	ϕ 5/8"	2.00	ϕ 5/8" @ 0.17 m

5.3 Diseño de la zapata corrida:

La zapata corrida soportará una carga lineal uniforme de :

Losa de techo	:	7.97 Ton	Perimetro zapata	L =	27.96	m
Viga perimetral	:	8.50 Ton	Peso	W =	4.52	Ton/ml
Muro de reservorio	:	82.20 Ton				
Peso de zapata	:	27.75 Ton				
		<u>126.41 Ton.</u>				

Según el estudio de Suelos indica que : $qu = 0.80 \text{ Kg/cm}^2$

Ancho de zapata corrida (bz) = W por metro lineal / qu

$$bz = \frac{4.52}{8} = 0.57 \text{ m.} \quad \text{Asumiremos un } bz = 1.00 \text{ m}$$

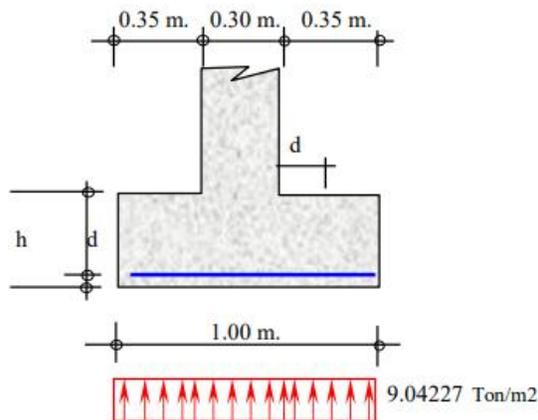
Reacción neta (σ_n) = W por metro lineal / bz = $4.52 / 1.00$ $\sigma_n = 0.452 \text{ Kg/cm}^2$

$$qu = 0.80 \text{ Kg/cm}^2 > \sigma_n = 0.45 \text{ Kg/cm}^2 \quad \text{Cumple}$$

La presión neta de diseño o rotura:

$$\sigma_{nd} = \gamma_s * b / A_{zap.} = \gamma_s * \sigma_n = 2.0 * 0.45 = \sigma_{nd} = 9.042 \text{ Ton/m}^2$$

El peralte efectivo de la zapata:



Bien se sabe que el cortante crítico o actuante está a una distancia "d" del muro, del gráfico podemos decir :

$$V_u = 9.04 * (35 - d) / b * d \quad b = 100 \text{ cm}$$

Cortante asumido por el concreto :

$$V_c = \phi * 0.53 * \sqrt{f'_c}, \text{ siendo } f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi = 0.85$$

Reemplazando, tenemos

$$V_c = 71.1161 \text{ Tn/m}^2$$

Igualando a la primera ecuación :

$$d = 0.044 \text{ m}$$

Recubrimiento : $r = 7.50 \text{ cm}$

Altura de la zapata

$$h = d + r + \phi/2 = 12.58 \text{ cm}$$

Altura de la zapata adoptado

$$h = 40.0 \text{ cm}$$

Momento actuante en la sección crítica (cara del muro):
p min = 0.0020

$$M = 9.042 * 0.35^2 / 2 = 0.55384 \text{ Tn-m}$$

$$0.59 * w^2 - w + \frac{Mu}{0.90 * f'_c * b * d^2}$$

$$w1 = 1.69283$$

$$w2 = 0.00208$$

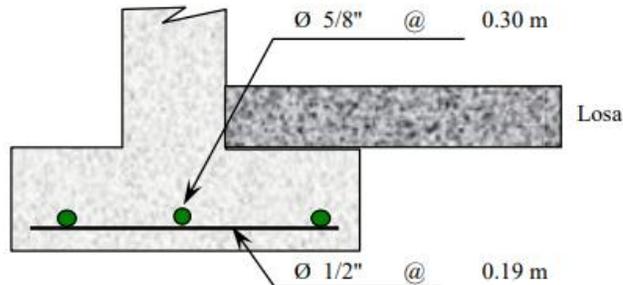
$$\rho = w * f'_c / f_y$$

$$A_s = \rho * b * d$$

M(Tn-m)	b (cm)	d(cm)	ρ	As (cm ²)	As min	As diseñó	\emptyset	Nº capas	Disposición
0.554	100.00	32.50	0.00014	0.45	6.50	6.50	\emptyset 1/2"	1.00	\emptyset 1/2" @ 0.19 m

