

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



**CAUDAL DE CAPTACIÓN Y PRESIÓN DE SISTEMA DE RIEGO
POR ASPERSIÓN EN EL CENTRO POBLADO DE TONGOS,
PAZOS - HUANCVELICA**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

AUTOR:

Bach. FRANKLIN ROLANDO CHUCO QUILCA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

NUEVAS TECNOLOGÍAS Y PROCESOS

HUANCAYO - PERÚ

2022

Mg. HENRY G. PAUTRAT EGOAVIL.
Asesor

DEDICATORIA:

“EL PRESENTE TRABAJO ESTA DEDICADO A MI FAMILIA POR HABER SIDO MI APOYO A LO LARGO DE TODA MI CARRERA UNIVERSITARIA. TODAS LAS PERSONAS ESPECIALES QUE ACOMPAÑARON EN LOS MOMENTOS MAS DIFICILES, APORTANDO A MI FORMACION TANTO PROFESIONAL Y COMO SER HUMANO”.

AGRADECIMIENTO:

**“AGRADECEMOS A DIOS POR
BENDECIRNOS LA VIDA, POR
GUIARNOS A LO LARGO DE
NUESTRA EXISTENCIA, SER EL
APOYO Y FORTALEZA EN
AQUELLOS MOMENTOS DE
DIFICULTAD Y DE DEBILIDAD”.**

HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS JURADOS

Dr. Ruben Dario Tapia Silguera
PRESIDENTE

Mg. Lourdes G. Poma Bernaola
JURADO

Ing. Yina Ninahuanca Zavala
JURADO

Ing. Edmundo Muñico Casas
JURADO

Ing. Erika Genoveva Zuñiga Almonacid
JURADO

Mg. Miguel Angel Carlos Canales
SECRETARIO DOCENTE



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

EL DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA DEJA:

CONSTANCIA N° 302

Que, el (la) bachiller: Bachilleres **FRANKLIN ROLANDO, CHUCO QUILCA**, de la Escuela Profesional de **INGENIERÍA CIVIL**, presentó la tesis denominada **“CAUDAL DE CAPTACIÓN Y PRESIÓN DE SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN EN EL CENTRO POBLADO DE TONGOS, PAZOS - HUANCVELICA”**, la misma que cuenta con **123 Páginas**, ha sido ingresada por el **SOFTWARE – TURNITIN FEEDBACK STUDIO** obteniendo el **18%** de similitud.

Se expide la presente constancia para los fines pertinentes.

Huancayo 03 de Octubre del 2022



Dr. Santiago Zevallos Salinas
Director de la Unidad de Investigación

ÍNDICE

HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS JURADOS	v
ÍNDICE	vi
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPÍTULO I	16
PLANTEAMIENTO DE INVESTIGACIÓN	16
1.1. Planteamiento del problema	16
1.2. Formulación del problema	18
1.2.1. Problema general.....	18
1.2.2. Problemas específicos	19
1.3. Objetivos	19
1.3.1. Objetivo general.....	19
1.3.2. Objetivos específicos	19
1.4. Justificación.....	20
1.4.1. Social.....	20
1.4.2. Metodológica	20
CAPÍTULO II	22
MARCO TEÓRICO	22
2.1. Antecedentes	22
2.1.1. Antecedentes internacionales	22
2.1.2. Antecedentes nacionales	24
2.2. Marco conceptual	29
2.2.1. Captación.....	29
2.2.2. Tipos de captaciones	29
2.2.3. Caudal	31
2.2.4. Sistemas de riego tecnificado	32
2.2.5. Consideraciones para elegir el tipo de riego tecnificado.....	38
2.2.6. Sistema de riego	44
2.3. Definición de términos básicos	61

2.4. Hipótesis	62
2.4.1. Hipótesis general	62
2.4.2. Hipótesis específicas	63
2.5. Variables	63
2.5.1. Variable 1	63
2.5.2. Variable 2	63
CAPÍTULO III	65
METODOLOGÍA.....	65
3.1. Método de investigación	65
3.2. Tipo de investigación	65
3.3. Nivel de investigación	66
3.4. Diseño de investigación.....	66
3.5. Población y muestra	67
3.5.1. Población	67
3.5.2. Muestra	67
3.6. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos	67
3.7. Validación e instrumentos de recolección de datos.....	68
3.8. Procesamiento	68
3.8.1. Descripción del lugar de estudio	68
3.8.2. Caudal de captación	71
3.8.3. Presión de sistema de riego por aspersión.....	73
CAPÍTULO IV	75
RESULTADOS	75
4.1. Presentación de resultados	75
4.1.1. Caudal de una captación superficial y la presión en un sistema de riego por aspersión en el centro poblado de Tongos, Huancavelica	75
4.1.2. Caudal de una captación subterránea y la presión en un sistema de riego por aspersión en el centro poblado de Tongos, Huancavelica.....	76
4.2. Prueba de hipótesis	76
4.2.1. Caudal de una captación superficial y la presión en un sistema de riego por aspersión en el centro poblado de Tongos, Huancavelica	76
CAPÍTULO V	81

DISCUSIÓN DE RESULTADOS	81
5.1. Discusión de resultados.....	81
5.1.1. Caudal de una captación superficial y la presión en un sistema de riego por aspersión en el centro poblado de Tongos, Huancavelica.....	81
5.1.2. Caudal de una captación subterránea y la presión en un sistema de riego por aspersión en el centro poblado de Tongos, Huancavelica.....	85
CONCLUSIONES	86
RECOMENDACIONES	87
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	88
ANEXOS	91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Eficiencia de riego según el método de riego	45
Tabla 2. Velocidad límite donde al agua deja de arrastrar sedimentos	48
Tabla 3. Diámetro de partículas según la altura de caída	51
Tabla 4. Diámetro de partículas según el tipo de turbina	51
Tabla 5. Constante a según el diámetro	51
Tabla 6. Valores de la constante k	52
Tabla 7. Coeficiente K para desarenadores de baja velocidad	53
Tabla 8. Coeficiente K para desarenadores de alta velocidad	54
Tabla 9. Valores n según el tipo de material.....	60
Tabla 10. Taludes recomendados para el tipo de material	60
Tabla 11. Operacionalización de variables	64
Tabla 12. Mediciones en el canal de conducción	72
Tabla 13. Mediciones para el caudal de captación subterránea	73
Tabla 14. Presión de aspersores en las parcelas	73
Tabla 15. Presiones de aspersores - captación superficial	75
Tabla 16. Estadística de regresión - caudal superficial y presiones máximas ..78	
Tabla 17. Análisis de varianza - caudal superficial y presiones máximas.....	78
Tabla 18. Estadística de regresión - caudal superficial y presiones mínimas... 79	
Tabla 19. Análisis de varianza - caudal superficial y presiones mínimas	79
Tabla 20. Características del clima	101
Tabla 21. Datos de los cultivos	102
Tabla 22. Datos de los cultivos	103
Tabla 23. Características del terreno de cultivo.....	103
Tabla 24. Lámina neta y bruta de riego	103
Tabla 25. Requerimiento de riego - papa.....	104
Tabla 26. Requerimiento de riego - haba.....	105
Tabla 27. Requerimiento de riego - arveja.....	106
Tabla 28. Requerimiento de riego - cebada	107
Tabla 29. Requerimiento de riego - pastos cultivados	108

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Captación natural.....	30
Figura 2. Tipos de secciones de captaciones artificiales.....	30
Figura 3. Captación subterránea.....	31
Figura 4. Riego por exudación.....	33
Figura 5. Riego con mangas.....	34
Figura 6. Riego por goteo.....	35
Figura 7. Riego por aspersion.....	36
Figura 8. Riego por microaspersión.....	36
Figura 9. Riego por multicompuertas.....	37
Figura 10. Riego por impulsos.....	38
Figura 11. Criterio de riego.....	39
Figura 12. Componentes de un sistema de riego por aspersion.....	40
Figura 13. Sistema móvil semifijo de riego por aspersion.....	41
Figura 14. Sistema móvil fijo de riego por aspersion.....	41
Figura 15. Sistema ramales desplazables de riego por aspersion.....	42
Figura 16. Sistema de aspersores gigantes de riego por aspersion.....	42
Figura 17. Distribución de presiones.....	43
Figura 18. Comprobación de pérdidas de presión.....	43
Figura 19. Clases de desarenadores.....	47
Figura 20. Desarenador de lavado intermitente.....	48
Figura 21. Esquema del tanque desarenador.....	55
Figura 22. Secciones transversales frecuentes.....	58
Figura 23. Elementos geométricos de la sección transversal de un canal.....	59
Figura 24. Ubicación de la microcuenca Ñuñunga.....	69
Figura 25. Ubicación de la captación.....	70
Figura 26. Sección del canal de conducción.....	71
Figura 27. Sección del canal de conducción.....	76
Figura 28. Caudal superficial y presiones máximas - parcelas, función lineal.....	77

Figura 29. Caudal superficial y presiones mínimas - parcelas, función polinómica	79
Figura 30. Evapotranspiración en el C.P. San Lucas de Tongos	101
Figura 31. Precipitación efectiva en el C.P. San Lucas de Tongos	102

RESUMEN

“El problema general de la investigación fue: ¿Cuál es la relación entre la variación del caudal de una captación y la presión en un sistema de riego por aspersión en el Centro Poblado de Tongos, Pazos, Huancavelica?, el objetivo de la investigación fue: determinar la relación entre la variación del caudal de una captación y la presión en un sistema de riego por aspersión en el Centro Poblado de Tongos, Pazos, Huancavelica, y la hipótesis general fue: La variación del caudal de una captación tiene una relación directa con la presión en un sistema de riego por aspersión en el centro poblado de Tongos, Pazos, Huancavelica”.

“El método de la investigación es científico, de tipo aplicada, nivel correlacional, perteneciente a un diseño no experimental. La población estuvo compuesta por las parcelas de cultivo que cuentan con sistemas de riego por aspersión en el centro poblado San Lucas de Tongos, Pazos, Huancavelica. La muestra estuvo delimitada por 2 parcelas de cultivo del centropoblado San Lucas de Tongos”.

“Se concluyó que existe relación entre el caudal de una captación y las presiones de un sistema de riego por aspersión en el centro poblado San Lucas de Tongos, Pazos, Huancavelica. Puesto que se pudo demostrar que a mayor caudal en una captación se obtienen mayores presiones de los aspersores y que estos a la vez logran cubrir eficientemente el área de riego”.

Palabras clave: Captación subterránea, captación superficial, caudal, riego por aspersión, parcelas, presión de aspersores.

ABSTRACT

“The general problem of the research was: What is the relationship between the variation of the flow rate of a catchment and the pressure in a sprinkler irrigation system in the Centro Poblado de Tongos, Pazos, Huancavelica? The objective of the research was: to determine the relationship between the variation of the flow rate of a catchment and the pressure in a sprinkler irrigation system in the town center of Tongos, Huancavelica, and the general hypothesis was: The variation of the flow rate of a catchment has a direct relationship with the pressure in a sprinkler irrigation system in the town center of Tongos, Huancavelica”.

“The research method is scientific, applied, correlational, belonging to a non-experimental design. The population was composed of the crop plots that have sprinkler irrigation systems in the San Lucas de Tongos, Pazos, Tayacaja, Huancavelica population center. The sample was delimited by 2 crop plots of the San Lucas de Tongos town center”.

“It was concluded that there is a relationship between the flow rate of a catchment and the pressures of a sprinkler irrigation system in the town of San Lucas de Tongos, Huancavelica. It was demonstrated that the higher the flow rate in a catchment, the higher the sprinkler pressures and the more efficiently the sprinklers cover the irrigation area”.

Key words: Underground catchment, surface catchment, flow rate, sprinkler irrigation, plots, sprinkler pressure.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de riego tecnificados significan una útil herramienta para la optimización tanto del agua como de la eficiencia de riego para los cultivos, uno de los más eficientes y de fácil uso es el riego por aspersión, el cual ha beneficiado a numerosos agricultores, es por ello que se debe conocer la manera en que el sistema se podría ver afectado frente a las variaciones que se pueden presentar en toda la red de conducción y distribución que hace posible su funcionamiento (Gonzales, 2020), pues debido a estos cambios se pueden producir una disminución en las presiones ocasionando bajas en la producción y rendimiento de los cultivos. El objetivo de la investigación fue determinar la relación entre la variación del caudal de una captación y la presión en un sistema de riego por aspersión en el Centro Poblado de Tongos, Huancavelica.

“Para el desarrollo de la investigación, se realizó las mediciones de los caudales de una captación superficial y subterránea por el método del flotador y volumétrico respectivamente, de los cuales se pudo obtener caudales similares de 3.71 L/s para el caudal de una captación subterránea y 3 L/s de caudal de la captación subterránea que no llega a abastecer terrenos de cultivo aguas debajo de la captación. Posteriormente se midió la presión máxima y mínima de los aspersores de dos parcelas de cultivo con áreas de 1 000 m² aproximadamente. Así mismo se realizó el diseño agronómico e hidráulico del sistema de riego por aspersión en las dos parcelas de cultivo”.

Es así que en el capítulo I “se presenta en problema de la investigación, el cual contiene el planteamiento del problema, formulación del problema, objetivos y justificación”; en el capítulo II “se presenta el marco teórico de la investigación el cual contiene los antecedentes, marco conceptual, definición de términos, hipótesis y sistema de variables”; en el capítulo III “se presenta la metodología de la investigación el cual adjunta el método, tipo, nivel y diseño de la investigación, lugar y ejecución de la investigación, población y muestra, y el procedimiento de los datos de la investigación”; en el capítulo IV “se presentan los resultados el cual contiene la presentación de los resultados y la prueba de hipótesis respectivas”; en el capítulo V “en el cual se presentan las discusiones de resultados de la investigación; para finalizar se presentan las conclusiones y recomendaciones”. Así mismo se adjuntan los anexos y las evidencias fotográficas del desarrollo de la investigación.

Bach. Franklin Rolando Chuco Quilca.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

“Los sistemas de riego han ido evolucionando a lo largo de los años, buscando generar un incremento en producción y rendimiento, así como un aprovechamiento eficiente del agua, es por ello que conocer la manera en la que se pueden ver afectados representa un importante análisis pues comprende el estudio de toda una red de conducción. Los sistemas de riego por aspersión se han posicionado como uno de los más eficientes y de más fácil uso en los lugares con cultivos”.

“El desarrollo de la tecnología, permitió que en la actualidad existan diversos tipos de riego que permiten compensar el déficit de lluvias para el adecuado crecimiento de los cultivos. Razón por la que en los últimos 10 años, las innovaciones en riego han avanzado debido al cambio climático y a las exigencias de la producción de cultivos; señalado por Augusto Londoño. Es por eso que en la actualidad se han popularizado las variantes como la fertirrigación, hidropónico,

aspersión, goteo, microaspersión, nebulización, automático, multicompuertas, drenaje subterráneo y gravedad como los más utilizados en el mundo; que deben ser implementados en función a los estudios técnicos de cada cultivo, condiciones climáticas y tipo de suelo donde se pretende realizar la instalación. Siendo una ventaja destacada el ahorro de agua, ya que suministra las cantidades adecuadas permitiendo la optimización y la calidad del suelo; mencionado por Armando García” (AGRONEGOCIOS, 2018).

Es por eso que, en países como Egipto y Pakistán, realizan estudios para mejorar sus sistemas de conducción de agua y garantizar el uso para las necesidades de la población, realizan estudios de efectos de la rehabilitación de canales, mediante investigaciones realizadas con softwares donde pretenden conocer la manera de optimizar en transporte de agua (ElGamal, ElFetyany, & ElKassar, 2019), o también mediante la implementación de nuevas formas de medición de caudal, para conocer las variaciones a lo largo del año y poder implementar un plan de gestión de agua apropiado (Riaz, Ahmad, & Muhammad, 2016) .

Dentro de Latinoamérica, el Instituto de Investigaciones Agropecuarias Centro Regional de Investigación Carillanca de Chile, realizó un informe conjuntamente con el Ministerio de Agricultura, en el que se detalla todo el proceso de diseño de un sistema de riego por aspersión, las consideraciones y las ventajas que brinda; ayudando a su población a tener mayor información y alcance del tema (Peralta & Simfendorfer, 2001).

En Perú se han realizado investigaciones acerca de los comportamientos de los sistemas de riego tecnificado mediante herramientas computacionales o

estudios de afectación por un cambio en su diseño, en estos estudios se da a conocer mediante una recopilación de información tanto meteorológica como de investigaciones pasadas la situación de cada sistema de riego estudiado y los factores que influyen (Nuñez, 2017). Además el Ministerio de Agricultura y Riego ha desarrollado un Manual Técnico para la Operación y Mantenimiento del Sistema de riego por aspersión en laderas, contribuyendo al entrenamiento de las obras de riego tecnificado (Ministerio de Agricultura y Riego & Programa Subsectorial de Irrigaciones, 2014).

En ese sentido la investigación propone evaluar el caudal de una captación y su efecto en la presión del sistema de riego por aspersión en las parcelas de cultivo del Centro Poblado de Tongos. Para el cual es necesario conocer los registros de las variaciones de caudales máximos y mínimos de las captaciones, puesto que ayuda a saber de qué manera la población se vería afectada a lo largo de un período anual; más aún si las captaciones que se estudian tienen como finalidad abastecer a los cultivos en forma de sistemas de riego, la información recopilada permitirá brindar un conocimiento y preparación para escenarios futuros; como también en la toma de decisiones para mejorar el sistema de riego de las parcelas de cultivo en el Centro Poblado Tongos.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿"Cuál es la relación entre la variación del caudal de una captación y la presión en un sistema de riego por aspersión en el Centro Poblado de Tongos, Pazos, Huancavelica"?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿Cuál es la relación entre la variación del caudal de una captación superficial y la presión de un sistema de riego por aspersión en el Centro Poblado de Tongos, Pazos ,Huancavelica?
- b) ¿Cuál es la relación entre la variación del caudal de una captación subterránea y la presión de un sistema de riego por aspersión en el Centro Poblado de Tongos, Pazos ,Huancavelica?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

“Determinar la relación entre la variación del caudal de una captación y la presión en un sistema de riego por aspersión en el centro poblado de Tongos, Pazos, Huancavelica”.

1.3.2. Objetivos específicos

- a) “Determinar la relación entre la variación del caudal de una captación superficial y la presión en un sistema de riego por aspersión en el centro poblado de Tongos, Pazos, Huancavelica”.
- b) “Determinar la relación entre la variación del caudal de una captación subterránea y la presión en un sistema de riego por aspersión en el centro poblado de Tongos, Pazos ,Huancavelica”.

1.4. Justificación

1.4.1. Social

“Según Hernández (2014), “la justificación social tiene lugar cuando tiene alguna trascendencia para la sociedad y se ve beneficiada con los resultados de la investigación de acuerdo al alcance o proyección que tenga. Por ello en esta investigación, se pretende evaluar la variación del caudal de una captación y la presión en un sistema de riego por aspersión en el centro poblado de Tongos, con la finalidad de conocer el rendimiento en las áreas de cultivo de este lugar y brindar información a los pobladores acerca de cómo mejorar esta situación para optimizar y mejorar el rendimiento del sistema de riego con el que cuentan los propietarios de las parcelas de cultivo. La solución del problema responde a la evaluación del caudal de las captaciones superficiales y subterráneas, evaluación del caudal de entrada al sistema de riego y el caudal de salida en las tuberías del sistema de riego por aspersión”. Para el cual se requiere evaluar el evento tal como sucede en la realidad”.

1.4.2. Metodológica

“Según Hernández (2014), la justificación metodológica se desarrolla cuando existe una contribución para definir un concepto, variable o relación entre variables y se puede lograr mejoras para experimentar con estas. En la investigación se determinará la relación entre la variación del caudal de una captación y la presión en un sistema de riego por aspersión en el centro poblado de Tongos; buscando conocer la cantidad de rendimiento mediante las mediciones de presión mínima y máxima establecidas por los caudales disponibles de acuerdo al tipo de captación”.