Acero de repartición, Usaremos el As min = 6.50

\emptyset	Nº capas	Disposición
\emptyset 5/8"	1.00	\emptyset 5/8" @ 0.30 m



5.4 Diseño de la Viga perimetral o de arranque:

5.4.1. Diseño por tracción:

Se considera que la viga perimetral está sometida a tracción:

$$P_{cup} = 19907.6 \text{ kg}$$

$$a = 73.74^\circ$$

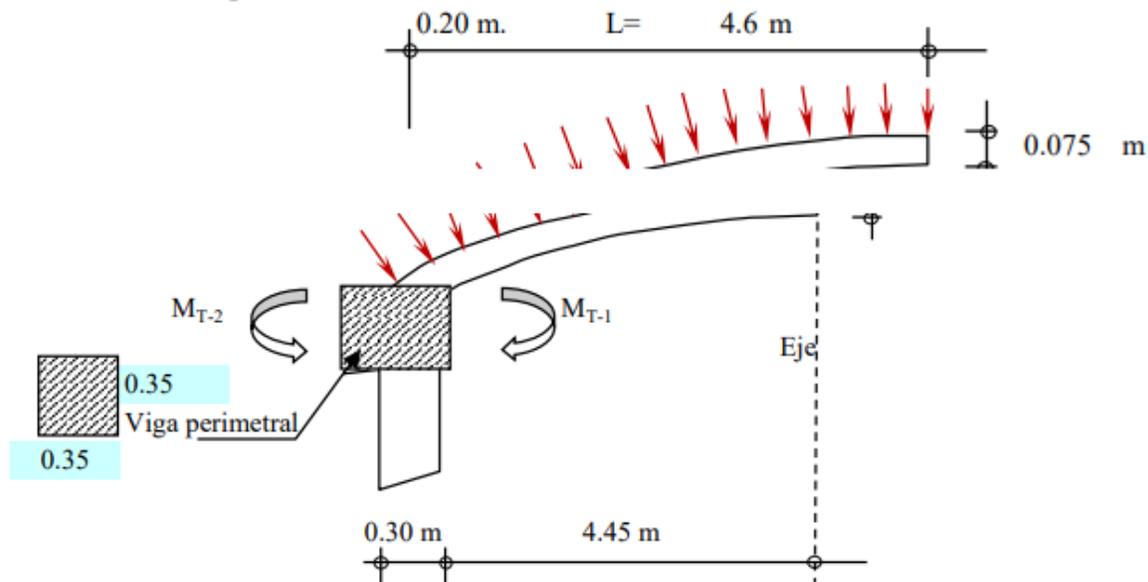
$$F_t = \frac{P}{(2 * \pi * T_g a)}$$

Reemplazando $F_t = 924.1 \text{ kg}$

$$A_s = \frac{F_t}{f_y} = \frac{F_t}{f_y}$$

Reemplazando $A_s = 0.44 \text{ cm}^2$

5.4.2. Diseño por torsión:



Metrado de Cargas :

Peso propio de viga	1.40 x 0.35 x 0.35 x 2.40	=	0.412 Ton/m
Peso propio de losa	1.40 x 0.075 x 2.40	=	0.252 Ton/m ²
Sobre carga	1.70 x 0.150	=	0.255 Ton/m ²

Carga Total por m ² de losa		=	0.507 Ton/m ²
Carga Total por ml de viga	[0.507 x (4.45 m+ 0.35/2)] + 0.41	=	2.756 Ton/ml

Cálculo de acciones internas

Momento torsionante:

$M_{T-1} =$	$0.507 \times 4.5^2 / 2$	$M_{T-1} =$	5.020	Tn-m
$M_{T-2} =$	$0.412 \times 0.2^2 / 2$	$M_{T-2} =$	0.008	Tn-m
$M_T = M_{T-1} / 2 - M_{T-2} =$	$5.02 / 2 - 0.008$	$M_T =$	2.502	Tn-m

Momento flexionante:

$M_F = W * L^2 / 2 =$	$2.756 \times 1.00^2 / 2$	$M_F =$	1.378	Tn-m
-----------------------	---------------------------	---------	---------	------