Por ello, la investigación servirá de guía para futuras investigaciones que permitan el mejoramiento de la eficiencia de los sistemas de riego.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Según ElGamal y otros (2019) en el artículo de investigación “Efecto de la rehabilitación de la red de riego en la gestión del agua – estudio de caso: canal de navegación Tanta - Egipto”. El objetivo fue, comprobar el impacto de dragar el primer tramo del canal para mejorar el desempeño del transporte y evaluar la posibilidad de construir un nuevo regulador después de la toma de El-Kased ubicado en el kilómetro 18.5. El método de investigación fue científico, con diseño no experimental. La población estuvo delimitada por el canal de navegación Tanta – Egipto con una longitud de 38 kilómetros. Para lograr el objetivo, se evaluó el ramal principal Dalel El-Kased del canal Tanta mediante el programa HEC-RAS para estudiar el flujo de la superficie del agua, simulación de flujo inestable, cálculo del transporte de sedimentos en los límites móviles y el análisis de la calidad del agua. Los resultados mostraron que la primera alternativa de solución logra reducir

de 8.97 a 8.80 m los niveles de agua en la cabecera del canal, de 8.68 a 8.43 aguas arriba del regulador El-Batanoniya, pero a su vez logra aumentar los niveles de agua al final del tramo Dalel El-Kased; en el caso de la segunda solución se presentan 2 escenarios en el primero se incrementa el flujo mientras se mantienen bajos los niveles de aguas arriba del regulador; en el segundo escenario el flujo en la cabecera aumenta a 70.9 m³/s y a 39.85 m³/s para el tramo Dalel El-Kased, también los niveles de agua aumentaron a 8.93 m en la cabecera del canal, 7.36 m en el final del tramo Dalel El-Kased y a 5.22 m en el regulador El-Batanoniya. Llegaron a la conclusión de que, el dragado del canal mejorar la eficiencia del transporte de agua y rendimiento hidráulico permitiendo mantener altos niveles de agua aguas arriba, por otro lado, construir un nuevo regulador en el kilómetro 18.5 es otra solución para resolver el problema de riego.

Según Riaz, Ahmad y Muhammad (2016) en el artículo de investigación “Un enfoque de medición inteligente para medir los caudales en pequeñas salidas de riego”. El objetivo fue, medir la descarga en una salida utilizando un medidor de agua inteligente inalámbrico de baja potencia. El método de investigación fue científico, con diseño no experimental. La población estuvo delimitada por la cuenca del Indo con un área de 45 millones de acres de tierra agrícola, en Pakistán. Para lograr el objetivo, se evaluó el funcionamiento y monitoreo de flujo del sistema distribuidor del canal compuesto por 43 comandos y 12 canales de enlace que tienen una longitud total de 61 000 km y más de 107 000 pequeños cursos de agua; se propuso un sistema automatizado de sensores para cumplir con el monitoreo de tal sistema, conjuntamente con medidores inteligentes y pozos tranquilizadores. Los resultados mostraron que luego de la aplicación de la ecuación para medir el

flujo uniforme en el canal; la cual está en base al caudal de descarga de flujo a través de la salida, a la profundidad del agua desde el lado corriente arriba del canal con referencia a la cresta y los coeficientes que dependen de las dimensiones del canal, tipo de material y estructura de diseño con valores de $k_1=0.0007699$, $k_2=1.023$ y $t_u=1.606$; se obtuvo una relación entre la cabecera aguas arriba y el rango de descarga deseado el cual tiene una relación directa y aumenta de acuerdo a sus condiciones. Llegaron a la conclusión de que, se puede realizar una medición exitosa del caudal de pequeños cursos de agua y la estimación del estado de los canales; la solución propuesta es viable para la medición del flujo continuo, es por ello que se puede implementar un prototipo de bajo costo en un canal abierto.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Según Lavalle (2020) para optar el título de Ingeniero agrícola sustentó la tesis “Evaluación del sistema de riego presurizado en el cultivo de palto, aplicando el software SIGOPRAM, Centro Experimental Tumpis, Tumbes-2020”. El objetivo general fue, evaluar el sistema de riego presurizado del cultivo de palto existente en el Centro Experimental Tumpis propiedad del Proyecto Especial Binacional Puyango Tumbes. El método de la investigación fue científico, con diseño no experimental. La población y muestra estuvieron delimitadas por una parcela que pertenece al Centro Experimental Tumpis, ubicado en el distrito de Papayal, Zarumilla, Tumbes. Para lograr el objetivo, se evaluó el sistema de riego tomando datos agronómicos e hidráulicos, por lo cual se realizó un muestreo de suelo y análisis de textura, posteriormente se determinó las características del agua de riego evaluando su disponibilidad y calidad; luego se desarrolló un diseño corrigiendo las falencias del existente con la ayuda del software SIGOPRAM, pues

permite determinar “las características fisiológicas y fenológicas del cultivo. Los resultados demostraron que, según las muestras proporcionadas se obtuvo un 38% de arena, 32% de limo y 30% de arcilla lo que permite clasificar el suelo como Franco Arcillo Arenoso; en el caso del Potencial de Hidrógeno (pH) la muestra evaluada tenía un pH de 6.90 clasificándolo como un suelo neutro; en las características hidráulicas se obtuvo que el agua era no salina y con pH neutro. Llegó a la conclusión de que, el cultivo sufría estrés hídrico y una serie de plagas que se pudieron identificar gracias a la evaluación, también que con el nuevo diseño agronómico de riego presurizado se corregiría estas fallas para generar un incremento productivo y económico en la región ya que con el software SIGOPRAM la evaluación y nuevo diseño hidráulico de riego se facilita pues es un programa que trabaja conjuntamente con el ArcGIS”.

Según “Gonzales (2020) para optar el título profesional de Ingeniero civil sustentó la tesis” “Comportamiento hidráulico del sistema de riego por aspersión mediante herramientas computacionales, Paras, Ayacucho 2020”. “El objetivo general fue, determinar el cambio del comportamiento hidráulico del sistema de riego por aspersión mediante herramientas computacionales”. El método de la investigación fue científico, con diseño no experimental. La población estuvo compuesta por los 13 sistemas de riego por aspersión del distrito Paras, Ayacucho. Para lograr el “objetivo se formuló una alternativa para analizar el comportamiento hidráulico para el riego, con el fin de disminuir la baja eficiencia y distribución en la aplicación de agua por la diferencia de caudales, velocidades y presiones mínimas y máximas, para satisfacer las necesidades hídricas de los cultivos, garantizar la uniformidad de riego y optimizar el consumo de agua. Los resultados demostraron

que, las velocidades del sistema de riego (en tuberías de 26mm y 33mm de diámetro del turno I, turno II y turno IV) son menores a 0.5 m/s en tramos finales de los laterales de riego, no cumplen con los parámetros de velocidades 0.5 m/s a 3 m/s y el diseño en los programas WaterCad y Epanet coinciden en resultados; se presentan presiones mínimas de trabajo menores a 12 mca en el turno I y turno II, en los demás turnos superan las presiones de trabajo de 25 mca. Llegó a la conclusión de que, los cambios del comportamiento hidráulico de las presiones del turno I y turno II presentan presiones menores en campo y en el diseño en los programas WaterCad y Epanet”.

Según Baca (2019) “para optar el título profesional de Ingeniero agrónomo sustentó la tesis” “Diseño del sistema de riego por aspersión en la comunidad campesina de Rayallaqta - Andahuaylillas - Cusco”. “El objetivo general fue, diseñar un sistema de riego por aspersión con los recursos hídricos y edáficos de la comunidad campesina de Rayallaqta, distrito de Andahuaylillas”. El método de la investigación fue científico, con diseño no experimental. La población estuvo compuesta por la microcuenca Rayallaqta en el distrito de Andahuaylillas, provincia de Quispicanchi, región Cusco. “Para lograr el objetivo, se elaboró el diagnóstico de la situación socioeconómica actual, también se calculó el aforo de la fuente hídrica y se realizó el levantamiento topográfico parcelario de la zona de intervención, con esta información y utilizando programas de cómputo como Excel, AutoCAD, se realizó el diseño agronómico e hidráulico del sistema de riego. Los resultados demostraron que, el diseño irrigará un total de 14 ha, con un caudal de 6.3 l/s, módulo de riego de 0.45 l/s/ha; con 21 horas de jornada de riego y una frecuencia de 9 días con una lámina de riego bruta promedio de 28.70 mm/mes, con 75% de

eficiencia de aplicación de riego y una demanda bruta de 102.87 mm/mes para el mes de setiembre que es el mes crítico. Llegó a la conclusión de que, el diseño hidráulico necesitará dos captaciones, de los manantes Marcahuasi (4 l/s decaudal) y Rakhunhorcco (2.2 l/s de caudal) que serán conducidos por una longitud de 707 metros aproximadamente para lo cual serán necesarias 2 cámaras rompe presión y 2 válvulas de control”.

Según Dioses y Zapata (2017) para optar el título profesional de Ingeniero civil sustentaron la tesis “Sistema de riego tecnificado por goteo para cultivo de quinua, financiado por Fondo Contravalor Perú-Francia; en el distrito Tauripampa, provincia Yauyos, Lima 2017”. El objetivo general fue, “comparar el rendimiento del cultivo de Quinua al aplicar un riego por goteo convencional e intermitente utilizando cintas de riego”. “El método de la investigación fue científico, con diseño experimental. La población estuvo compuesta por las parcelas del distrito de Tauripampa, comprensión de la Provincia de Yauyos en el departamento de Lima, durante los meses de mayo 2017 a octubre del 2017”. Para lograr el objetivo, se seleccionó una parcela representativa de 120 m² en la que se trabajó con dos tratamientos y en ambos se utilizó el sistema de riego por goteo, satisfaciendo una lámina de riego al 100% de la necesidad hídrica del cultivo. “Los resultados demostraron que, el método de riego por goteo logra optimizar el recurso hídrico en 95%, logrando incrementar las áreas regables de los diferentes cultivos de la zona en un 60%; con el método de riego por goteo intermitente se alcanzó un rendimiento de 62.75 ton/ha y con el método de goteo convencional 57.16 ton/ha. Llegaron a la conclusión de que, para ambos tratamientos la cantidad de agua empleada representa un 60% de la cantidad que usan los productores que trabajan con riego

por gravedad y que los rendimientos de la cosecha superan el rendimiento promedio nacional para la quinua (40 ton/ha) por la implementación de los sistemas de riego”.

Según Nuñez (2017) para optar el título profesional de Ingeniero agrícola sustentó la tesis “Sistema de riego por aspersión en el sector Cascamache, distrito Huancabamba, provincia Huancabamba, región Piura”. El objetivo general fue, diseñar un sistema de riego por aspersión para el sector Cascamache, distrito de Huancabamba, provincia de Huancabamba, región Piura. El método de la investigación fue científico, con diseño experimental. La población estuvo compuesta el Grupo de Gestión Empresarial María Auxiliadora perteneciente a la región de Piura. Para lograr el objetivo, se seleccionó un área aproximada de 15.20 hectáreas para el cultivo de pasto natural y rye Gras, y se diseñó el sistema de riego a partir del conocimiento de dos captaciones: canal Los Lirios y canal Succhil La Soccha con un caudal promedio de 1.5 l/s y 28.5 l/s respectivamente, se dividieron en dos tomas de captación (Bloque I y II) cada una con un reservorio, además de un desarenador. Los resultados demostraron que, el volumen necesario para el reservorio del Bloque I es de 340 m³ y para el Bloque II de 3090 m³, en el diseño del riego por aspersión se implementó una tubería principal con una válvula reductora de presión a 50 m.c.a en la que podría circular un caudal de 34.4 l/s. Llegó a la conclusión de que, con una adecuada selección de infraestructura riego, ubicación de las válvulas de control, selección de aspersor, diseño agronómico e hidráulico, se logra obtener óptimas operaciones del sistema aprovechando los desniveles topográficos.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Captación

Es un tipo de estructura que permite el aprovechamiento de cuerpos de agua como ríos, riachuelos lagos y embalses, con la finalidad de suministrar agua de una forma continua a una comunidad para de esta manera hacerla más accesible para un mayor número de usuarios, se puede hacer un sistema de captación por gravedad o bombeo dependiendo de las características que tenga la fuente, el caudal que se requiera y la situación ecológica y topográfica; es por ello que se debe realizar un estudio hidrológico previo para medir los caudales y así garantizar un óptimo aprovechamiento del agua (Stauffer & Spuhler, 2020).

“Se recomienda que siempre se pueda cumplir con los siguientes parámetros: la captación debe ser realizada donde haya un flujo adecuado de agua, si es posible se debe preferir el suministro por gravedad para minimizar los costos generados por la utilización de bombeo y buscar la manera de reducir la contaminación y el flujo de sedimentos que se puedan presentar”. Se debe de realizar una operación y mantenimiento cada cierto lapso de tiempo para evitar la turbiedad del agua, también se debe limpiar regularmente rejas y extraer los residuos sólidos, en el caso de que exista un desarenador se debe proceder a desarenar cada seis meses (Stauffer & Spuhler, 2020).

2.2.2. Tipos de captaciones

- **Captación superficial:** Es un tipo de captación principalmente de aguas superficiales, es un conducto que permite la circulación del agua mediante la variación de pendientes; sus dimensiones pueden variar, así como su tipo de revestimiento. Existen captaciones de tipo natural y artificial, las de tipo

artificial a su vez se clasifican de acuerdo a su tipo de sección: trapezoidal, rectangular, triangular y parabólica (Abreu & Lara, 2015).

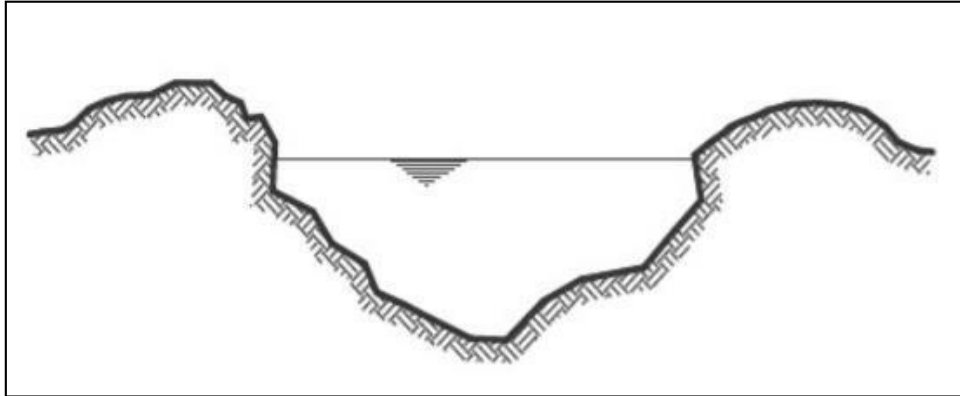


Figura 1. Captación natural

Fuente: (Abreu & Lara, 2015).

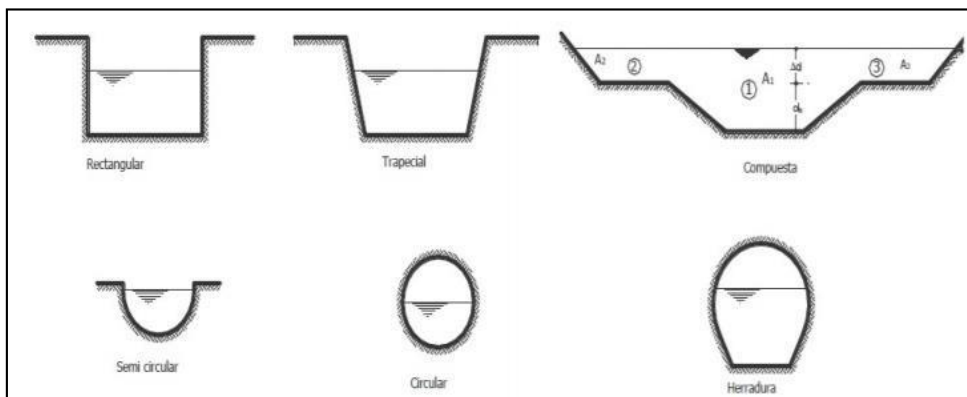


Figura 2. Tipos de secciones de captaciones artificiales

Fuente: (Abreu & Lara, 2015).

- **Captación subterránea:** Este tipo de captación aprovecha principalmente las aguas subterráneas, las recolecta y las conduce por medio de tuberías, evita la contaminación del agua y presenta mejor control de agentes externos (Salamanca, 2010).

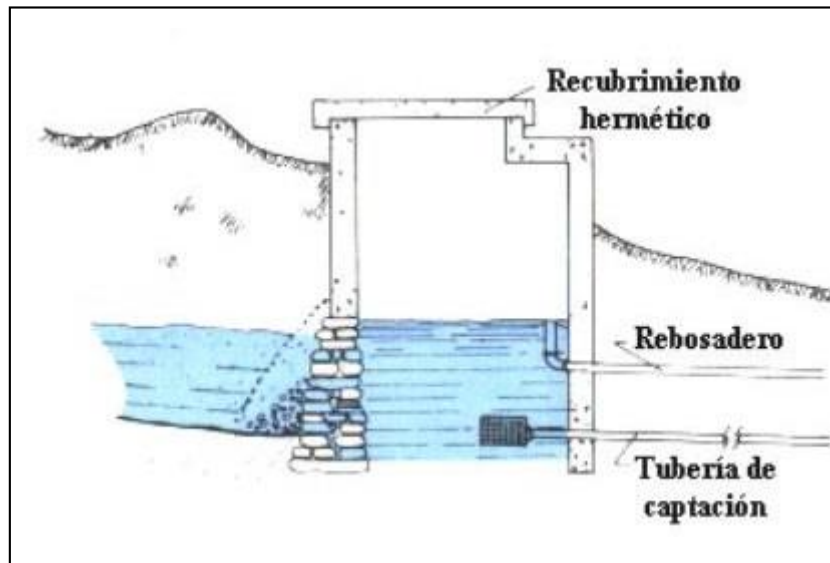


Figura 3. Captación subterránea

Fuente: (Salamanca, 2010)

2.2.3. Caudal

El caudal es la relación entre la cantidad de agua disponible y un determinado momento, en el caso de los manantiales como de las pequeñas quebradas el caudal tiene una importante variabilidad a lo largo del año, conocer esta variación es fundamental porque permite evaluar la fuente, considerar el diseño de la obra de captación que se tenga que realizar y planificar del uso del agua en épocas críticas. Para determinar los caudales mínimos y máximos, se recomienda contar con registros hidrológicos de varios años, con determinados intervalos durante un año, pero ya que no siempre es el caso, lo recomendable es contar con datos de las épocas más críticas, esto quiere decir, con la temporada del estiaje y las temporadas de lluvias. Conocer las variaciones del caudal permite dimensionar obra de manera segura. Este valor se puede obtener mediante un método directo o indirecto (Paliouff & Gornitzky, 2011):

- **Método directo:** Es el más rápido porque se utiliza donde es posible captar o encausar el agua, y desviarla hasta un recipiente cuyo volumen es conocido, mediante un tubo o canaleta.

El caudal se determina a partir de la medición del volumen de agua (litro, metros cúbico, entre otros) y del tiempo que demora en completar esa cantidad (segundos, minutos, entre otros) (Paliöff & Gornitzky, 2011).

$$Caudal = \frac{volumen}{tiempo} = \frac{litros}{segundos}$$

- **Método indirecto:** Este cálculo se realiza mediante la medición de la velocidad del agua en el curso y el área o sección que la conduce, luego se aplica la fórmula (Paliöff & Gornitzky, 2011).

$$Caudal = velocidad * sección$$

2.2.4. Sistemas de riego tecnificado

2.2.4.1. Sistema de riego por exudación

Es un sistema de riego de tipo localizado, el riego se aplica en forma continua mediante un tubo poroso el cual exuda en toda su longitud y superficie; permite ahorrar el agua, elevar la uniformidad de aplicación aún con diferentes presiones, regar en forma continua evitando de esta manera las pérdidas por percolación, restituir el agua evapotranspirada mediante el tubo poroso y también puede ser utilizado en campo abierto o invernaderos, en terrenos planos y con pendiente, para todos los climas y cultivos (Ministerio de Agricultura & Programa Subsectorial de Irrigaciones, 2008).



Figura 4. Riego por exudación

Fuente: (Ministerio de Agricultura & Programa Subsectorial de Irrigaciones, 2008)

2.2.4.2. Sistema de riego con mangas

Este sistema se utiliza para conducir el agua de un punto a otro lo largo de un predio, mediante mangas plásticas se aplica el agua a los surcos gracias a las perforaciones realizadas a ciertas distancias, se puede decir que este simple sistema es de bajo costo (Ministerio de Agricultura & Programa Subsectorial de Irrigaciones, 2008).



Figura 5. Riego con mangas

Fuente: (Ministerio de Agricultura & Programa Subsectorial de Irrigaciones, 2008)

2.2.4.3. Sistema de riego por goteo

Mediante este sistema se puede aplicar el agua conjuntamente con los fertilizantes en la zona radicular del cultivo, a manera de gotas localizadas y con una frecuencia alta en las cantidades necesarias, algunos de los beneficios que presenta este sistema son: riego localizado continuo y eficiente aproximadamente en 90%, es adaptable a cualquier tipo de suelo y topografía, y permite ahorrar tanto tiempo como trabajo gracias a su método de aplicación conjunto de agua y fertilizantes (Ministerio de Agricultura & Programa Subsectorial de Irrigaciones, 2008).



Figura 6. Riego por goteo

Fuente: (Ministerio de Agricultura & Programa Subsectorial de Irrigaciones, 2008)

2.2.4.4. Sistema de riego por aspersión

Mediante este sistema de riego compuesto por un conjunto de aspersores se puede simular la lluvia, controlando el tiempo e intensidad, gracias a la operación de presiones, distancias de colocación y tamaños; permite realizar un riego de forma controlada, reducir aquellas pérdidas ocasionadas por la conducción así como la mano de obra, disminuir los efectos negativos de las heladas y mitigar el peligro de erosión de suelos (Ministerio de Agricultura & Programa Subsectorial de Irrigaciones, 2008).



Figura 7. Riego por aspersión

Fuente: (Ministerio de Agricultura & Programa Subsectorial de Irrigaciones, 2008)

2.2.4.5. Sistema de riego por microaspersión

En este método se aplica el agua en forma de una lluvia muy fina, permitiendo esparcir la humedad en toda la zona radicular del cultivo, existetambién la opción de nebulizar el agua; generalmente es usado para regar árboles(Ministerio de Agricultura & Programa Subsectorial de Irrigaciones, 2008).



Figura 8. Riego por microaspersión

Fuente: (Ministerio de Agricultura & Programa Subsectorial de Irrigaciones, 2008)

2.2.4.6. Sistema de riego por multicompuertas

Con este sistema se permite conducir y distribuir el agua de riego, haciendo uso de tuberías livianas de fácil transporte e instalación; es una alternativa a los canales de conducción y distribución, puede alcanzar una eficiencia de riego de hasta 70%, su instalación y operación significa un bajo costo (Ministerio de Agricultura & Programa Subsectorial de Irrigaciones, 2008).



Figura 9. Riego por multicompuertas

Fuente: (Ministerio de Agricultura & Programa Subsectorial de Irrigaciones, 2008)

2.2.4.7. Sistema de riego por impulsos

También conocido como riego intermitente, hace uso de un dispositivo que abre y cierra las compuertas cada cierto lapso de tiempo, permitiendo así la aplicación de agua a los surcos; puede alcanzar una eficiencia de riego del 75%, es de fácil instalación y más económico que los sistemas presurizados (Ministerio de Agricultura & Programa Subsectorial de Irrigaciones, 2008).



Figura 10. Riego por impulsos

Fuente: (Ministerio de Agricultura & Programa Subsectorial de Irrigaciones, 2008)

2.2.5. Consideraciones para elegir el tipo de riego tecnificado

Para realizar “una elección correcta del tipo de riego a utilizar se tiene que conocer cuánta cantidad de agua se debe aplicar por riego, también conocida como lámina neta, el cálculo de esta cantidad depende de cuatro factores: el agua útil, el criterio de riego, la densidad aparente del suelo y la profundidad de las raíces del cultivo” (Tapia, 2014).

- Agua útil: “Es el resultado de la diferencia entre la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente, este valor representa la cantidad de líquido disponible en el terreno que puede ser aprovechado por los cultivos”.
- Criterio de riego: “Factor que se calcula para determinar el momento de aplicar un riego con relación al porcentaje de agua útil que un terreno posee; cuando un terreno se encuentra en capacidad de campo su porcentaje de agua útil será igual a un 100%, mientras que cuando los cultivos se encuentren en el punto de marchitez permanente el porcentaje correspondiente será de 0% de agua útil”.

Capacidad de Campo	100%	AGUA ÚTIL
	90%	
	80%	
	70%	
Punto A	60%	
Punto B	50%	
Punto C	40%	
Punto D	30%	
	20%	
	10%	
Punto de Marchitez Permanente	0%	

Figura 11. Criterio de riego

Fuente: (Tapia, 2014)

- Profundidad de las raíces de cultivo: Ya que las raíces son las encargadas de absorber los nutrientes y el agua, es un factor que se debe de tomar en cuenta para el cálculo y tipo de aplicación de agua, pues mientras mayor sea la profundidad de las raíces más agua se tendrá que aplicar durante el riego.

2.2.5.1. Sistema de riego por aspersión

El riego por aspersión se basa principalmente en la aplicación de agua a cultivos realizando una simulación de lluvia localizada mediante un conjunto de componentes: primero se tiene que derivar el agua de una fuente a través de una captación superficial o subterránea; se necesita en la mayoría de caso de una unidad de bombeo que conducirá el agua hasta una zona alta, luego mediante una red de conducción se transporta el agua hasta el lugar de riego, generalmente las redes de riego se conforman por una o dos tuberías principales y tuberías secundarias; también se cuentan con válvulas de distintos tipos para definir las presiones y van incorporadas a la tubería de conducción; otro elemento son las llaves de paso y las cámaras rompe presión las cuales controlan y disminuyen costos en la incorporación de tuberías de alta resistencia; finalmente están también

los hidrantes o tomas de riego y los aspersores (Ministerio de Agricultura y Riego & Programa Subsectorial de Irrigaciones, 2014).

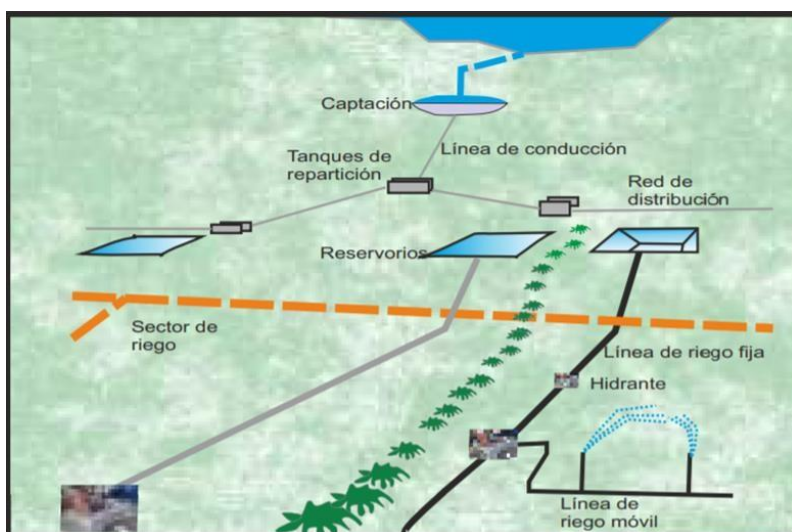


Figura 12. Componentes de un sistema de riego por aspersión

Fuente: (Ministerio de Agricultura y Riego & Programa Subsectorial de Irrigaciones, 2014)

Este sistema de riego tiene varias ventajas frente a otros pues se puede aplicar a terrenos de topografía irregular, es válido para suelos delgados, con alta velocidad de infiltración y/o susceptibles a la erosión, es ideal cuando se dispone de poco caudal, se tiene precisión en las dosis de agua, es adaptable a las rotaciones de cultivos y permite la automatización (Peralta & Simfendorfer, 2001).

Principalmente existen 2 tipos de sistema de riego por aspersión: los estacionarios y los de desplazamiento continuo; dentro de los estacionarios se encuentran (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, s.f.):

- Móviles semifijos: Cuentan con una tubería móvil



Figura 13. Sistema móvil semifijo de riego por aspersión
Fuente: (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, s.f.)

- Fijos: Tienen una tubería fija



Figura 14. Sistema móvil fijo de riego por aspersión
Fuente: (Valdivieso, s.f.)

Dentro de los que conforman al tipo de desplazamiento continuo están
(Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, s.f.).

- Ramales desplazables: Con desplazamiento circular



Figura 15. Sistema ramales desplazables de riego por aspersión
Fuente: (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, s.f.)

- Aspersores gigantes: Son los laterales de avance frontal



Figura 16. Sistema de aspersores gigantes de riego por aspersión
Fuente: (SIRHC, s.f.)

2.2.5.2. Presión en un sistema de riego por aspersión

La presión en un sistema de riego por aspersión es importante para lograr un riego eficiente, su control en los diferentes puntos de la parcela nos ayuda en optimizar la operación de riego, también sirve para dimensionar las instalaciones, se puede medir en kg/cm², bares o atmósferas mediante un manómetro (Monge, 2016).

La distribución de presiones en la parcela no debe tener variaciones extremas, para lo cual se debe medir el aspersor con mayor y menor presión, que depende de la distancia de entrada del agua; la diferencia entre presión máxima y mínima no debe superar el 20% de pérdida de presión (Salvatierra & Viqueira, 2015).

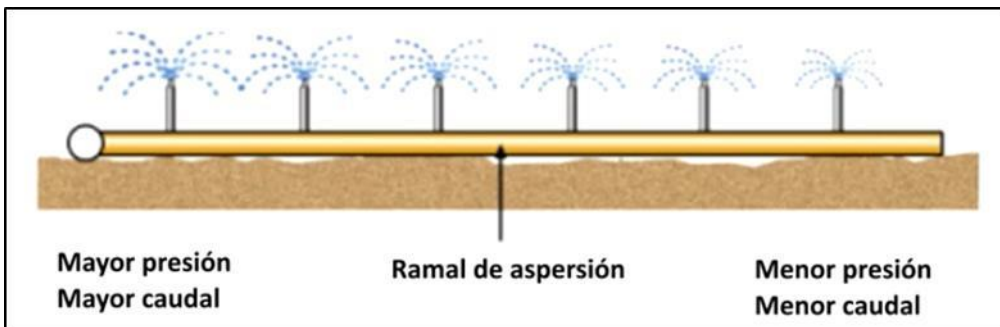


Figura 17. Distribución de presiones

Fuente: (Salvatierra & Viqueira, 2015)

$$\frac{P_{\max} - P_{\min}}{P_{\max}} * 100 < 20\%$$

Figura 18. Comprobación de pérdidas de presión

Fuente: (Salvatierra & Viqueira, 2015)

2.2.6. Sistema de riego

2.2.3.1. Diseño agronómico

“Consiste en dimensionar la superficie máxima de cada unidad, como el intervalo y tiempo de riego partiendo de la lámina de diseño, para poder conocer la capacidad que requiere el sistema y en caso de no coincidir con la capacidad disponible se deben realizar ajustes correspondientes. Del mismo modo, se requiere conocer la relación de las características y propiedades físicas del agua y el suelo, como también conocer las particularidades de cada cultivo como el estado fenológico y su requerimiento hídrico” (Jiménez, 2017).

a. Uso consuntivo

El uso se “define como la cantidad de agua que consume la vegetación para germinar, crecer y producir económicamente y cuantitativamente, el cual es un término de la evapotranspiración, siendo los principales componentes del uso consuntivo la transpiración y evaporación (Tello, y otros, 2016).

Por otro lado, el uso consuntivo es importante ya que asegura el volumen necesario para poder obtener niveles óptimos de productividad, tal como se muestra en la siguiente expresión”.

$$UC = ETR = E_{vp} * Kc$$

Donde:

UC = “Uso consuntivo” (mm)

ETR = “Evapotranspiración real (mm/día)”

E_{vp} = “Evapotranspiración potencial que se define como el volumen de agua perdida en una zona con vegetación que sombrea la mayor parte del suelo y al cual no le falta agua, es decir, tiene un abastecimiento permanente” (mm)

Kc = Coeficiente de uso consuntivo

b. Factores que influyen en el uso consuntivo del agua

- **Clima:** “representado por la temperatura, humedad relativa, vientos, latitud, luminosidad, precipitación”, etc.
- **Cultivo:** “representado por la especie vegetal, variedad, ciclo vegetativo, hábitos radiculares”, etc.
- **Suelo:** “representado por la textura, profundidad del nivel freático, capacidad de retención de humedad”, etc.
- **Agua de riego:** “en cuanto a su calidad, disponibilidad, prácticas de riego, nivel de la misma con respecto a la superficie”, etc.

Cabe mencionar, que es importante estimar el volumen de agua que se requiere para garantizar la cosecha; el cual hace referencia a la eficiencia del sistema de riego, pues este hace referencia al volumen de agua que se tiene que considerar por las pérdidas que se generan durante el ciclo de riego.

La siguiente tabla, muestra los porcentajes de eficiencia de riego.

Tabla 1. *Eficiencia de riego según el método de riego*

Método de riego	Eficiencia (%)
Tendido	20 - 30
Surcos	30 - 60
Corrugado	60 - 70
Platabandas	65 - 85
Surcos en curva de nivel	40 - 70
Aspersión	70 - 85
Goteo	90 - 95
Microaspersión	85 - 95
Cinta	80 - 95

Fuente: (VALENZUELA, 1988)

2.2.3.2. Diseño hidráulico

“Este diseño tiene como finalidad definir diámetros y longitudes de tuberías que componen el sistema (regantes distribuidoras y conducción) bajo el criterio de optimización, el diseño debe considerar el criterio de que las secciones operen con uniformidad de emisión mayor al 90% y que la velocidad de las tuberías no exceda los 2.00 m/s.” (Jiménez, 2017).

a. Caudal de máximas avenidas y análisis de frecuencias hidrológicas

Debido a que la planeación y el diseño se pretenden plantear a futuro; donde el tiempo de ocurrencia y la magnitud no se pueden predecir, entonces se recurre a las estimaciones mediante probabilidades o frecuencias del caudal o volumen de flujo (Tello, y otros, 2016).

Para seleccionar el nivel de probabilidad para un diseño, el riesgo es considerado aceptable además que depende de las condiciones económicas y políticas; debido que diseñar para una condición extrema tiene costo alto y solo es justificable cuando las consecuencias de una falla son graves (Linsley, y otros, 1998).

b. Criterios de diseño de desarenador

“Un desarenador es una obra hidráulica que sirve para separar o decantar y remover o evacuar el material sólido que lleva el agua de un canal. Generalmente el material sólido ocasiona deterioros en las obras hidráulicas, ya que se acumula en el fondo del canal reduciendo la sección de está generando un costo alto de mantenimiento; por otro lado también ocasiona daños en las plantas eléctricas debido a que la arena arrastrada por el agua

pasa por las turbinas y las desgasta cuando la velocidad es alta (Villón, 2005)”.
 • **Clases de desarenadores**

En la siguiente figura, se puede apreciar las clases de desarenadores; según la operación, velocidad de escurrimiento y según su disposición.

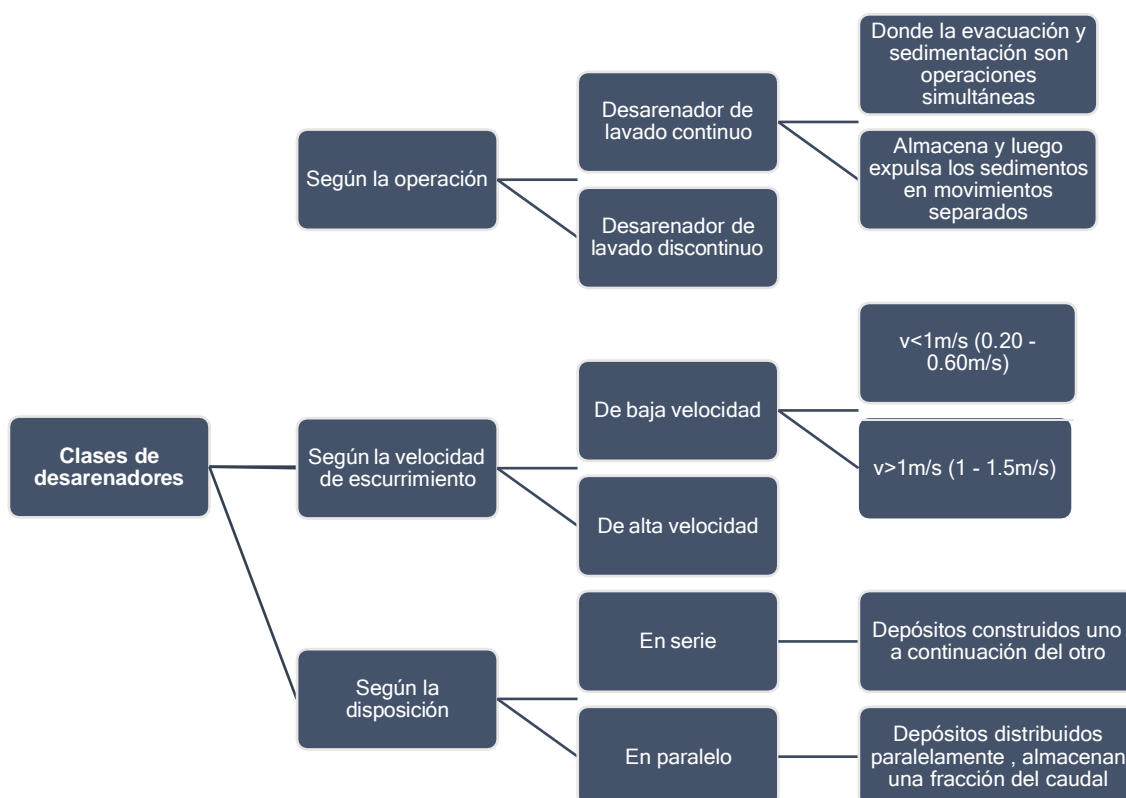


Figura 19. Clases de desarenadores

Fuente: (Villón, 2005)

En la siguiente figura, se puede observar un desarenador de lavado intermitente; el cual realiza la operación de lavado en menor tiempo reduciendo la pérdida de agua.

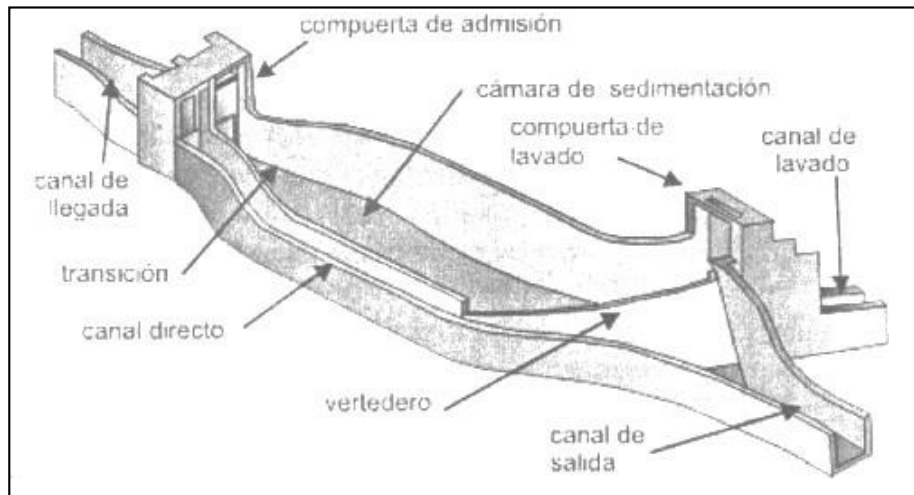


Figura 20. Desarenador de lavado intermitente

Fuente: (Villón, 2005)

- **Elementos de un desarenador**

- “Transición de entrada, el cual une el canal con el desarenador”.
- “Cámara de sedimentación, donde las partículas sólidas caen al fondo debido a la disminución de velocidad generada por el aumento de sección; en la siguiente tabla se puede apreciar las velocidades límites donde el agua deja de arrastrar sedimentos”.