Fuerza cortante:

$Q = W * L / 2 =$	$2.756 \times 1.00 / 2$	$Q =$	1.378	Tn/m
-------------------	-------------------------	-------	---------	------

$V_u = V_c / (\phi \times b \times h) =$		$V_u =$	13.236	Tn/m ²
$\phi = 0.85$				

Cálculo de acero:

Refuerzo transversal:

Por Fuerza Cortante :

$V_u =$	13.236	Tn/m ²
---------	----------	-------------------

Cortante asumido por el concreto : $0.5 * (F_c)^{1/2}$

$V_c =$	83.666	Tn/m ²
---------	----------	-------------------

$V_c > V_u$ No necesita acero por cortante

Por Torsión :

$M_T =$	2.502	Tn-m
---------	---------	------

Momento resistente por el concreto :

$M_c = \Sigma [b^2 h (f_c)^{1/2} / b^{1/2}]$ (viga + losa)

$M_c =$	$\frac{0.35^2 \times 0.35 \times 280^{1/2}}{0.35^{1/2}}$	+	$\frac{4.45^2 \times 7.50 \times 280^{1/2}}{4.45^{1/2}}$
---------	--	---	--

$M_c =$	$121,269$	+	$1,178.09$	$M_c =$	1.224	Ton-m
---------	-----------	---	------------	---------	---------	-------

Se sabe que : $T_s = M_T - M_c$

$T_s =$	1.277	Ton-m
---------	---------	-------

Siendo : $\phi_c = 0.66 + 0.33*(b1/d) < 1.50$

$\phi_c =$	0.9900
------------	----------

$\phi_c < 1.5$ Ok!

Recubrimiento $r = 3.00$ cm

Ancho efectivo $b1 = b - r - \phi/2$

$b1 =$	31.37	cm
--------	---------	----

Peralte efectivo $d = h - r - \phi/2$

$d =$	31.37	cm
-------	---------	----

Área de acero por torsión $As / S = T_s / [\phi_c * F_y * b1 * d]$

$As / S =$	0.0312	cm ² /cm
------------	----------	---------------------

Refuerzo Longitudinal:

Por Flexión :

Para $L = 1.00$ m

$$Z = 0.9 * d = 28.23 \text{ cm}$$

$$MF = \frac{W * L^2}{8.0} = 0.345 \text{ Tn-m}$$

$$\text{Área de acero diseño} \quad As = \frac{MF}{f_y * Z}$$

$$As = 0.29 \text{ cm}^2$$

$$\text{Área de acero mínimo} \quad 0.002 * b * d$$

$$As \text{ min} = 2.20 \text{ cm}^2$$

Por Torsión

$$\text{Área de acero 1} \quad A1 = 2 * (As / S) * (b1 + d)$$

$$A1 = 3.92 \text{ cm}^2$$

Ahora por reglamento se tiene que la resistencia de la viga reforzada debe ser mucho mayor que la resistencia de la viga sin refuerzo, aplicaremos la siguiente formula :

$$Trs = 0.6 b^2 * h * \sqrt{f_c}$$

$$Trs = 4.3046 \text{ Tn-m/m}$$

Se tiene: $Trs = 4.30462 \text{ Tn-m/m} > Mt = 2.502 \text{ Tn-m}$

Por lo tanto el porcentaje total de refuerzo por torsión debe ser menor que el siguiente valor:

$$P_{it} \leq 6.40 * (F_c / F_y)^{1/2}$$

$$P_{it} = A1 * (1 + 1/\phi_c) / (b * h) \leq 6.4 * (F_c / F_y)^{1/2}$$

$$0.0064$$

<

$$1.6525$$

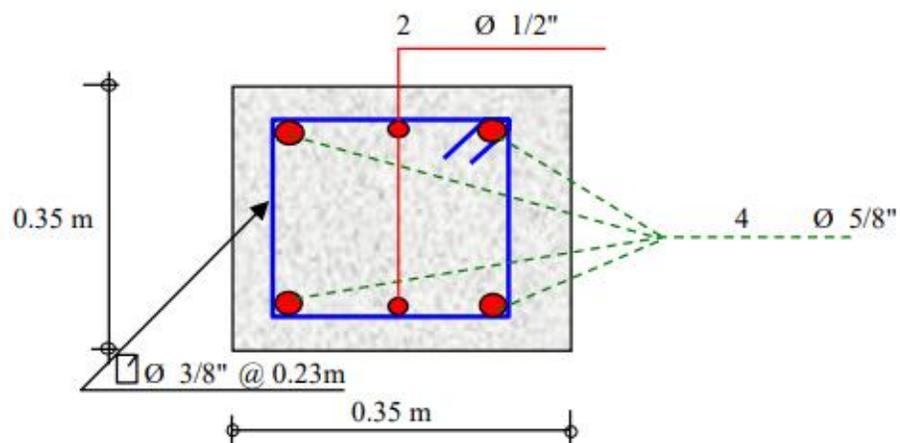
OK

$$\text{Área de acero final} = As \text{ flexión} + As \text{ tracción}$$

$$As = 2.636 \text{ cm}^2$$

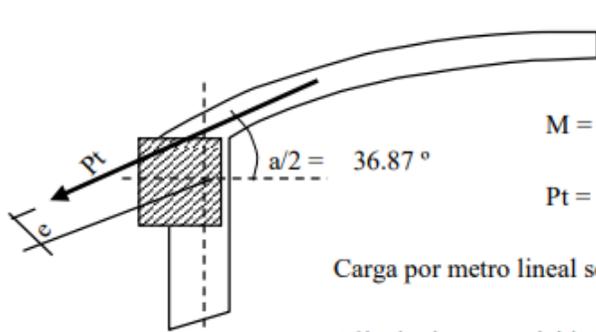
As diseño		\emptyset		\emptyset	As total
2.636	1	$\emptyset 1/2''$	2	$\emptyset 5/8''$	5.23

Disposición final de acero en viga:



Analizando la estructura se tiene que:

$M = 0$; $N_T = W \cdot r$, Como se puede apreciar sólo existe esfuerzo normal en la estructura.



$M = Pt \cdot e$
 $Pt = P_{cup} / \sin(a/2)$
 Carga por metro lineal será $= Pt / Lc$
 Cálculo de excentricidad $e = d \cdot \cos a/2$

$P_{cup} = 19907.6$ kg
$Lc = 27.96$ m
$Pt = 33179.4$ Kg.
$Pt/Lc = 1186.7$ kg/ml
$e = 0.06$ m
$M = 0.071$ Tn-m / m
$N_T = 3.56$ Tn.

Por lo tanto : $M = 1.187$ Tn/ml x 0.060 m
 El esfuerzo actuante será $N_T = q_t \times R = 480.0 \times 7.4$ m

Cálculo de acero en cúpula:

* En muro o pared delgada, el acero por metro lineal no debe exceder a :

$As = 30 t \cdot f_c / f_y$ $As = 15.00$ cm²

* Acero por efectos de tensión (At) :

$At = \frac{T}{F_s} = \frac{T}{0.5 \cdot F_y}$ $At = 1.695$ cm²

* Acero por efectos de Flexión (Af) :

Acero minimo: $0.0020 \cdot b \cdot d$ $r = 2.5$ cm
 $Af_{min} = 1.00$ cm²

* Acero a tenerse en cuenta : $At + Af < 15$

$At + Af = 2.70$ cm²

$At + Af < As_{max}$. Ok!

As diseño	Ø	Nº capas	Disposición
2.70	Ø 3/8"	1	Ø 3/8" @ 0.26m

* Acero por efectos de la excentrecidad :

$p_{min} = 0.0020$

$0.59 \cdot w_1^2 - w_2 + \frac{Mu}{0.90 \cdot f_c \cdot b \cdot d^2}$
 $w_1 = 1.68354$
 $\rho = w \cdot f_c / f_y$
 $w_2 = 0.01138$
 $As = \rho \cdot b \cdot d$