Tabla 2. *Velocidad límite donde al agua deja de arrastrar sedimentos*

Material	Velocidad
Arcilla	0.81m/s
Arena fina	0.16m/s
Arena gruesa	0.216m/s

Fuente: (Villón, 2005)

Según la tabla mostrada, la velocidad de un desarenador puede variar entre 0.1 y 0.4m/s con una profundidad promedio de 1.5 a 4m, de otro lado es necesario mencionar que la sección transversal del desarenador puede ser rectangular o trapezoidal, siendo la que mejor se desempeña el trapezoidal por la eficiencia y economía, así como también la superficie del fondo no debe ser plana sino horizontal para

facilitar el lavado siendo las pendientes más usadas 1:5 a 1:8 (Villón, 2005).

- Vertedero, en la parte final de la cámara de sedimentación se construye el vertedero donde pasa el agua limpia al canal, es importante reconocer que mientras la velocidad del agua en el vertedero sea menor la turbulencia será menor y se arrastrará menor cantidad de material en suspensión. Se muestra la ecuación de Francis, para un vertedero rectangular sin contracciones.

$$Q = CLh^{\frac{3}{2}}$$

Donde:

Q = Caudal (m³/s)

C = 1.84 (para vertederos de cresta aguda)

C = 2.00 (para vertederos de perfil Creager)

L = Longitud de la cresta (m)

h = Carga sobre el vertedero (m) Siendo

el área hidráulica del vertedero:

$$A = Lh$$

La velocidad por la ecuación de continuidad será:

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{CLh^{\frac{3}{2}}}{Lh} = Ch^{\frac{1}{2}}$$

La carga del vertedero será:

$$h = \left(\frac{v}{C}\right)^2$$

- Compuerta de lavado, sirve para desalojar los materiales depositados en el fondo, para facilitar el movimiento de las arenas el fondo

del desarenador debe tener una pendiente fuerte entre 2 y 6%, el incremento de la profundidad como producto de la pendiente no se incluye en el cálculo el tirante, tomando en consideración el volumen adicional como depósito de arenas sedimentadas. Es por ello la importancia de estudiar la cantidad y tamaño de los sedimentos para asegurar la capacidad del desarenador y evitar el lavado frecuente.

“Por otro lado, cuando se realiza el lavado de la cámara del desarenador se deben cerrar las compuertas de admisión y abrir las compuertas de lavado donde el agua sale a gran velocidad arrastrando los sedimentos (Villón, 2005)”.

- “Canal directo, canal por el que se brinda servicio mientras se lava el desarenador, generalmente el lavado se realiza en corto tiempo. Si por algún motivo de reparación o inspección existe necesidad de secar la cámara del desarenador, al canal directo permite que no se suspenda el servicio (Villón, 2005)”.

c. Diseño hidráulico

- Cálculo del diámetro de las partículas a sedimentar; donde se supone que las partículas de diámetro superior al escogido deben de depositarse. Es importante mencionar que las partículas admitidas en plantas hidroeléctricas son de 0.25mm de diámetro y para los sistemas de riego se aceptan partículas de hasta 0.50mm de diámetro. Las siguientes tablas muestran el diámetro de partículas según la altura de caída y según el tipo de turbina.

Tabla 3. *Diámetro de partículas según la altura de caída*

Diámetro de partículas (mm) retenidas en el desarenador	Altura de caída (m)
0.6	100 - 200
0.5	200 - 300
0.3	300 - 500
0.1	500 - 1000

Fuente: (Villón, 2005)

Tabla 4. *Diámetro de partículas según el tipo de turbina*

Diámetro de partículas (mm) a eliminar en el desarenador	Tipo de turbina
1 - 3	Kaplan
0.4 - 1	Francis
0.2 - 0.4	Pelton

Fuente: (Villón, 2005)

- “Cálculo de velocidad de flujo del tanque; la velocidad de un desarenador se considera lenta cuando se encuentra comprendida entre 0.20 a 0.60m/s. La elección de la velocidad puede ser arbitraria o utilizando la” siguiente fórmula:

$$v = a\sqrt{d} \left(\frac{cm}{s}\right)$$

Donde:

a = constante en función del diámetro

d = diámetro (mm)

En la tabla, se puede apreciar la constante de diámetro.

Tabla 5. *Constante a según el diámetro*

a	d (mm)
51	< 0.1
44	0.1 - 1
36	> 1

Fuente: (Villón, 2005)

- “Cálculo de la velocidad de caída w (en aguas tranquilas); para este ítem existen diversas fórmulas, tablas, nomogramas donde se consideran: el peso específico del material a sedimentar $\rho_s(\text{gr/cm}^3)$ y el peso específico

del agua turbia $\rho_w(\text{gr/cm}^3)$, es así que en este caso se utilizará la fórmula de Owens”.

$$w = k\sqrt{d(\rho_s - 1)}$$

Donde:

w = velocidad de sedimentación (m/s)

d = diámetro de partículas (m)

ρ_s = peso específico del material (gr/cm^3)

k = constante que varía de acuerdo con la forma y naturaleza de los granos, según la tabla que se muestra a continuación.

Tabla 6. Valores de la constante k

Forma y naturaleza	k
Arena esférica	9.35
Granos redondeados	8.25
Granos de cuarzo (d>3mm)	6.12
Granos de cuarzo (d<0.7mm)	1.28

Fuente: (Villón, 2005)

- Cálculo de las dimensiones del tanque
 - Despreciando el efecto del flujo turbulento sobre la velocidad de sedimentación, se plantean las siguientes relaciones:

$$Q = bhv \rightarrow b = \frac{Q}{hv}$$

Donde

Q = Caudal

b = Ancho del Tanque

h = Altura

v = Velocidad de Flujo

Tiempo de caída:

$$w = \frac{h}{t} \rightarrow t = \frac{h}{w}$$

Tiempo de sedimentación:

$$v = \frac{L}{t} \rightarrow t = \frac{L}{v}$$

Donde se obtiene:

$$\frac{h}{w} = \frac{L}{v}$$

Y se obtiene que la longitud es:

$$L = \frac{hv}{w}$$

- “Considerando los efectos retardatorios de la turbulencia; cuando se tiene agua en movimiento la velocidad de sedimentación es menor e igual a $w - w'$, donde w' es la reducción de la velocidad por efectos de turbulencia, es así que la ecuación 50 se expresa” como:

$$L = \frac{hv}{w-w'}$$

Para el cálculo de desarenadores de baja velocidad se puede utilizar una corrección, mediante el coeficiente K, que varía según las velocidades de escurrimiento en el tanque, siendo la siguiente ecuación a utilizar:

$$L = K \frac{hv}{w}$$

En las siguientes tablas se puede observar el coeficiente K para desarenadores de baja y alta velocidad.

Tabla 7. Coeficiente K para desarenadores de baja velocidad

Velocidad de escurrimiento (m/s)	K
0.20	1.25
0.30	1.50
0.50	2.00

Fuente: (Villón, 2005)

Tabla 8. Coeficiente K para desarenadores de alta velocidad

Dimensiones de las partículas a eliminar (mm)	K
1.00	1.00
0.50	1.30
0.25 – 0.30	2.00

Fuente: (Villón, 2005)

El largo y ancho de los tanques se construyen a un costo más bajo, en cuanto al diseño se debe de adoptar la mínima profundidad practica; por ejemplo para velocidades entre 0.20 y 0.60m/s se puede asumir una profundidad entre 1.50 y 4.00m.

- Cálculo de la longitud de transición; la eficiencia de la sedimentación depende de la uniformidad de la velocidad de la sección transversal de la transición, para el diseño se utilizará la fórmula de Hind:

$$L = \frac{T_1 - T_2}{2 \tan 22.5^\circ}$$

Donde

L = Longitud de transición (m)

T₁ = Espejo de agua del desarenador

T₂ = Espejo de agua del canal

- Cálculo de la longitud del vertedero; en la parte final de la cámara del desarenador se construye el vertedero por el cual pasa el agua limpia al canal, donde una velocidad baja genera menor turbulencia en el

desarenador y se arrastran menos materiales en suspensión, en esta parte hidráulica se admite velocidades de hasta 1m/s con un límite de carga sobre el vertedero equivalente a $h = 0.25m$.

- Cálculo de L:

$$L = \frac{Q}{Ch^{3/2}}$$

- Cálculo del ángulo central α y el radio R con que se traza la longitud del vertedero.

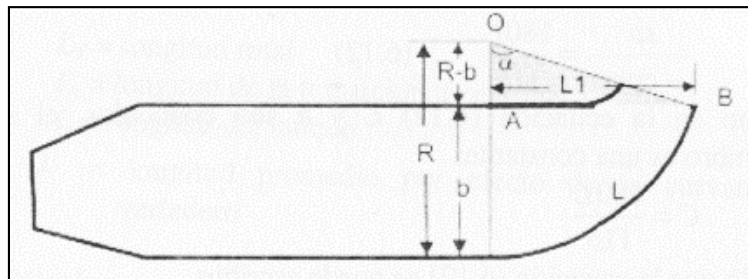


Figura 21. Esquema del tanque desarenador

Fuente: (Villón, 2005)

* Cálculo de α : Para el cual se hará uso de la siguiente fórmula, que consiste en despejar la constante C en función de las variables que se muestran en la figura anterior.

$$C = \frac{180L}{\pi b}$$

Por lo que la ecuación se puede escribir como:

$$C = \frac{\alpha}{1 - \cos\alpha}$$

Y el valor de α , se determina mediante tanteos

* Cálculo de R: Para el cual se hará uso de la siguiente fórmula

$$R = \frac{180L}{\pi\alpha}$$

- Cálculo de la longitud de la proyección longitudinal del vertedero (L_1)

$$\sin \alpha = \frac{L_1}{R} \rightarrow L_1 = R \sin \alpha$$

- Cálculo de la longitud promedio (\bar{L})

$$\bar{L} = \frac{L + L_1}{2}$$

- Cálculo de la longitud total del tanque desarenador

$$L_T = L_t + L + \bar{L}$$

- o Cálculos complementarios

- Cálculo de la caída de fondo

$$\Delta Z = L * S$$

Donde

ΔZ = Diferencia de cotas del fondo del desarenador

$$\bar{L} = L_T - L_t$$

S = "Pendiente del fondo del desarenador (2%)

- Cálculo de la profundidad del desarenador frente a la compuerta de lavado"

$$H = h + \Delta Z$$

Donde

H = "Profundidad del desarenador frente a la compuerta de lavado" = Profundidad de diseño del desarenador

ΔZ = "Diferencia de cotas del fondo del desarenador

- Cálculo de la altura de cresta del vertedero con respecto al fondo"

$$h_c = H - 0.25$$

Donde:

h_c = "Altura de la cresta del vertedero con respecto al fondo"

H = "Profundidad del desarenador frente a la compuerta de lavado"

- Cálculo de las dimensiones de la compuerta de lavado

Suponiendo el área de una compuerta cuadrada de lado l , el área será $A=l^2$. La compuerta funciona como un orificio, utilizando la siguiente ecuación":

$$Q = C_d * A_0 * \sqrt{2gh}$$

Donde

Q = Caudal a descargar por el orificio

C_d = Coeficiente de descarga = 0.60 para un orificio de pared delgada

A_0 = Área del orificio, en este caso es igual al área de la compuerta

h = carga sobre el orificio (desde la superficie del agua hasta el centro del orificio)

g = aceleración de la gravedad (9.81m/s²)

- Cálculo de la velocidad de salida

$$v = \frac{Q}{A_0}$$

Donde

v = velocidad de salida por la compuerta (el cual debe ser de 3 a 5m/s y para el concreto la velocidad límite es de 6m/s)

Q = Caudal a descargar por el orificio

A_0 = Área del orificio, en este caso es igual al área de la compuerta

d. Criterio de diseño de canales

“Los canales son conductos por donde el agua circula debido a la gravedad y sin ninguna presión, ya que la superficie del líquido está en contacto con la atmósfera; estos canales pueden ser naturales (ríos o arroyos) o artificiales (construidos por el hombre) (Villón, 2007)”.

- **Secciones transversales frecuentes**

La figura muestra las secciones transversales más frecuentes según la exposición a la atmósfera.

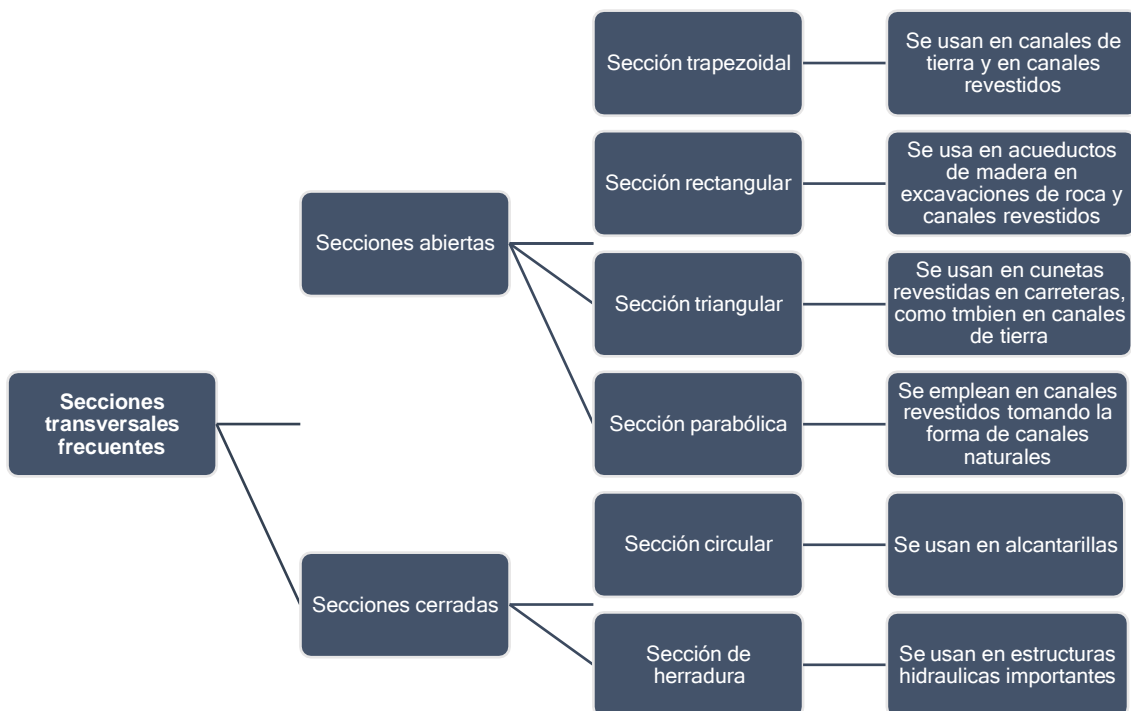


Figura 22. Secciones transversales frecuentes

Fuente: (Villón, 2007)

- **Elementos geométricos de la sección transversal de un canal**

En la siguiente figura se puede apreciar los elementos geométricos de la sección transversal de un canal.

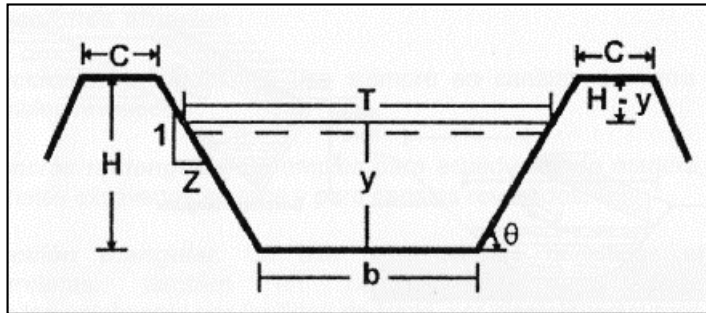


Figura 23. Elementos geométricos de la sección transversal de un canal

Fuente: (Villón, 2007)

Donde:

y = “Tirante de agua, es la profundidad máxima del agua en el canal”

b = “Ancho de solera, ancho de plantilla, o plantilla, es el ancho de la base de un canal”

T = Espejo de agua, es el ancho de la superficie libre del agua

C = “Ancho de corona”

H = Profundidad total del canal

$H-y$ = Bordo libre

θ = “ángulo de inclinación de la paredes laterales con la horizontal”

Z = “Talud, es la relación de la proyección horizontal a la vertical de la pared lateral” (se llama también talud de las paredes laterales del canal).

Es decir Z es el valor de la proyección horizontal cuando la vertical es 1.

- **Diseño de secciones hidráulicas**

“Para el diseño del canal se debe tener en cuenta diversos factores como el tipo de material de revestimiento de la sección del canal, coeficiente de rugosidad, velocidad máxima y mínima permitida, pendiente del canal, taludes, entre otros. La ecuación usada con más frecuencia es la de Manning, como se muestra a continuación (Villón, 2007)”.

$$Q = \frac{1}{n} A * R^{2/3} * S^{1/2}$$

Donde:

Q = Caudal (m³/s)

n = Coeficiente de rugosidad

A = Área (m²)

R = Radio hidráulico (área de la sección húmeda o perímetro húmedo)

S = Pendiente del canal

La tabla que se muestra a continuación, contiene los valores del coeficiente de rugosidad según el tipo de material de revestimiento.

Tabla 9. Valores n según el tipo de material

n	Superficie
0.010	Muy lisa, vidrio, plástico, cobre
0.011	Concreto muy liso
0.013	Madera suave, metal, concreto frotachado
0.017	Canales de tierra en buenas condiciones
0.020	Canales naturales de tierra, libres de vegetación
0.025	Canales naturales con alguna vegetación y piedras esparcidas en el fondo
0.035	Canales naturales con abundante vegetación
0.040	Arroyos de montañas con muchas piedras

Fuente: (ANA - Autoridad Nacional del agua, 2010)

Del mismo modo, la Autoridad Nacional del Agua, recomienda taludes para los canales para los distintos tipos de material.

Tabla 10. Taludes recomendados para el tipo de material

Material	Talud (H:V)
Roca	Prácticamente vertical
Suelos de turba y detritos	0.25 : 1
Arcilla compacta o tierra con recubrimiento de concreto	0.5 : 1 hasta 1 : 1
Tierra con recubrimiento de piedra o tierra en grandes canales	1:1
Arcilla firme o tierra en canales pequeños	1.5 : 1
Tierra arenosa suelta	2:1
Greda arenosa o arcilla porosa	3:1

Fuente: (ANA - Autoridad Nacional del agua, 2010)

2.3. Definición de términos básicos

a) Captación

Es una toma o derivación de un caudal de agua, de procedencia superficial o subterránea para su aprovechamiento, el lugar de inicio de esta obra se llama punto de captación (Santander, 2020).

b) Caudal

Cantidad de agua circulante en una determinada estructura o lugar ya sea natural o artificial, está en relación al volumen y al tiempo de conducción.

c) Riego tecnificado

Es la aplicación de agua en forma artificial a un determinado terreno o parcela para que éste pueda recuperar el contenido de humedad, el cual ha sido aprovechado por cultivos o plantaciones que están arraigadas al suelo (Tapia, 2014).

d) Velocidad de flujo

La velocidad de flujo es aquella que está en base a la distancia recorrida en un determinado tiempo, nos sirve para conocer la rapidez de conducción que tiene un fluido en base al lugar en contacto, obstáculos y viscosidad (Rodríguez, 2008).

e) Riego por aspersión

Es un sistema de riego superficial que aplica el agua de forma artificial como lluvia o gotas y está conformada por un sistema de aspersores (Pineda, s.f.).

f) Aspersor

Es un aparato o dispositivo mecánico de riego, que mediante un movimiento rotativo y presión expulsa un chorro de agua en un área determinada (Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, s.f.).

g) Presión del agua

Se define como la fuerza por unidad de área por donde se esté conduciendo el agua, la presión dependen directamente del área del área por donde esté circulando un fluido, por lo que tienen una relación indirectamente proporcional, a mayor área menor presión y a menor área mayor presión

h) Sistema de bombeo

Los sistemas de bombeo son dispositivos que sirven para conducir el agua desde un punto bajo a uno elevado mediante una fuente de energía que puede ser eléctrica, solar, con uso de combustibles, eólica o animal (Bruni & Spuhler, 2018).