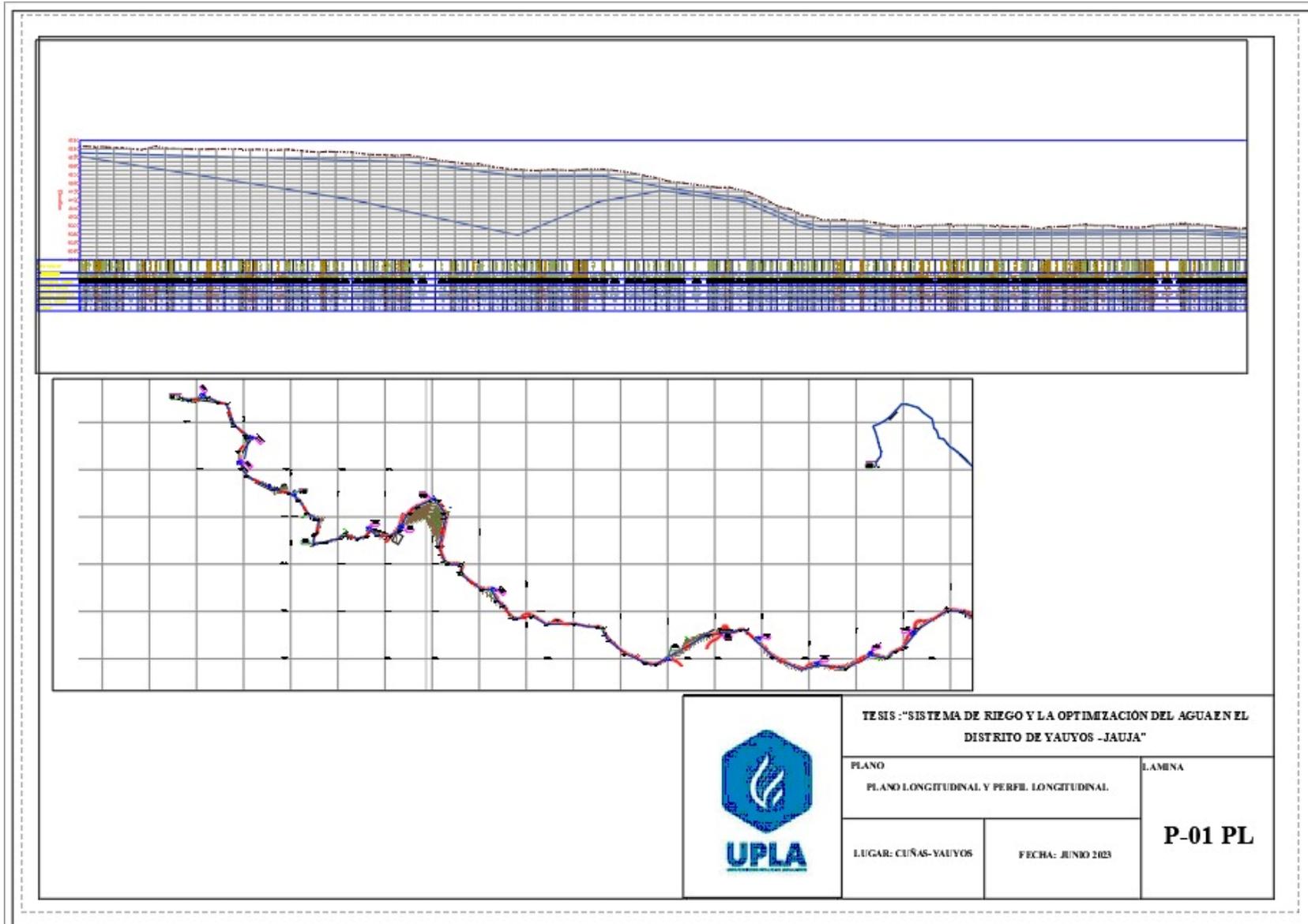
M(Tn-m)	b (cm)	d (cm)	ρ	As (cm ²)	As min	As diseño	Ø	Nº capas	Disposición
0.071	100.00	5.00	0.0008	0.38	1.00	1.00	Ø 3/8"	1	Ø 3/8" @ 0.71 m

* Acero de repartición :