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La variación del caudal de una captación tiene una relación directa con la presión en un sistema de riego por aspersión en el centro poblado de Tongos, Huancavelica.

2.4.2. Hipótesis específicas

- a) La variación del caudal de una captación superficial tiene una relación directa con la presión en un sistema de riego por aspersión en el centro poblado de Tongos, Huancavelica.
- b) La variación del caudal de una captación subterránea tiene una relación directa con la presión en un sistema de riego por aspersión en el centro poblado de Tongos, Huancavelica.

2.5. Variables

2.5.1. Variable 1

Caudal de captación

El cálculo del caudal de una captación depende las condiciones de la misma y del tipo que sea, de ser del tipo superficial se toma en cuenta la velocidad, el área de la sección, el coeficiente de rugosidad dependiendo del tipo de revestimiento y la longitud de la base de la captación (Rocha, 2007).

2.5.2. Variable 2

Presión en un sistema de riego por aspersión

El sistema de riego por aspersión simula la lluvia teniendo control sobre el tiempo y la intensidad, hace uso de aspersores, los cuales operan con diferentes presiones de acuerdo a los requerimientos de los cultivos (Ministerio de Agricultura & Programa Subsectorial de Irrigaciones, 2008); el control de la presión máxima y mínima es fundamental para conocer el rendimiento en el área de cultivo (Monge, 2016).

En la siguiente tabla, se muestra la operacionalización de variables.

Tabla 11. Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	FUENTE
Variable 1: Caudal de una captación	El cálculo del caudal de una captación depende de las condiciones de la misma y del tipo que sea, de ser del tipo superficial se toma en cuenta la velocidad, el área de la sección, el coeficiente de rugosidad dependiendo del tipo de revestimiento y la longitud de la base de la captación (Rocha, 2007).	Caudal de una captación superficial	Velocidad	Medidor de velocidad del agua	Hidráulica de tuberías y canales (Rocha, 2007)
			Área de sección	Flexómetro Tablas de valores	
			Coeficiente de rugosidad	típicos de "n"	
	Caudal de una captación subterránea	Longitud de la base	Flexómetro		
		Velocidad	Medidor de velocidad del agua		
		Área de tubería	Flexómetro		
Variable 2: Presión en un sistema de riego por aspersión	El sistema de riego por aspersión simula la lluvia teniendo control sobre el tiempo y la intensidad, hace uso de aspersores, los cuales operan con diferentes presiones de acuerdo a los requerimientos de los cultivos (Ministerio de Agricultura & Programa Subsectorial de Irrigaciones, 2008); el control de la presión máxima y mínima es fundamental para conocer el rendimiento en el área de cultivo (Monge, 2016).	Presión máxima	Manómetro	Ficha de datos	Juego de presiones en riego por aspersión (Monge, 2016).
		Presión mínima	Manómetro	Ficha de datos	Juego de presiones en riego por aspersión (Monge, 2016).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación

Según Mejía (2005), la investigación científica tiene como objeto de estudio fenómenos racionales, fenómenos que se pueden resolver o interpretar por medio de una demostración o haciendo uso de la razón.

En ese sentido el método de investigación es científico porque tiene como objeto de estudio la relación entre la variación del caudal de una captación y la presión en un sistema de riego por aspersión.

3.2. Tipo de investigación

“La investigación aplicada busca generar conocimiento y una aplicación directa a los problemas de la sociedad, se basa en los conocimientos de la investigación básica mediante el proceso de enlace entre la teoría y la práctica (Lozada, 2014)”.

Conforme a estos conceptos se establece que el tipo de investigación es aplicada, porque mediante la aplicación de los conocimientos teóricos básico se podrá dar solución a un problema.

3.3. Nivel de investigación

Cauas (2006), “menciona que el nivel de investigación correlacional se utiliza para determinar en qué medida dos o más variables están relacionadas entre sí, trata de averiguar de qué manera los cambios de una variable influyen en los valores de la otra y agrupa una determinada clase de hechos o fenómenos para poder conocer su distribución de una forma fácil; en este caso el investigador primero desarrollará una obtención de datos de las variaciones de los caudales de dos tipos de captaciones y a su vez las presiones de los aspersores de dos parcelas que cuenten un sistema de riego por aspersión para determinar la relación entre la variación del caudal de una captación y la presión en un sistema de riego por aspersión en el centro poblado de Tongos, Pazos, Huancavelica”.

3.4. Diseño de investigación

Según Orellana (2013) el diseño no experimental se caracteriza por la observación de fenómenos en su ambiente natural sin que el investigador tenga algún control sobre la influencia de variables.

El diseño de la investigación es no experimental pues se recopilarán los datos en campo para luego ser procesados en gabinete.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La población es un conjunto de los que se pretende conocer ciertas características para su investigación, pueden ser personas, objetos, animales, registros, muestras, etc. (López, 2004).

En la presente investigación, la población está compuesta por todas las parcelas de cultivo que cuentan con sistemas de riego por aspersión, en el centro poblado de Tongos, en el distrito de Pazos, provincia de Tayacaja, Huancavelica.

3.5.2. Muestra

La muestra es un subgrupo representativo de la población, que se utiliza por razones de economía de recursos y tiempo, para seleccionarla se puede determinar de forma probabilística y no probabilística (Hernández, Fernandez, & Baptista, Metodología de la Investigación, 2014).

“La muestra de la investigación es no probabilística o dirigida y por conveniencia, por lo que se encuentra delimitada por 2 parcelas de cultivo pertenecientes al centro poblado de Tongos, que tengan incorporado el sistema de riego por aspersión”.

3.6. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos

Observación directa

“La observación es una técnica en la que se pretende determinar las propiedades haciendo uso de la percepción al momento de tomar datos; por lo que es de gran utilidad en las visitas a campo que se vayan a realizar y para la

comparación de datos o resultados que se dará el del desarrollo de la investigación”.

Análisis de documentos

El análisis de documentos se realiza para recopilar toda la información bibliográfica ya sea física o digital que nos permita conocer y debatir acerca del tema en estudio, es necesario realizar una búsqueda ordenada pues quedará como parte del fundamento.

Trabajo en gabinete

“Consiste en el procesamiento de datos, propiamente dicho en gabinete, el cual procede con el ordenamiento de los datos de los caudales de la captación y el registro de la información de presión en los aspersores de las parcelas de cultivo del Centro Poblado de Tongos, Pazos, Huancavelica”.

3.7. Validación e instrumentos de recolección de datos

“Los instrumentos de recolección de datos son las fichas de registro y las hojas de cálculo para para obtener el caudal de captación y presión de riego por aspersión de las parcelas de cultivo”.

3.8. Procesamiento

3.8.1. Descripción del lugar de estudio

El centro poblado de San Lucas de Tongos, se ubica en la microcuenca de la quebrada Ñuñunga, la cual se describe en las siguientes líneas.

Departamento: Huancavelica

Provincia: Tayacaja

Distrito: Pazos

C.P.: San Lucas de Tongos

Las quebradas de aporte se ubican en la parte alta del centro poblado de San Lucas de Tongos. Los manantiales naturales se forman debido a las precipitaciones estacionales que posteriormente se infiltran y se juntan por medio de las líneas de flujo de las quebradas y generan manantiales.

En las figuras se puede apreciar la ubicación de la microcuenca Ñuñunga y la ubicación de la captación que abastece de agua al centro poblado San Lucas de Tongos.

Así mismo se debe mencionar que el centro poblado San Lucas de Tongos cuenta con una población total de 367 personas.

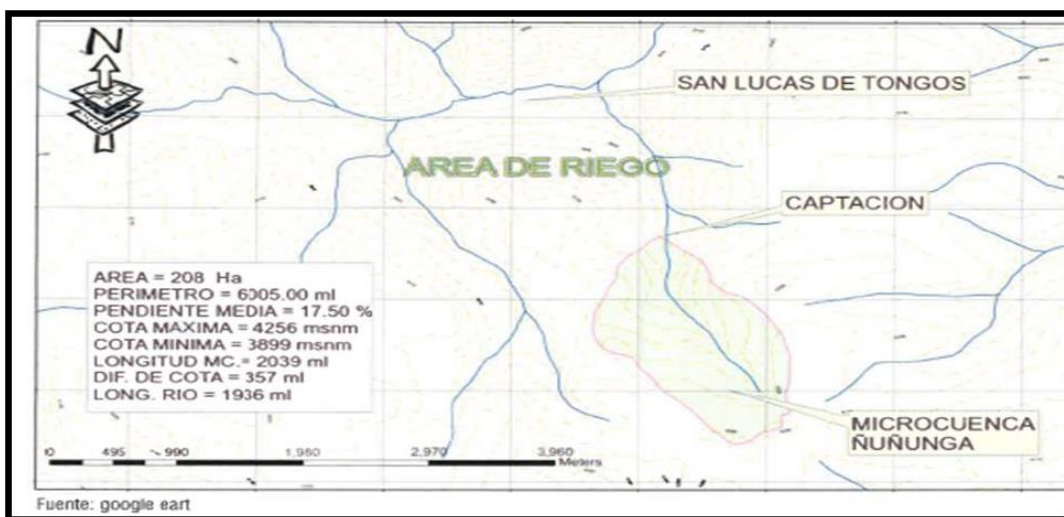


Figura 24. Ubicación de la microcuenca Ñuñunga

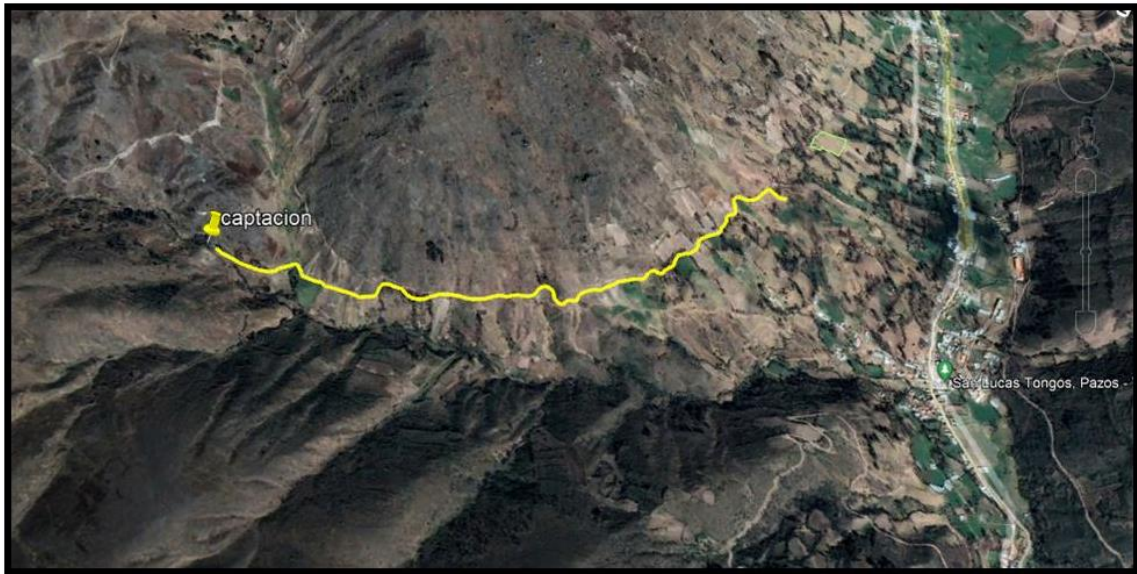


Figura 25. Ubicación de la captación

Del mismo modo, es necesario mencionar que el centro poblado de San Lucas de Tongos, se caracteriza como una zona pobre debido a los bajos ingresos de los agricultores, el limitado acceso de los servicios de extensión agrícola y pecuaria.

Los cultivos agrícolas que más resaltan son la papa, haba, arveja, cebada y pastos cultivados. La producción agrícola se desarrolla en sola temporada y se comercializan a bajos precios debido a los bajos rendimientos y la falta de aplicación de tecnologías que incrementen la calidad de los cultivos y así su precio.

Actualmente el centro poblado San Lucas de Tongos cuenta con 15 beneficiarios agrícolas con las respectivas parcelas de cultivo. En el anexo 4 se adjunta el plano con las 15 parcelas de cada beneficiario agrícola.

3.8.2. Caudal de captación

3.8.2.1. Captación superficial

El caudal de captación superficial se calculó por el método del flotador. Para el cual fue necesario determinar las medidas del canal de conducción, para posteriormente calcular el caudal.

En la figura, se muestra la sección del canal de conducción, el cual corresponde a una sección rectangular.

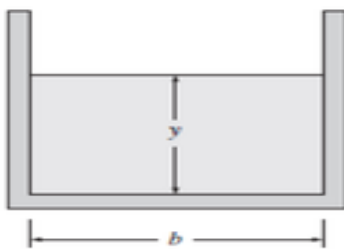


Figura 26. Sección del canal de conducción

Las medidas fueron; tirante de 0.06 m, ancho de base de 0.38, con un área de 0.023 m². Así mismo, se debe mencionar que el factor de corrección considerado fue 0.25.

La fórmula para el cálculo del caudal, se muestra en la siguiente línea.

$$Q = Fc * A * (L/t)$$

Donde:

Fc: Factor de corrección

A: Área del canal de conducción

L/t: velocidad del agua.

La tabla muestra las mediciones realizadas en el canal de conducción, donde se puede apreciar que se realizó la prueba en un tramo de 10 m, y el tiempo que le toma al flotador trasladarse en el tramo de 10 m.

Tabla 12. Mediciones en el canal de conducción

Número de pruebas	Longitud del tramo (m)	Tiempo (seg)
1	10	15.46
2	10	15.67
3	10	15.51
4	10	15.13
5	10	15.35
6	10	15.43
7	10	15.34
8	10	15.32
9	10	15.12
10	10	15.31
TOTAL	10	153.64
TIEMPO PROMEDIO (s)		15.364
VELOCIDAD (m/s)		0.65
CAUDAL Q (m3/s)		0.00371
CAUDAL Q (l/s)		3.71

En el anexo 5, se puede apreciar las evidencias de la medición en el canal de conducción.

3.8.2.2. Captación subterránea

El caudal de captación subterránea se calculó por el método volumétrico. Para el cual fue necesario considerar un recipiente volumétrico, así como tomar las medidas del radio superior e inferior para el cálculo del volumen. En la siguiente línea se muestra la fórmula para el cálculo del volumen del recipiente.

$$V = \frac{1}{3} * \pi * h(R^2 + r^2 + R * r)$$

Donde:

h: Altura del recipiente = 0.24 m

R: Radio superior = 0.113 m

r: Radio inferior = 0.10 m

$$\therefore V = 0.0086$$

$$\therefore V \cong 9 L$$

La siguiente tabla, muestra las mediciones realizadas para determinar el caudal de captación subterránea.

Tabla 13. Mediciones para el caudal de captación subterránea

Número de pruebas	Volumen (lt)	Tiempo (seg)
1	9.00	3.23
2	9.00	3.12
3	9.00	3.21
4	9.00	3.2
5	9.00	3.13
6	9.00	3.1
7	9.00	3.22
8	9.00	3.9
9	9.00	3.11
10	9.00	3.14
TOTAL		32.36
	Tiempo promedio (s)	3.24
	Caudal (l/s)	3

En el anexo 6, se puede apreciar las evidencias de la medición de la captación subterránea.

3.8.3. Presión de sistema de riego por aspersión

En la tabla, se muestra el registro de presión de los aspersores en las 2 parcelas de muestra.

Tabla 14. Presión de aspersores en las parcelas

Presión (PSI)	Parcela 1	Parcela 2
Presión máxima	30	29
Presión mínima	15	10

Así mismo, se debe mencionar que la parcela 1 cuenta tiene un área de 1 704.68 m² donde se cultivan papas. La parcela 2 cuenta con un área de 1 094.75 m² donde se cultiva olluco y pasto.

En el anexo 7, se puede apreciar las evidencias de las mediciones de las presiones en los aspersores de las parcelas de cultivo del Centro Poblado San Lucas de Tongos.

Por otro lado, se debe mencionar que en el anexo 8 se adjunta el diseño agronómico e hidráulico del sistema de riego por aspersion para las 2 parcelas de cultivo.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Presentación de resultados

4.1.1. Caudal de una captación superficial y la presión en un sistema de riego por aspersión en el centro poblado de Tongos, Pazos ,Huancavelica

La siguiente tabla, muestra la presión máxima y mínima del sistema de riego que cuenta con el abastecimiento de agua de la captación superficial que en este caso continúa su curso a través de un canal con revestimiento de concreto.

Tabla 15. Presiones de aspersores – captación superficial

Caudal (L/s)	Parcela	P.Máx (PSI)	P.Mín (PSI)
3.2	P 1	28	13
	P 2	26	8
2.9	P 1	26	11
	P 2	24	7
3.7	P 1	30	15
	P 2	29	10

Del mismo modo, en la siguiente tabla se puede apreciar la representación gráfica de la tabla anterior.

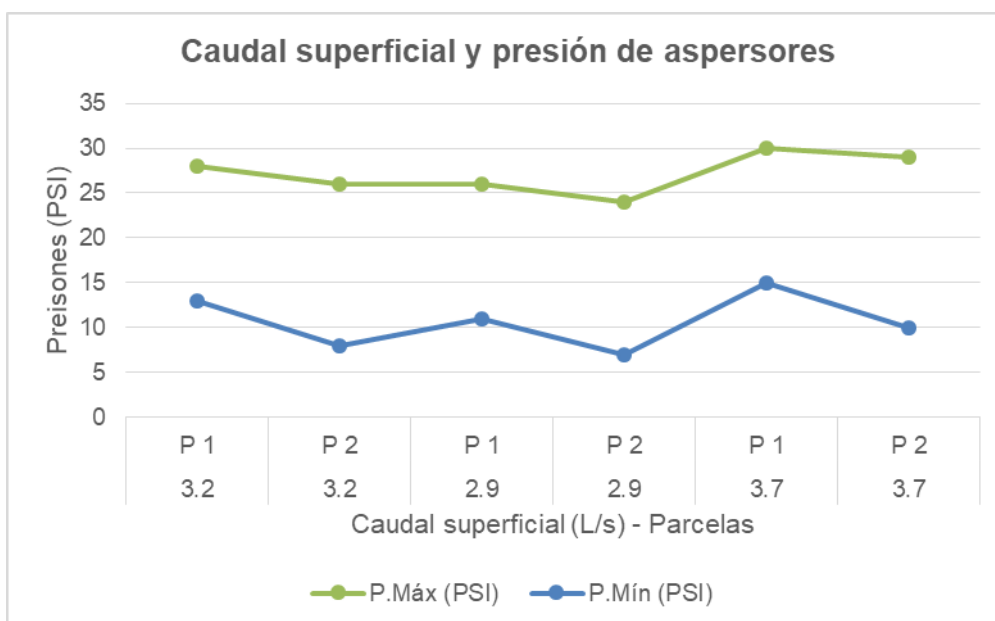


Figura 27. Sección del canal de conducción

4.1.2. Caudal de una captación subterránea y la presión en un sistema de riego por aspersión en el centro poblado de Tongos, Pazos, Huancavelica

Referente a la captación subterránea y presión en un sistema de riego, no se pudo comprobar la existencia de un sistema de riego por aspersión que se abastezca de una captación subterránea. Por lo que se recomienda, el uso de líneas de conducción mediante mangas ya sea para un sistema de riego por aspersión o goteo, ya que estas mangas permiten una mejor distribución y colocación de las tuberías para llegar a los terrenos de cultivo.

4.2. Prueba de hipótesis

4.2.1. Caudal de una captación superficial y la presión en un sistema de riego por aspersión en el centro poblado de Tongos, Pazos, Huancavelica

Para la prueba de hipótesis se desarrolló la correlación de Pearson con la finalidad de obtener la relación entre el caudal de una captación superficial y la presión en un sistema de riego por aspersión.

Las hipótesis a comprobar fueron las siguientes.

H0: La variación del caudal de una captación superficial tiene una relación directa con la presión en un sistema de riego por aspersión en el centro poblado de Tongos, Pazos, Huancavelica.

H1: La variación del caudal de una captación superficial tiene una relación directa con la presión en un sistema de riego por aspersión en el centro poblado de Tongos, Pazos, Huancavelica.

En la siguiente figura, se puede apreciar la curva de regresión con la distribución del caudal superficial y la presión máxima del sistema de riego en las dos parcelas de estudio.

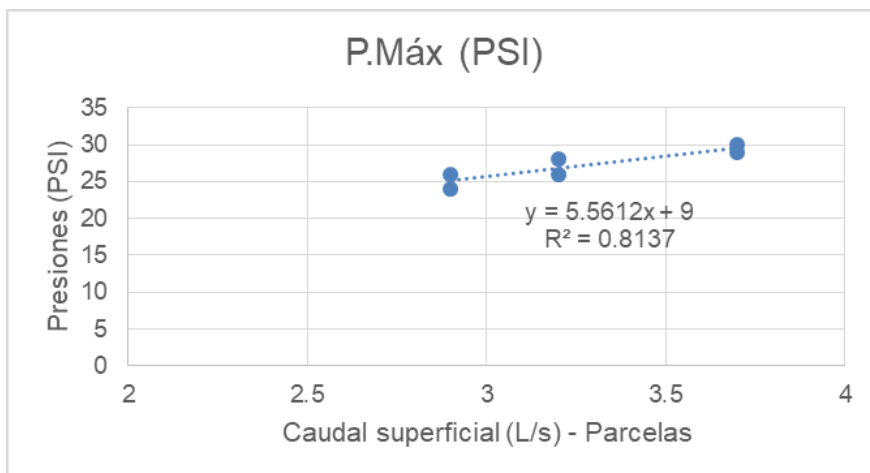


Figura 28. Caudal superficial y presiones máximas – parcelas, función lineal

De la figura mostrada se puede deducir que el 81.37% de las presiones en las parcelas de cultivo depende del caudal de la captación superficial.

Así mismo, se muestra la estadística de regresión y la curva de regresión con la función que más se ajusta a la distribución de los datos obtenidos.

Tabla 16. Estadística de regresión – caudal superficial y presiones máximas

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0.902
Coefficiente de determinación R ²	0.814
R ² ajustado	0.767
Error típico	1.076
Observaciones	6.000

“De la estadística de regresión, se obtuvo que el coeficiente correlación múltiple fue 0.902 el cual señala una correlación muy alta entre el caudal de la captación subterránea y las presiones máximas de los aspersores del sistema de riego por aspersión del centro poblado San Lucas de Tongos, Pazos, Huancavelica” “En la siguiente tabla, se muestra el análisis de varianza”.

Tabla 17. Análisis de varianza – caudal superficial y presiones máximas

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	20.206	20.206	17.466	0.014
Residuos	4	4.628	1.157		
Total	5	24.833			

Del análisis de varianza, “se obtuvo que el valor crítico de F fue 0.014 menor a 0.05 (nivel de significancia) lo cual señala aceptar la hipótesis nula de que la variación del caudal de una captación superficial tiene una relación directa con la presión máxima del sistema de riego por aspersión en el centro poblado de Tongos, Huancavelica”.

Del mismo modo que se desarrolló la relación con la presión máxima, se desarrolló la relación con la presión mínima. Es así que en la siguiente tabla, se muestra la estadística de regresión y curva de regresión con la función que más

se ajusta a la distribución de los datos de presión mínima en el sistema de riego por aspersión.

Tabla 18. Estadística de regresión – caudal superficial y presiones mínimas

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0.521
Coefficiente de determinación R ²	0.271
R ² ajustado	0.089
Error típico	2.874
Observaciones	6.000

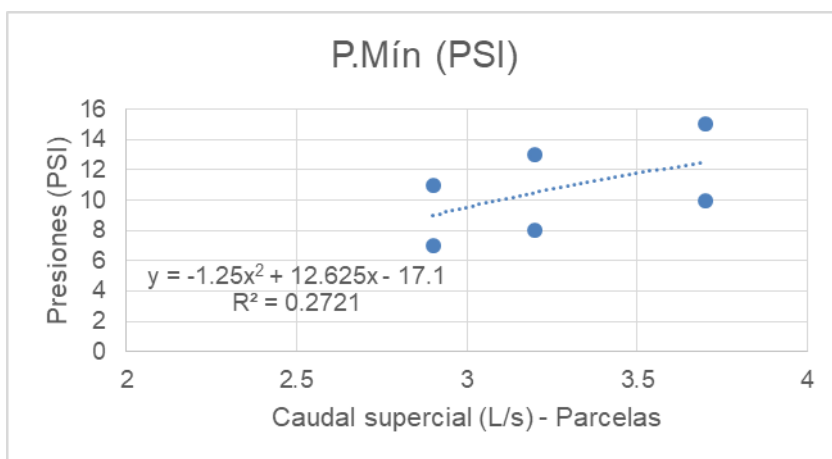


Figura 29. Caudal superficial y presiones mínimas – parcelas, función polinómica

“De la estadística de regresión, se obtuvo que el coeficiente correlación múltiple fue 0.521 el cual señala una correlación moderada entre el caudal de la captación subterránea y las presiones mínimas de los aspersores del sistema de riego por aspersión del centro poblado San Lucas de Tongos, Pazos, “Huancavelica. En la siguiente tabla, se muestra el análisis de varianza”.

Tabla 19. Análisis de varianza – caudal superficial y presiones mínimas

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	12.287	12.287	1.487	0.290
Residuos	4	33.046	8.261		
Total	5	45.333			

“Del análisis de varianza, se obtuvo que el valor crítico de F fue 0.290 el cual es mayor a 0.05 (nivel de significancia) que señala rechazar la hipótesis nula”.

“De acuerdo a los resultados de la prueba de hipótesis es posible decir y afirmar que existe relación entre el caudal de la captación subterránea y la presión de un sistema de riego por aspersión en el centro poblado San Lucas de Tongos, Huancavelica”.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Discusión de resultados

5.1.1. Caudal de una captación superficial y la presión en un sistema de riego por aspersión en el centro poblado de Tongos, Pazos, Huancavelica

El caudal de la captación superficial se calculó por el método del flotador, ya que este estuvo comprendido por un canal con revestimiento de concreto, es así que se calculó por el método del flotador en un tramo de 10 m, en el cual se tomó el tiempo que le toma al flotador transcurrir dicho tramo, por lo cual el caudal de la captación superficial fue 0.00371 m³/s o su equivalente de 3.71 L/s.

Antes de continuar con los resultados de las mediciones de presiones en los aspersores de las dos parcelas de cultivo del centro poblado Tongos, Huancavelica, se realizó el diseño agronómico e hidráulico del sistema de riego por aspersión.

Del diseño agronómico se obtuvieron láminas de riego para cada tipo de cultivo, para la papa la lámina neta fue 17.64 mm, para las habas la lámina neta

fue 20.58 mm, para las arvejas la lámina neta fue 29.40 mm, para la cebada la lámina neta fue 44.10 mm y para los pastos cultivados la lámina neta fue 44.10 mm; del mismo modo se obtuvo la lámina bruta de riego de 196.00 mm, 228.67 mm, 326.67 mm, 490.00 mm y 490.00 para los cultivos mencionados respectivamente. Así mismo se pudo obtener la frecuencia de riego o intervalo de riego de 4 días en promedio con un tiempo de riego de 0.96 horas en promedio para los cultivos de papa. Para los cultivos de habas, la frecuencia de riego del diseño fue 9 días con un tiempo de riego de 1.12 horas por día. Para los cultivos de arveja, la frecuencia de riego fue 13 días con un tiempo de riego de 1.61 horas al día. Para los cultivos de cebada, la frecuencia de riego fue 89 días con un tiempos de riego de 2.46 horas por día. Para los pastos cultivados la frecuencia de riego fue 42 días con un tiempo de riego de 1.73 horas por día.

En cuanto al diseño hidráulico, para las dos parcelas se requiere de una captación mediante el desvío del canal superficial, así mismo se requiere de una bomba de 0.5 HP de potencia con eficiencia del 75% para ambas parcelas donde la tubería de succión presenta un diámetro de 2" (50.80 mm) y la tubería de distribución presenta un diámetro de 1" (25.40 mm) con reductores de tubería ya que el diámetro de la tubería del aspersor es de ½" (12.70 mm). Cabe mencionar que el aspersor es del tipo VYR80, con un radio de alcance de 10 a 11 m, una presión de 2 bar (equivalente a 29 PSI) y un caudal de 0.20 L/s.

El diseño agronómico e hidráulico realizado en la "investigación tiene como referencia la investigación realizada por Baca (2019), ya que en este antecedente se desarrolló el diseño agronómico e hidráulico del sistema de riego por aspersión donde incluso también consideró la eficiencia de 75% para la bomba de succión y distribución. Sin embargo, en la investigación se consideró

diferentes láminas de riego para los cultivos a diferencia de la tesis de Baca (2019) donde consideró una sola lámina de riego para todos los cultivos de un área de irrigación de 14 Ha”.

Por otro lado, la investigación de Núñez (2017) desarrolló el diseño del sistema de riego por aspersión para un área de 15.20 Ha con cultivos de pasto natural y rye Grass para el cual consideró dos captaciones superficiales de canales con caudales de 1.5 L/s y 28.5 L/s, donde concluyó que la selección correcta de la infraestructura de riego, ubicación de válvulas de control, selección de aspersor, diseño agronómico e hidráulico permiten obtener óptimas operaciones del sistema de riego. Razón por la cual, se tuvo en cuenta este antecedente para el desarrollo del diseño agronómico e hidráulico, la selección del aspersor y la ubicación de válvulas de control, para un buen desempeño del sistema de riego por aspersión.

En la tabla del apartado 4.1.1., se muestra la presión máxima y mínima de los aspersores en las parcelas 1 y 2 donde el caudal mostrado corresponde a las tres mediciones realizadas en el canal superficial del centro poblado San Lucas de Tongos, Huancavelica. Así mismo en la figura, se puede apreciar claramente que la presión máxima y mínima de las dos parcelas varían de acuerdo al caudal superficial del canal. También se puede deducir que cuando el caudal superficial es mayor como el de 3.7 L/s y las presiones máximas como mínimas se incrementan. No obstante, se debe mencionar el caso de la parcela 2 que se ubica metros más debajo de la parcela 1, donde las presiones de los aspersores fueron menores respecto a las presiones de los aspersores de la parcela 1.

Por lo cual se realizó la prueba de hipótesis para comprobar la hipótesis de la existencia de relación entre la variación del caudal de una captación

superficial y la presión de un sistema de riego por aspersión en el centro poblado San Lucas de Tongos.

En primer lugar se realizó la prueba de hipótesis para las presiones máximas y luego para las presiones mínimas de los aspersores en los terrenos de cultivo.

Respecto a la relación entre el caudal de la captación subterránea y las presiones máximas se obtuvo que el 81.37% de las presiones máximas en los aspersores dependen del caudal superficial, es decir que a mayor caudal superficial las presiones en los aspersores se incrementan como es el caso de las presiones máximas. Posteriormente se obtuvo la estadística de regresión y análisis de varianza, del cual se pudo determinar que existe relación muy alta entre el caudal superficial y la presión máxima de los aspersores en las dos parcelas analizadas; también se pudo determinar la relación directa del caudal superficial y presión máxima de aspersores.

Posteriormente se realizó la prueba de hipótesis para el caudal superficial y las presiones mínimas en los aspersores, del cual se determinó que existe relación moderada entre el caudal superficial y la presión mínima del sistema de riego por aspersión. También se pudo obtener que el 27.21% de las presiones mínimas de las parcelas dependen del caudal de la captación superficial. De acuerdo a los resultados obtenidos se puede deducir que la variación del caudal de la captación superficial tiene relación directa con las presiones del sistema de riego por aspersión de las parcelas de cultivo del centro poblado San Lucas de Tongos.

5.1.2. Caudal de una captación subterránea y la presión en un sistema de riego por aspersión en el centro poblado de Tongos, Pazos, Huancavelica

El caudal de la captación subterránea se calculó mediante el método volumétrico, ya que el pozo subterráneo emerge de forma natural en un área cubierta de pastos que forma un canal natural para circular aguas abajo y llegar en forma de inundación a los cultivos de la zona.

Se pudo calcular el caudal subterráneo empleando un recipiente de 9 L de capacidad, midiendo el tiempo de llenado, por lo cual resultó un caudal de 3L/s valor cercano al caudal de la captación superficial de 3.71 L/s.

Referente a la captación subterránea y presión en un sistema de riego, no se pudo comprobar la existencia de un sistema de riego por aspersión que se abastezca de una captación subterránea. Por lo mencionado anteriormente, pues el agua que emerge de forma subterránea llega a los terrenos de cultivos cercanos en forma de riego por inundación.

Por lo cual se recomienda, el uso de líneas de conducción mediante mangas ya sea para un sistema de riego por aspersión o goteo, ya que estas mangas permiten una mejor distribución y colocación de las tuberías para llegar a los terrenos de cultivo. Y de esta forma evitar el desperdicio de esta fuente subterránea que puede incluso abastecer de agua para el consumo humano en el centro poblado San Lucas de Tongos.

CONCLUSIONES

- “En cuanto a la relación entre el caudal de una captación superficial y la presión en un sistema de riego por aspersión, se concluye que existe relación directa y muy alta, ya que cuando el caudal de la captación superficial es mayor las presiones en los aspersores de las parcelas de cultivos son mayores”.
- “En cuanto a la relación entre el caudal de una captación subterránea y la presión de un sistema de riego por aspersión, se concluye que no se pudo demostrar dicha relación debido a la falta de un sistema de riego en alguna de las parcelas que se abastezca de una captación subterránea”.
- “De forma general, se concluye que existe relación entre el caudal de una captación y las presiones de un sistema de riego por aspersión en el centro poblado San Lucas de Tongos, Huancavelica. Puesto que se pudo demostrar que a mayor caudal en una captación se obtienen mayores presiones de los aspersores y que estos a la vez logran cubrir eficientemente el área de riego”.

RECOMENDACIONES

- Referente al primer objetivo específico del caudal de una captación superficial y las presiones, se recomienda realizar más mediciones en diferentes tramos y por una serie de tiempo mayor que puede ser mensual, para obtener una mayor precisión de los caudales y presiones en los sistemas de riego que cuentan con el abastecimiento de una captación superficial.
- Referente al segundo objetivo específico del caudal de una captación subterránea y las presiones del sistema de riego, se recomienda la implementación de un sistema de captación subterránea con bombeo y la inclusión de una línea de conducción por medio de magas que permiten una buena distribución para abastecer a los cultivos evitando la pérdida de agua y así obtener una mejor distribución de área de riego.
- De forma general, se recomienda desarrollar más mediciones de los caudales superficiales para evaluar su incidencia en las presiones de los aspersores, en cuanto al caudal subterráneo se recomienda inspeccionar y evaluar la existencia de otras fuentes de agua subterráneas para evitar su desperdicio y poder emplearla en otras áreas como consumo humano o para ganadería de la zona de estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, R., & Lara, Á. (2015). *Análisis comparativo de canales Tradicionales vs canales revestidos con geomembrana de polietileno en secciones trapezoidales*. Santo Domingo, República Dominicana: Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña.
- ANA - Autoridad Nacional de agua. (2015). *Glosario de recursos hídricos*. Obtenido de Glosario de recursos hídricos : https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/r.j._180-2016-ana_0.pdf
- Autoridad Nacional del Agua. (2019). Ley de Recursos Hídricos. *Ley de Recursos Hídricos - Ley N°29338*. Lima, Perú: Autoridad Nacional del Agua.
- Baca, C. (2019). *Diseño del sistema de riego por aspersión en la comunidad campesina de Rayallaqta - Andahuaylillas - Cusco*. Cusco, Perú: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
- Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación: administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. Colombia.
- Bruni, M., & Spuhler, D. (2018). *Sustainable Sanitation and Water Management Toolbox*. Obtenido de bombeo de agua motorizado.
- Dioses, F., & Zapata, R. (2017). *Sistema de riego tecnificado por goteo para cultivo de quinua, financiado por Fondo Contravalor Perú-Francia; en el distrito Tauripampa, provincia Yauyos, Lima 2017*. Trujillo, Perú: Universidad Privada Antenor Orrego.
- ElGamal, T., ElFetyany, M., & ElKassar, G. (2019). Efecto de la rehabilitación de la red de riego en la gestión del agua – estudio de caso: canal de navegación Tanta - Egipto. *Alexandria Engineering Journal*, 1215-1227.
- Fondo para la comunicación y la educación ambiental, A.C. (s.f.). *AGUAorg.mx*. Obtenido de Agua en el planeta: <https://agua.org.mx/en-el-planeta/>
- García, Á. (2012). Criterios modernos para evaluación de la calidad del agua para riego. *IAH*, 27-36.
- Gonzales, E. (2020). *Comportamiento hidráulico del sistema de riego por aspersión mediante herramientas computacionales, Paras, Ayacucho 2020*. Lima, Perú: Universidad César Vallejo.

- Hernández, R., Fernandez, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: McFraw-Hill.
- Lavalle, L. (2020). *Evaluación del sistema de riego presurizado en el cultivo de palto, aplicando el software SIGOPRAM, Centro Experimental Tumpis, Tumbes-2020*. Tumbes, Perú: Universidad Nacional de Tumbes.
- López, P. (2004). Población, Muestra y Muestreo. *Punto Cero*, 09(8).
- Lozada, J. (2014). Investigación Aplicada. *Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica* , 47-50.
- Medina, J. (2018). *Sistemas de riego por aspersion*. Moquegua, Perú: Universidad José Carlos Mariátegui.
- Mejía, E. (2005). *Metodología de la Investigación Científica*. Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. (s.f.). *Material de Riego*. Obtenido de Riego por aspersion: <https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/plataforma-de-conocimiento-para-el-medio-rural-y-pesquero/observatorio-de-tecnologias-probadas/material-de-riego/aspersion.aspx>
- Ministerio de Agricultura y Riego, & Programa Subsectorial de Irrigaciones. (2014). *Operación y Mantenimiento del Sistema de Riego por aspersion en laderas*. Lima, Perú: Ministerio de agricultura y Riego.
- Ministerio de Agricultura, & Programa Subsectorial de Irrigaciones. (2008). Programa de riego tecnificado. *PSI-Programa de Riego Tecnificado*, 3-15.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (s.f.). *Material de riego*. Obtenido de Riego por aspersion: <https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/plataforma-de-conocimiento-para-el-medio-rural-y-pesquero/observatorio-de-tecnologias-probadas/material-de-riego/aspersion.aspx>
- Monge, M. (5 de julio de 2016). *IAGUA*. Obtenido de juego de presiones en riego por aspersion: <https://www.iagua.es/blogs/miguel-angel-monge-redondo/juego-presiones-riego-aspersion>
- Núñez, J. (2017). *Sistema de riego por aspersion en el sector Cascamache, distrito Huancabamba, provincia Huancabamba, región Piura*. Lima, Perú: Universidad Agraria La Molina.