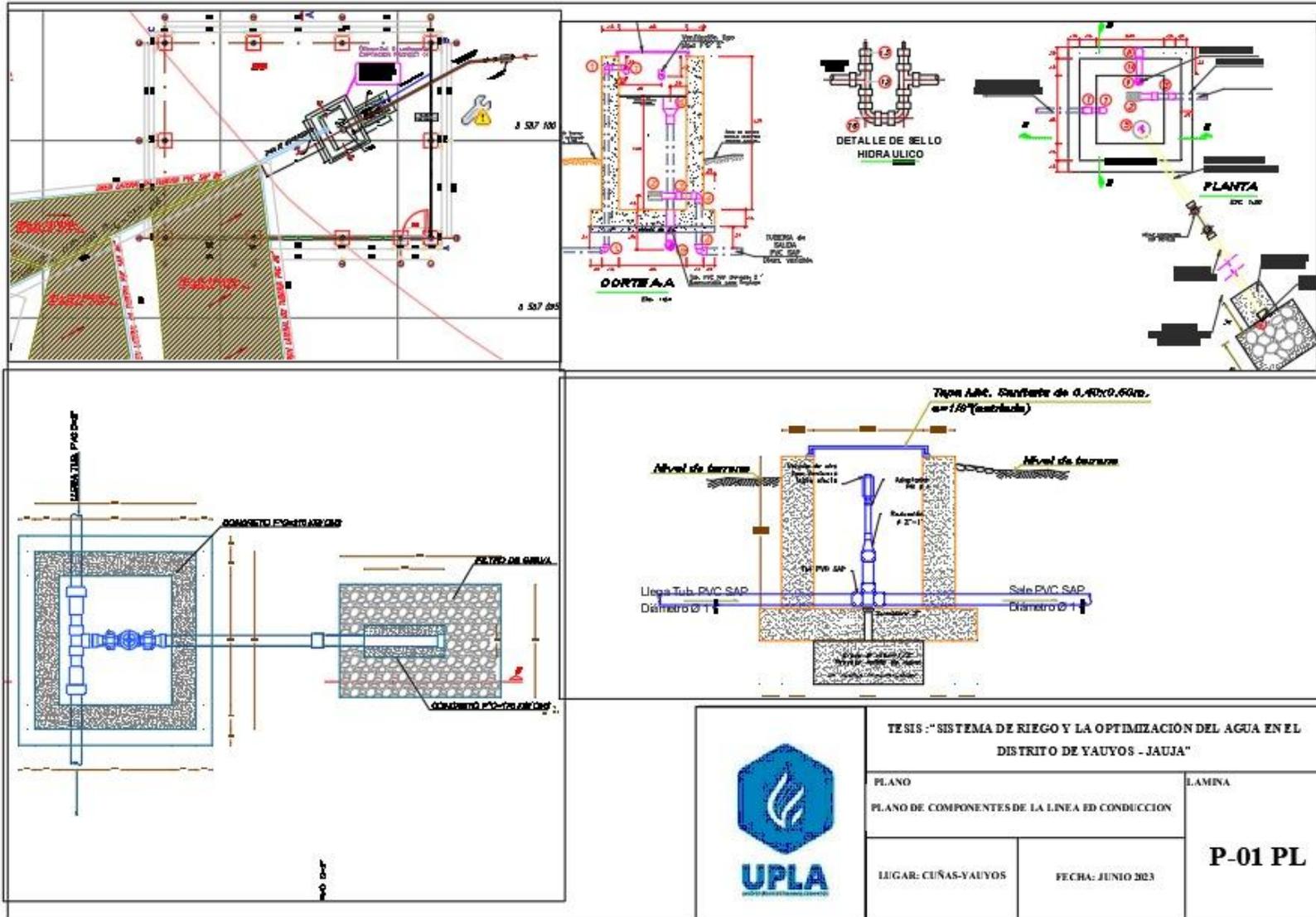
$0.0020 \cdot b \cdot d$ $Asr = 1.00$ cm²

As diseño	Ø	Nº capas	Disposición
1.00	Ø 1/4"	1	Ø 1/4" @ 0.32m

ANEXO N°11
Plano de la línea de conducción



ANEXO N°12 Plano de los componentes



TESIS : " SISTEMA DE RIEGO Y LA OPTIMIZACIÓN DEL AGUA EN EL DISTRITO DE YAUYOS - JAUJA "

PLANO
PLANO DE COMPONENTES DE LA LINEA ED CONDUCCION

LAMINA

LUGAR: CUÑAS-YAUYOS

FECHA: JUNIO 2023

P-01 PL

ANEXO N°13
Evidencias fotográficas