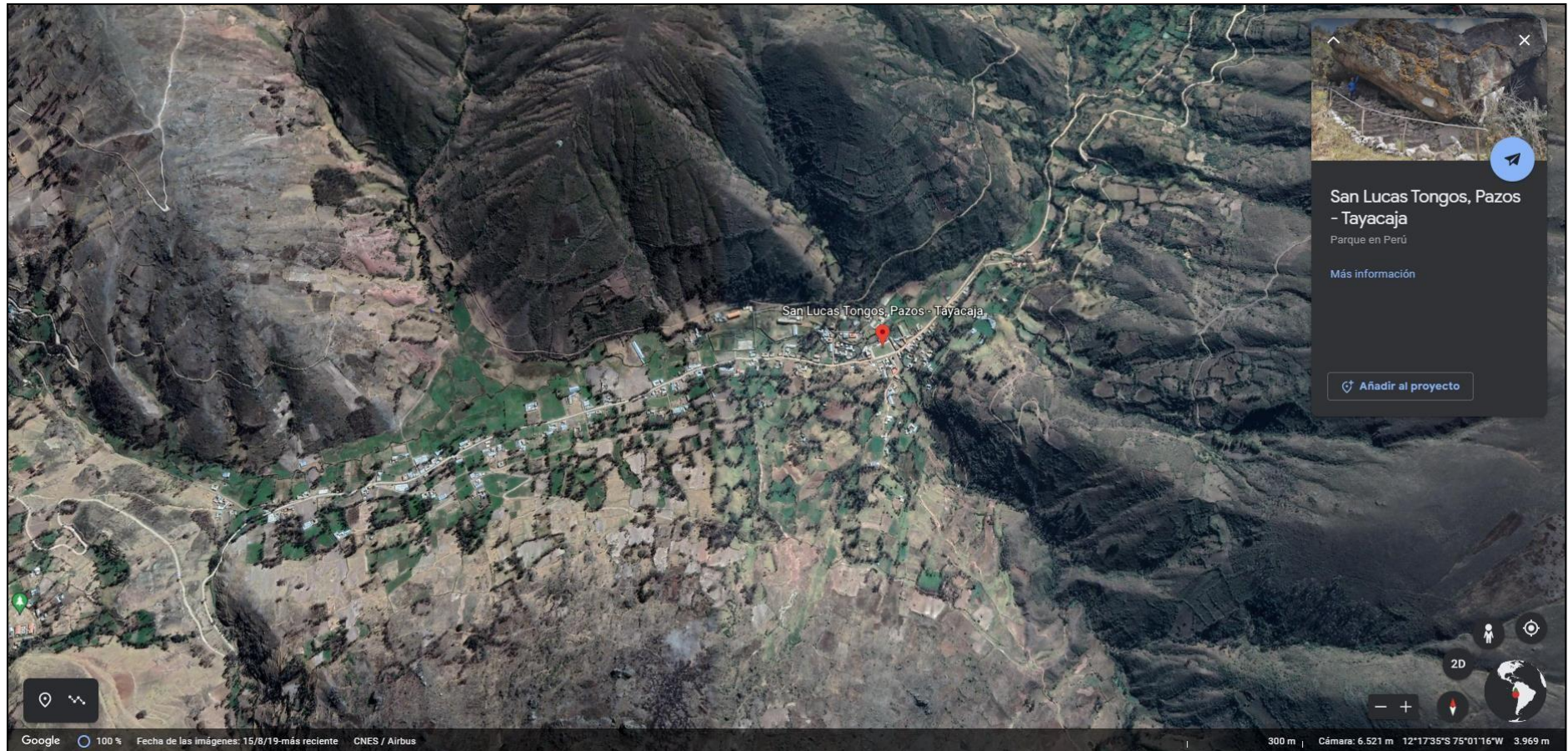
- Orellana, E. (2013). *Diseño de experimentos aplicados en ciencias forestales y ambientales*. Huancayo, Perú: MARSANTS.
- Paliou, C., & Gornitzky, C. (2011). *Sistemas de captaciones de agua en manantiales y pequeñas quebradas para la región andina*. Buenos Aires, Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Peralta, J., & Simfendorfer, C. (2001). *Riego por Aspersión*. Temuco, Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias Centro Regional de Investigación Carillanca.
- Pineda, J. (s.f.). *EnColombia*. Obtenido de Riego por aspersión: <https://encolombia.com/economia/agroindustria/agronomia/riego-por-aspersion/>
- Riaz, W., Ahmad, Z., & Muhammad, A. (2016). Un enfoque de medición inteligente para medir los caudales en pequeñas salidas de riego. *Procedia Engineering*, 236-242.
- Rocha, A. (2007). *Hidráulica de tuberías y canales*. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Rodríguez, P. (2008). *Hidráulica de Canales*. Juárez, México.
- Salamanca, U. d. (2010). *Modalidades de captación*. Salamanca, España: Universidad de Salamanca.
- Salvatierra, B., & Viqueira, S. (21 de diciembre de 2015). La presión en un sistema de riego por aspersión. España.
- Santander. (2020). *Diccionario panhispánico del español jurídico*. Madrid, España: Real Academia Española.
- SIRHC. (s.f.). *SIRHC Hidráulica y Construcción*. Obtenido de Aspersores gigantes: <http://hidraulicayconstrucciones.com.mx/canon.php>
- Stauffer, B., & Spuhler, D. (2020). Captación de ríos, lagos y embalses (reservorios). *Sustainable sanitation and water management toolbox*.
- Tapia, D. (2014). *Manual de diseño de Sistemas de Riego Tecnificado*. Quito, Ecuador: Universidad Central del Ecuador.
- Valdivieso, A. (s.f.). *IAGUA*. Obtenido de ¿Cómo funciona el riego por aspersión?: <https://www.iagua.es/respuestas/como-funciona-riego-aspersion>

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>Problema general: ¿Cuál es la relación entre la variación del caudal de una captación y la presión en un sistema de riego por aspersión en el centro poblado de Tongos, Huancavelica?</p> <p>Problemas específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál es la relación entre la variación del caudal de una captación superficial y la presión de un sistema de riego por aspersión en el centro poblado de Tongos, Huancavelica? • ¿Cuál es la relación entre la variación del caudal de una captación subterránea y la presión de un sistema de riego por aspersión en el centro poblado de Tongos, Huancavelica? 	<p>Objetivo general: Determinar la relación entre la variación del caudal de una captación y la presión en un sistema de riego por aspersión en el centro poblado de Tongos, Huancavelica.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar la relación entre la variación del caudal de una captación superficial y la presión en un sistema de riego por aspersión en el centro poblado de Tongos, Huancavelica. • Determinar la relación entre la variación del caudal de una captación subterránea y la presión en un sistema de riego por aspersión en el centro poblado de Tongos, Huancavelica. 	<p>Antecedente internacional: Según Riaz, Ahmad y Muhammad (2016) en el artículo de investigación “Un enfoque de medición inteligente para medir los caudales en pequeñas salidas de riego”. El objetivo fue, medir la descarga en una salida utilizando un medidor de agua inteligente inalámbrico de baja potencia. El método de investigación fue científico, con diseño no experimental. La población estuvo delimitada por la cuenca del Indo con un área de 45 millones de acres de tierra agrícola, en Pakistán. Llegaron a la conclusión de que, se puede realizar una medición exitosa del caudal de pequeños cursos de agua y la estimación del estado de los canales; la solución propuesta es viable para la medición del flujo continuo, es por ello que se puede implementar un prototipo de bajo costo en un canal abierto.</p> <p>Antecedente nacional: Según Gonzales (2020) para optar el título profesional de Ingeniero civil sustentó la tesis “Comportamiento hidráulico del sistema de riego por aspersión mediante herramientas computacionales, Paras, Ayacucho 2020”. El objetivo general fue, determinar el cambio del comportamiento hidráulico del sistema de riego por aspersión mediante herramientas computacionales. El método de la investigación fue científico, con diseño no experimental. La población estuvo compuesta por los 13 sistemas de riego por aspersión del distrito Paras, Ayacucho. Llegó a la conclusión de que, los cambios del comportamiento hidráulico de las presiones del turno I y turno II presentan presiones menores en campo y en el diseño en los programas WaterCad y Epanet.</p> <p>Marco teórico referencial:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Captación • Tipos de captaciones • Caudal • Sistemas de riego tecnificado • Consideraciones para elegir el tipo de riego tecnificado • Sistemas de riego por aspersión • Presión en un sistema de riego por aspersión 	<p>Hipótesis general: La variación del caudal de una captación tiene una relación directa con la presión en un sistema de riego por aspersión en el centro poblado de Tongos, Huancavelica.</p> <p>Hipótesis específicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La variación del caudal de una captación superficial tiene una relación directa con la presión en un sistema de riego por aspersión en el centro poblado de Tongos, Huancavelica. • La variación del caudal de una captación subterránea tiene una relación directa con la presión en un sistema de riego por aspersión en el centro poblado de Tongos, Huancavelica. 	<p>Variable 1: Caudal de una captación</p> <p><u>Dimensiones:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Caudal de una captación superficial • Caudal de una captación subterránea <p>Variable 2: Presión en un sistema de riego por aspersión</p> <p><u>Dimensiones:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Presión máxima • Presión mínima 	<p>Método: Científico Tipo: Aplicada Nivel: Correlacional Diseño: No experimental</p> <p>Población: Compuestapor todas las parcelas de cultivo que cuentan con el sistema de riego por aspersión, en el centro poblado de Tongos, en el distrito de Pazos, provincia de Tayacaja, Huancavelica.</p> <p>Muestra: Delimitada por 2 parcelas de cultivo pertenecientes al centro poblado de Tongos, que tengan incorporado el sistema de riego por aspersión.</p> <p>Técnicas e instrumentos de recolección de datos: Observación directa, análisis de documentos y trabajo en gabinete.</p> <p>Técnicas de procesamiento de datos: Microsoft Excel y SPSS.</p>

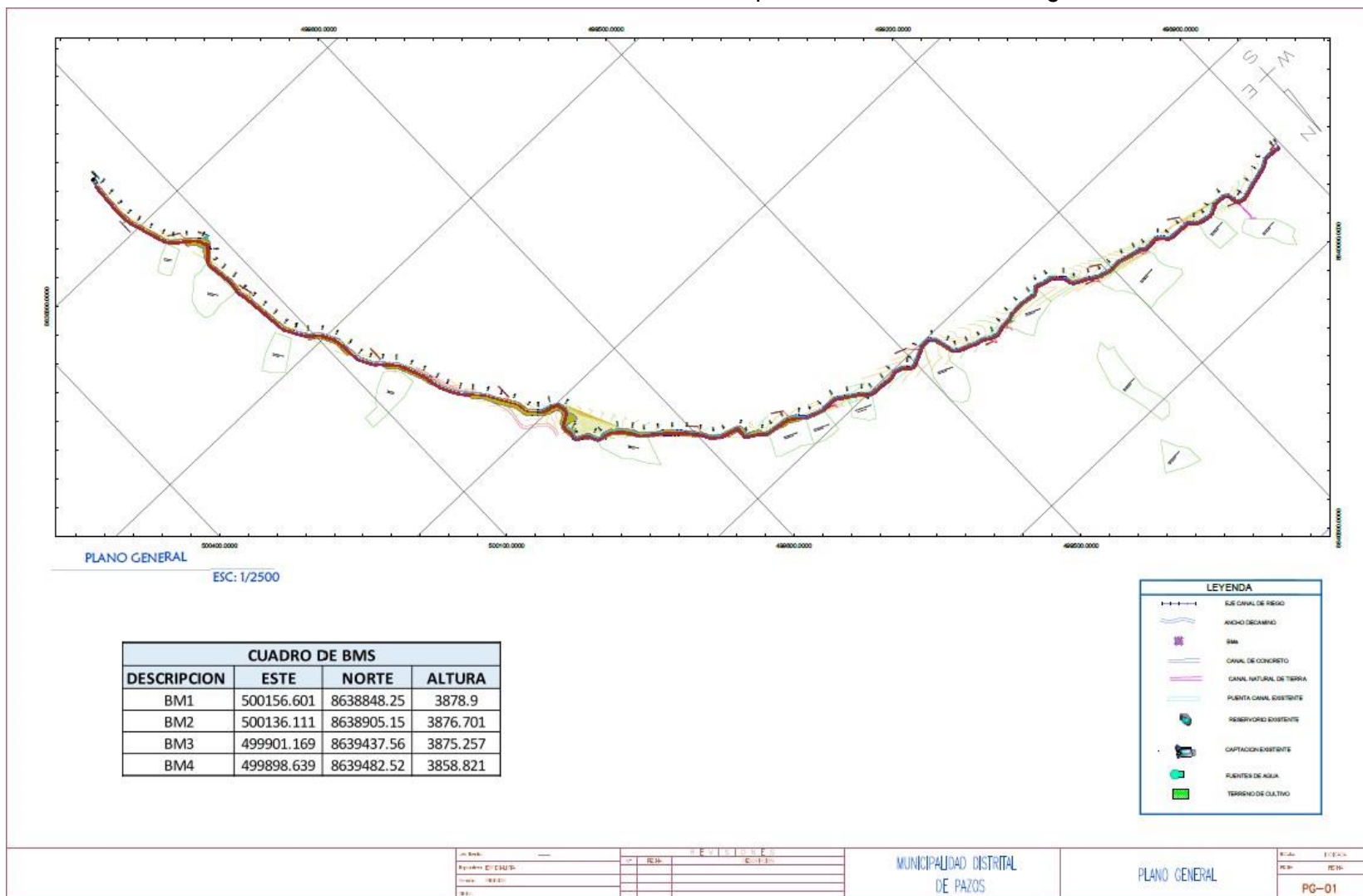
Anexo 2: Vista aérea de Centro Poblado de Tongos



Anexo 3: Fotografía del Centro Poblado de Tongos



Anexo 4: Parcelas de cultivo en el centro poblado San Lucas de Tongos



Anexo 5: Mediciones en el canal de conducción



Anexo 6: Mediciones de la captación subterránea



Anexo 7: Mediciones de la presión de aspersores en las parcelas de cultivo

1. Parcela 1





2. Parcela 2



Anexo 8: Sistema de riego por aspersión

1. Diseño agronómico

- Características del clima

La tabla muestra la temperatura máxima y mínima, humedad relativa, velocidad del viento, horas de sol y precipitación del centro poblado San Lucas de Tongos.

Tabla 20. Características del clima

Mes	Temp. mín. (°C)	Temp. Máx. (°C)	Humedad (%)	Velocidad del viento (Km/día)	Horas de sol (h)	Precipitación (mm)
Enero	1.4	18.4	81	144	8	17.4
Febrero	-3.6	19.4	74	168	7	13.2
Marzo	-0.4	17.4	79	192	6	21.4
Abril	1.6	16.8	84	216	7	14.4
Mayo	-5.2	18.8	82	204	7	17.9
Junio	-4.4	19.2	73	180	7	3.3
Julio	-8.4	18.8	66	168	7	1.3
Agosto	-5.8	19.8	64	163	9	9.7
Setiembre	-3.4	18.8	69	175	10	19.2
Octubre	-1	21.6	69	172	9	9.5
Noviembre	-1.8	19.6	72	192	10	24.5
Diciembre	-0.4	20.4	43	154	9	8.8

- Evapotranspiración

La evapotranspiración de la zona de estudio se obtuvo por medio del programa Cropwat.

The screenshot shows the 'Monthly ETo Penman-Monteith' software interface. The input parameters are: Country: Perú, Station: Tongos, Pazos, Altitude: 3800 m, Latitude: 12.29 °S, and Longitude: 76.86 °E. Below the input fields is a table with the following data:

Month	Min Temp (°C)	Max Temp (°C)	Humidity (%)	Wind (km/day)	Sun (hours)	Rad (MJ/m²/day)	ETo (mm/day)
January	1.4	18.4	81	144	8.0	22.7	3.88
February	-3.6	19.4	74	168	7.0	21.0	3.86
March	-0.4	17.4	79	192	6.0	18.7	3.23
April	1.6	16.8	84	216	7.0	18.6	2.99
May	-5.2	18.8	82	204	7.0	16.7	2.97
June	-4.4	19.2	73	180	7.0	15.7	2.91
July	-8.4	18.8	66	168	7.0	16.1	3.03
August	-5.8	19.8	64	163	9.0	20.5	3.61
September	-3.4	18.8	69	175	10.0	24.0	3.98
October	-1.0	21.6	69	172	9.0	23.8	4.41
November	-1.8	19.6	72	192	10.0	25.8	4.46
December	-0.4	20.4	43	154	9.0	24.2	4.70
Average	-2.6	19.1	71	177	8.0	20.7	3.67

Figura 30. Evapotranspiración en el C.P. San Lucas de Tongos

- Precipitación efectiva

La precipitación efectiva de la zona de estudio también se obtuvo por medio del programa Cropwat.

	Rain	Eff rain
	mm	mm
January	17.4	16.9
February	13.2	12.9
March	21.4	20.7
April	14.4	14.1
May	17.9	17.4
June	3.3	3.3
July	1.3	1.3
August	9.7	9.5
September	19.2	18.6
October	9.5	9.4
November	24.5	23.5
December	8.8	8.7
Total	160.6	156.3

Figura 31. Precipitación efectiva en el C.P. San Lucas de Tongos

- Datos de los cultivos

En la siguiente tabla, se muestra el coeficiente de los cultivos del centro poblado San Lucas de Tongos.

Tabla 21. Datos de los cultivos

Cultivos	Kci	Kcm	Kcf	Kj
Papa	1.10	1.00	1.00	1.10
Haba	0.50	1.15	1.10	0.63
Arveja	0.50	1.15	1.10	0.63
Cebada	0.30	1.15	0.40	0.14
Pastos cultivados	0.40	0.85	0.85	0.29

- Evapotranspiración de los cultivos

En la tabla se muestra la evapotranspiración potencial de los cultivos.

Tabla 22. Datos de los cultivos

Cultivos	Kj	Eto (mm/día)	Etp (mm/día)
Papa	1.10	3.67	4.04
Haba	0.63	3.67	2.32
Arveja	0.63	3.67	2.32
Cebada	0.14	3.67	0.51
Pastos cultivados	0.29	3.67	1.06

- Características del terreno de cultivo

La tabla presenta las características del terreno de cultivo, donde se debe mencionar que el suelo del terreno es franco arenosa por lo que la densidad aparente correspondiente fue 1.50 Ton/m³. Así mismo se muestra la profundidad radicular de los cultivos.

Tabla 23. Características del terreno de cultivo

Datos	Unidad	Cantidad
Capacidad de campo	%	23
Punto de marchitez	%	9
Eficiencia de aplicación	%	75
Coefficiente de agotamiento	%	14
Velocidad de infiltración	mm/hr	18
Jornada de trabajo	hr/día	10
Densidad aparente	ton/m ³	1.50
Profundidad radicular - papa	m	0.60
Profundidad radicular - haba	m	0.70
Profundidad radicular - arveja	m	1.00
Profundidad radicular - cebada	m	1.50
Profundidad radicular - pastos cultivados	m	1.50

- Lámina neta y bruta de riego

En la siguiente tabla, se muestra la lámina neta y bruta de riego de los cultivos del centro poblado San Lucas de Tongos.

Tabla 24. Lámina neta y bruta de riego

Cultivos	CC (%)	PM (%)	Da (gr/cm ³)	DT (%)	Pr (cm)	Lneto (mm)	Lbruta (mm)
Papa	23	9	1.50	14	60.00	17.64	196.00
Haba	23	9	1.50	14	70.00	20.58	228.67
Arveja	23	9	1.50	14	100.00	29.40	326.67
Cebada	23	9	1.50	14	150.00	44.10	490.00
Pastos cultivados	23	9	1.50	14	150.00	44.10	490.00

- Requerimiento de riego de los cultivos

- Papa

Tabla 25. Requerimiento de riego – papa

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
ETo (mm/día)	3.88	3.86	3.23	2.99	2.97	2.91	3.03	3.61	3.98	4.41	4.46	4.70
Precip. Efectiva (mm/día)	0.55	0.46	0.67	0.47	0.56	0.11	0.04	0.31	0.62	0.30	0.78	0.28
Kc	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
ETc (mm/día)	4.27	4.25	3.55	3.29	3.27	3.20	3.33	3.97	4.38	4.85	4.91	5.17
Velocidad de infiltración (mm/hr)	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00
Lámina neta (mm/día)	17.64	17.64	17.64	17.64	17.64	17.64	17.64	17.64	17.64	17.64	17.64	17.64
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
Lámina bruta (mm/día)	196.00	196.00	196.00	196.00	196.00	196.00	196.00	196.00	196.00	196.00	196.00	196.00
Intervalos entre riegos (días)	4.13	4.15	4.96	5.36	5.40	5.51	5.29	4.44	4.03	3.64	3.60	3.41
Tiempo de riego (hrs)	0.95	0.95	0.94	0.95	0.95	0.97	0.98	0.96	0.95	0.96	0.94	0.96

○ Haba

Tabla 26. Requerimiento de riego – haba

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
ETo (mm/día)	3.88	3.86	3.23	2.99	2.97	2.91	3.03	3.61	3.98	4.41	4.46	4.70
Precip. Efectiva (mm/día)	0.55	0.46	0.67	0.47	0.56	0.11	0.04	0.31	0.62	0.30	0.78	0.28
Kc	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63
ETc (mm/día)	2.45	2.44	2.04	1.89	1.88	1.84	1.92	2.28	2.52	2.79	2.82	2.97
Velocidad de infiltración (mm/hr)	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00
Lámina neta (mm/día)	20.58	20.58	20.58	20.58	20.58	20.58	20.58	20.58	20.58	20.58	20.58	20.58
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
Lámina bruta (mm/día)	228.6 7	228.6 7	228.6 7	228.6 7	228.6 7	228.6 7	228.6 7	228.6 7	228.6 7	228.6 7	228.6 7	228.6 7
Intervalos entre riegos (días)	8.39	8.43	10.07	10.88	10.96	11.18	10.74	9.01	8.18	7.38	7.30	6.92
Tiempo de riego (hrs)	1.11	1.12	1.11	1.12	1.11	1.14	1.14	1.13	1.11	1.13	1.10	1.13

○ Arveja

Tabla 27. Requerimiento de riego – arveja

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
ETo (mm/día)	3.88	3.86	3.23	2.99	2.97	2.91	3.03	3.61	3.98	4.41	4.46	4.70
Precip. Efectiva (mm/día)	0.55	0.46	0.67	0.47	0.56	0.11	0.04	0.31	0.62	0.30	0.78	0.28
Kc	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63
ETc (mm/día)	2.45	2.44	2.04	1.89	1.88	1.84	1.92	2.28	2.52	2.79	2.82	2.97
Velocidad de infiltración (mm/hr)	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00
Lámina neta (mm/día)	29.40	29.40	29.40	29.40	29.40	29.40	29.40	29.40	29.40	29.40	29.40	29.40
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
Lámina bruta (mm/día)	326.6 7	326.6 7	326.6 7	326.6 7	326.6 7	326.6 7	326.6 7	326.6 7	326.6 7	326.6 7	326.6 7	326.6 7
Intervalos entre riegos (días)	11.98	12.04	14.39	15.55	15.65	15.97	15.34	12.88	11.68	10.54	10.42	9.89
Tiempo de riego (hrs)	1.60	1.61	1.60	1.61	1.60	1.63	1.63	1.62	1.60	1.62	1.59	1.62

○ Cebada

Tabla 28. Requerimiento de riego – cebada

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
ETo (mm/día)	3.88	3.86	3.23	2.99	2.97	2.91	3.03	3.61	3.98	4.41	4.46	4.70
Precip. Efectiva (mm/día)	0.55	0.46	0.67	0.47	0.56	0.11	0.04	0.31	0.62	0.30	0.78	0.28
Kc	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
ETc (mm/día)	0.54	0.53	0.45	0.41	0.41	0.40	0.42	0.50	0.55	0.61	0.62	0.65
Velocidad de infiltración (mm/hr)	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00
Lámina neta (mm/día)	44.10	44.10	44.10	44.10	44.10	44.10	44.10	44.10	44.10	44.10	44.10	44.10
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
Lámina bruta (mm/día)	490.0 0	490.0 0	490.0 0	490.0 0	490.0 0	490.0 0	490.0 0	490.0 0	490.0 0	490.0 0	490.0 0	490.0 0
Intervalos entre riegos (días)	82.36	82.79	98.94	106.8 8	107.6 0	109.8 2	105.4 7	88.52	80.29	72.46	71.65	67.99
Tiempo de riego (hrs)	2.42	2.42	2.41	2.42	2.42	2.44	2.45	2.43	2.42	2.43	2.41	2.43

○ Pastos cultivados

Tabla 29. Requerimiento de riego – pastos cultivados

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
ETo (mm/día)	3.88	3.86	3.23	2.99	2.97	2.91	3.03	3.61	3.98	4.41	4.46	4.70
Precip. Efectiva (mm/día)	16.90	12.90	20.70	14.10	17.40	3.30	1.30	9.50	18.60	9.40	23.50	8.70
Kc	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29
ETc (mm/día)	1.12	1.12	0.93	0.86	0.86	0.84	0.88	1.04	1.15	1.27	1.29	1.36
Velocidad de infiltración (mm/hr)	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00
Lámina neta (mm/día)	44.10	44.10	44.10	44.10	44.10	44.10	44.10	44.10	44.10	44.10	44.10	44.10
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
Lámina bruta (mm/día)	490.0 0	490.0 0	490.0 0	490.0 0	490.0 0	490.0 0	490.0 0	490.0 0	490.0 0	490.0 0	490.0 0	490.0 0
Intervalos entre riegos (días)	39.33	39.53	47.24	51.04	51.38	52.44	50.36	42.27	38.34	34.60	34.21	32.47
Tiempo de riego (hrs)	1.51	1.73	1.30	1.67	1.48	2.27	2.38	1.92	1.42	1.93	1.14	1.97

2. Diseño hidráulico

Área: 1 704.68 m²

Propietario: Benito Cárdenas Gaspar

I. Sistema de succión

1. Caudal y velocidad

* Caudal

$$Q = 0.0002 \text{ m}^3/\text{s}$$

* Velocidad

$$D_{\text{tub}} = 50.80 \text{ mm}$$

$$Q = A * v$$

$$0.0002 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = \frac{\pi}{4} * \left(\frac{50.80}{1000}\right)^2 * v$$

$$v = 0.099 \text{ m/s}$$

2. Altura estática de succión (hes)

$$hes = 1.40 \text{ m}$$

3. Rugosidad

$$\varepsilon = 0.0001 \text{ mm} = 10^{-6} \text{ m}$$

4. Viscosidad cinemática (θ)

$$T = 11^\circ \text{C}$$

$$\theta = 1.274 * 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

5. Rugosidad relativa (Rr)

$$Rr = \frac{\varepsilon}{d_{\text{sec}}} = \frac{10^{-6} \text{ m}}{0.0508 \text{ m}}$$

$$Rr = 1.969 * 10^{-5}$$

6. Número de Reynolds (Re)

$$Re = \frac{v * d_{\text{sec}}}{\theta}$$

$$Re = \frac{0.099 * 0.0508}{1.274 * 10^{-6}} = 3.947 * 10^3$$

7. Coeficiente de fricción (λ)

$$\lambda = \frac{0.25}{\left[\log\left(\frac{Rr}{3.7} + \frac{5.74}{Re^{0.9}}\right)\right]^2} = 0.041$$

8. pérdidas por fricción (hfs)

$$h_{fs} = \frac{\lambda * L * v^2}{d_{\text{sec}} * 2g}$$

$$hfs = 0.0013 \text{ m}$$

9. Pérdidas de carga por velocidad (hvs)

$$hvs = \frac{v^2}{2g}$$

$$hvs = 0.0005 \text{ m}$$

10. Pérdidas de carga por accesorios (has)

Válvula pie $K = 0.08$

Unión universal $K = 0.08$

Codo 90° $K = 0.60$

Reducción $K = 1.00$

Filtro $K = 1.50$

$$has = \sum K * \frac{v^2}{2g}$$

$$has = 0.00163 \text{ m}$$

11. Pérdida total por succión (hs)

$$hs = hes + hfs + hvs + has$$

$$hs = 1.403 \text{ m}$$

II. Sistema de descarga

1. Caudal y velocidad

* Caudal

$$Q = 0.0002 \text{ m}^3/\text{s}$$

* Velocidad

$$Dtub = 25.40 \text{ mm} \quad Q = A * v$$

$$0.0002 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = \frac{\pi}{4} * \left(\frac{25.40}{1000}\right)^2 * v$$

$$v = 0.395 \text{ m/s}$$

2. Rugosidad

$$\varepsilon = 0.0001 \text{ mm} = 10^{-6} \text{ m}$$

3. Viscosidad cinemática (θ)

$$T = 11^\circ \text{C}$$

$$\theta = 1.274 * 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

4. Rugosidad relativa (Rr)

$$Rr = \frac{\varepsilon}{dsec} = \frac{10^{-6} \text{ m}}{0.0254 \text{ m}}$$

$$Rr = 3.937 * 10^{-5}$$

5. Número de Reynolds (Re)

$$Re = \frac{v * d_{sec}}{\theta}$$

$$Re = \frac{0.395 * 0.0254}{1.274 * 10^{-6}} = 7.875 * 10^3$$

6. Coeficiente de fricción (λ)

$$\lambda = \frac{0.25}{\frac{Rr}{5.74}^2} = 0.033$$

$$[\log(3.7 + Re^{0.9})]$$

7. Pérdidas por fricción (hfs)

$$hfs = \frac{\lambda * L * v^2}{d_{sec} * 2g}$$

$$hfs = 2.467 \text{ m}$$

8. Pérdidas de carga por velocidad (hvs)

$$hvs = \frac{v^2}{2g}$$

$$hvs = 0.0080 \text{ m}$$

9. Pérdida de carga por accesorios (has)

Ampliación $K = 1.00$

Codo 90° $K = 0.60 * 2 = 1.20$

Válvula check $K = 2.40$

Válvula globo $K = 18$

Válvula paso $K = 0.2 * 4 = 0.8$

$$has = \sum K * \frac{v^2}{2g}$$

$$has = 0.186 \text{ m}$$

10. Altura estática de descarga (heD)

$$P_{asp} = 2 \text{ bar} * \frac{10.197 \text{ mm}_{H2O}}{1 \text{ bar}} = 20.394 \text{ mm}_{H2O}$$

$$heD = 1.5 + 20.394 = 21.894 \text{ m}$$

11. Pérdida total por descarga (hD)

$$hD = hfs + hvs + has + heD$$

$$hs = 24.555$$

III. Selección de la bomba

1. Altura de la bomba $H_B = hs + hD$

$$H_B = 25.958 \text{ m}$$

* Potencia de la bomba (n) =75%

2. Potencia de la bomba

$$P_B = \rho * g * Q * H_B$$

$$\frac{Kg}{m^3} * \frac{m}{s^2} * \frac{m^3}{s} * m$$

$$P_B = 1000 \frac{Kg}{m^3} * 9.81 \frac{m}{s^2} * 0.0002 \frac{m^3}{s} * 25.958 \text{ m}$$

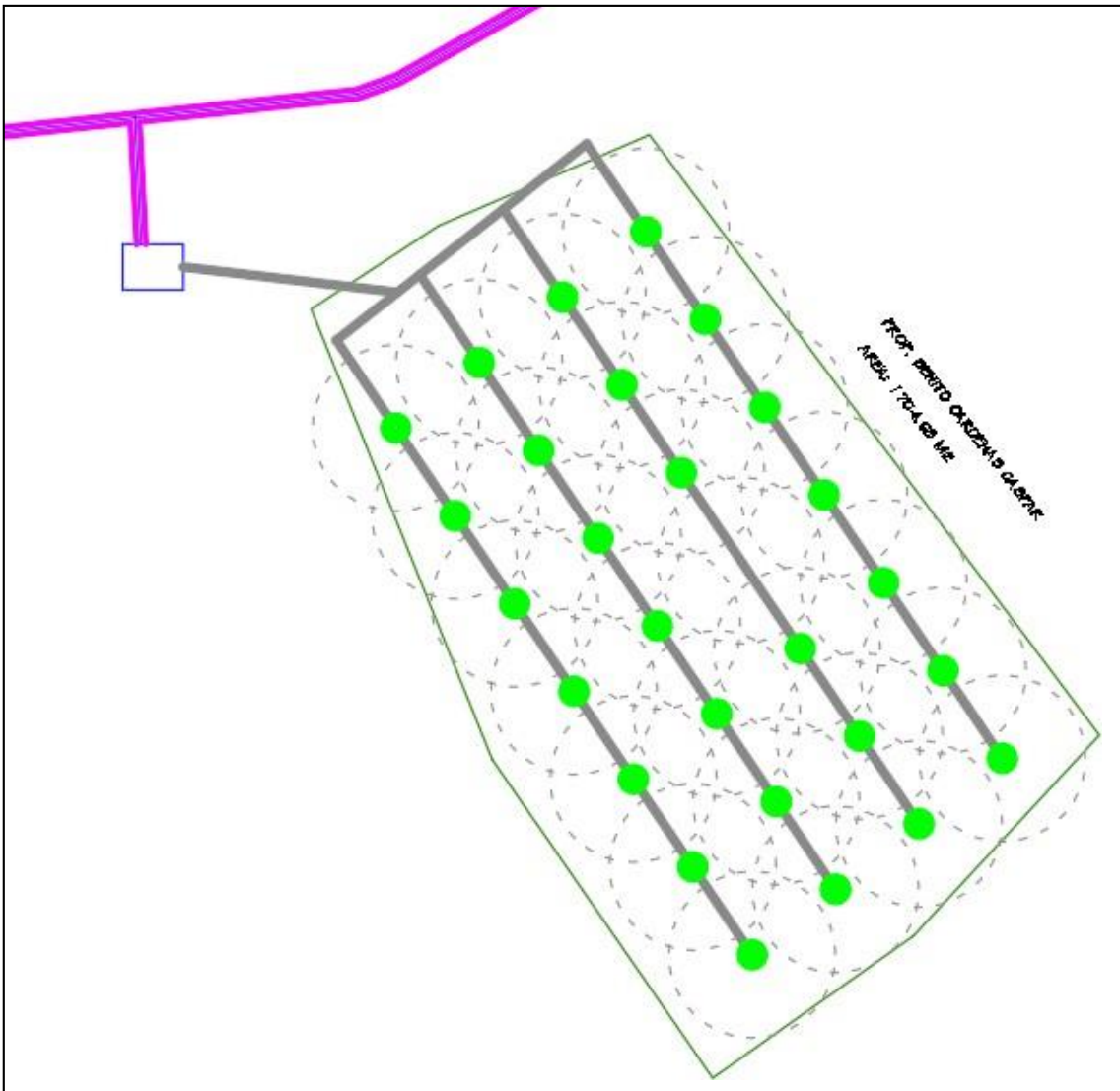
$$50.930 \text{ w}$$

$$P_B = \frac{50.930}{0.75} = 67.91 \text{ w}$$

$$P_B = 0.091 \text{ HP}$$

$$P_B \cong 0.5 \text{ HP}$$

En la figura, se puede apreciar la distribución de los aspersores en el terreno de 1 704.68 m² que se denominó parcela 1.



Área: 1 094.75 m²

Propietario: Alejandro Cisneros Reyes

I. Sistema de succión

1. Caudal y velocidad

* Caudal

$$Q = 0.0002 \text{ m}^3/\text{s}$$

* Velocidad

$$Dtub = 50.80 \text{ mm}$$

$$Q = A * v$$

$$0.0002 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = \frac{\pi}{4} * \left(\frac{50.80}{1000}\right)^2 * v$$

$$v = 0.099 \text{ m/s}$$

2. Altura estática de succión (hes)

$$hes = 1.40 \text{ m}$$

3. Rugosidad

$$\varepsilon = 0.0001 \text{ mm} = 10^{-6} \text{ m}$$

4. Viscosidad cinemática (θ)

$$T = 11^\circ\text{C}$$

$$\theta = 1.274 * 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

5. Rugosidad relativa (Rr)

$$Rr = \frac{\varepsilon}{dsec} = \frac{10^{-6} \text{ m}}{0.0508 \text{ m}}$$

$$Rr = 1.969 * 10^{-5}$$

6. Número de Reynolds (Re)

$$Re = \frac{v * dsec}{\theta}$$

$$Re = \frac{0.099 * 0.0508}{1.274 * 10^{-6}} = 3.947 * 10^3$$

7. Coeficiente de fricción (λ)

$$hfs = 0.0013 \text{ m}$$

$$\lambda = \frac{0.25}{\left[\log\left(\frac{Rr}{3.7} + \frac{5.74}{Re^{0.9}}\right)\right]^2} = 0.041$$

$$hfs = \frac{\lambda * L * v^2}{dsec * 2g}$$

8. Perdidas por fricción (hfs)

$$hfs = \frac{\lambda * L * v^2}{dsec * 2g}$$

9. Pérdidas de carga por velocidad (hvs)

$$hvs = \frac{v^2}{2g}$$

$$hvs = 0.0005 \text{ m}$$

10. Pérdida de carga por accesorios (has)

Válvula pie $K = 0.08$

Unión universal $K = 0.08$

Codo 90° $K = 0.60$

Reducción $K = 1.00$

Filtro $K = 1.50$

$$has = \sum K * \frac{v^2}{2g}$$

$$has = 0.00163 \text{ m}$$

11. Pérdida total por succión (hs)

$$hs = hes + hfs + hvs + has$$

$$hs = 1.403 \text{ m}$$

II. Sistema de descarga

1. Caudal y velocidad

* Caudal

* Velocidad

$$Q = 0.0002 \text{ m}^3$$

$$Dtub = 25.40 \text{ mm}$$

$$Q = A * v$$

$$0.0002 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = \frac{\pi}{4} * \left(\frac{25.40}{1000}\right)^2 * v$$

$$v = 0.395 \text{ m/s}$$

2. Rugosidad

3. Viscosidad cinemática (θ) $\varepsilon = 0.0001 \text{ mm} = 10^{-6} \text{ m}$

$$T = 11^\circ \text{C}$$

4. Rugosidad relativa (Rr) $\theta = 1.274 * 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

$$Rr = \frac{\varepsilon}{dsec} = \frac{10^{-6} \text{ m}}{0.0254 \text{ m}}$$

$$Rr = 3.937 * 10^{-5}$$

5. Número de Reynolds (Re)

$$Re = \frac{v * d_{sec}}{\theta}$$

$$Re = \frac{0.395 * 0.0254}{1.274 * 10^{-6}} = 7.875 * 10^3$$

6. Coeficiente de fricción (λ)

$$\lambda = \frac{0.25}{\frac{Rr}{5.74}^2} = 0.033$$

$$[\log(3.7 + Re^{0.9})]$$

7. Pérdidas por fricción (hfs)

$$hfs = \frac{\lambda * L * v^2}{d_{sec} * 2g}$$

$$hfs = 2.208 \text{ m}$$

8. Pérdidas de carga por velocidad (hvs)

$$hvs = \frac{v^2}{2g}$$

$$hvs = 0.0080 \text{ m}$$

9. Pérdida de carga por accesorios (has)

Ampliación $K = 1.00$

Codo 90° $K = 0.60 * 2 = 1.20$

Válvula check $K = 2.40$

Válvula globo $K = 18$

Válvula paso $K = 0.2 * 4 = 0.8$

$$has = \sum K * \frac{v^2}{2g}$$

$$has = 0.186 \text{ m}$$

10. Altura estática de descarga (heD)

$$P_{asp} = 2 \text{ bar} * \frac{10.197 \text{ mm}_{H2O}}{1 \text{ bar}} = 20.394 \text{ mm}_{H2O}$$

$$heD = 1.5 + 20.394 = 21.894 \text{ m}$$

11. Pérdida total por descarga (hD)

$$hD = hfs + hvs + has + heD$$

$$hs = 24.296$$

III. Selección de la bomba

1. Altura de la bomba

$$H_B = hs + hD$$

$$H_B = 25.699 \text{ m}$$

* Potencia de la bomba (n) =75%

2. Potencia de la bomba

$$P_B = \rho * g * Q * H_B$$

$$\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \quad \text{m} \quad \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \quad \text{m}$$

$$P_B = 1000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 0.0002 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * 25.699 \text{ m}$$

$$50.421 \text{ w}$$

$$P_B = \frac{50.421 \text{ w}}{0.75} = 67.23 \text{ w}$$

$$P_B = 0.090 \text{ HP}$$

$$P_B \cong 0.5 \text{ HP}$$

En la figura, se puede apreciar la distribución de los aspersores en el terreno de 1 094.75 m² que se denominó parcela 2.

