

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Escuela Profesional de Ingeniería Civil**



**TESIS:**

“Eficiencia de aplicación del aspersor VYR 60 en el método de riego presurizado en la comunidad de Saraica, distrito de Yanaca, provincia de Aymaraes, región Apurímac – 2020”

Presentado por:

**Bach. NICK FLORES TORBISCO**

Para optar el título profesional de:

**INGENIERO CIVIL**

**Abancay – Apurímac – Perú**

**2022**

**Tesis:**

“Eficiencia de aplicación del aspersor VYR 60 en el método de riego presurizado en la comunidad de Saraica, distrito de Yanaca, provincia de Aymaraes – Apurímac, 2020”

**Línea de investigación:**

Gestión de la infraestructura para el desarrollo sostenible.

**Rama de la investigación:**

Hidráulica

**Asesor:**

Mg. Sc. Ángel Maldonado Mendivil



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**“EFICIENCIA DE APLICACIÓN DEL ASPERSOR VYR 60 EN EL MÉTODO DE  
RIEGO PRESURIZADO EN LA COMUNIDAD DE SARAICA, DISTRITO DE YANACA,  
PROVINCIA DE AYMARAES – APURÍMAC, 2020”**

Presentado por el Bach. **NICK FLORES TORBISCO**, para optar el título profesional de:  
**INGENIERO CIVIL**

Sustentado y aprobado el 14 de octubre del 2022 ante el jurado:

**Presidente** : Ph.D Abbon Alex Vásquez Ramírez  
**Primer Miembro** : Mg. Fredy Quispe Ferrel  
**Segundo Miembro** : Mg. Marco Antonio Gálvez Quintana  
**Asesor** : Mg. Sc. Ángel Maldonado Mendivil

### **Dedicatoria**

*A Dios por haberme permitido llegar hasta este punto en mi vida, a mis padres, S. Faustino Flores Olazábal y Lucila Torbisco Cárdenas, por haberme apoyado en este camino en todo cuanto pudieron, sin olvidar a las personas que sumaron para lograr este anhelado grado académico.*

## **Agradecimiento**

*A mis padres, docentes, amigos y, especialmente, para mi madre por el apoyo para este logro académico.*

## ÍNDICE

<b>Portada.....</b>	<b>i</b>
<b>Postportada.....</b>	<b>ii</b>
<b>Página de jurados.....</b>	<b>iii</b>
<b>Dedicatoria.....</b>	<b>iv</b>
<b>Agradecimiento .....</b>	<b>v</b>
<b>Índice de contenido .....</b>	<b>vi</b>
<b>Índice de figuras.....</b>	<b>x</b>
<b>Índice de tablas.....</b>	<b>xi</b>
<b>Índice de ecuaciones.....</b>	<b>xii</b>
<b>Acrónimos .....</b>	<b>xiv</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>xv</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>xvi</b>
<b>Capítulo I.....</b>	<b>1</b>
<b>Planteamiento de problema .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Realidad problemática .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. Planteamiento del problema .....</b>	<b>2</b>
1.2.1. Formulación de problema.....	2
1.2.2. Problema general.....	2
1.2.3. Problemas específicos: .....	3
<b>1.3. Justificación de la investigación .....</b>	<b>3</b>
1.3.1. Justificación.....	3
<b>1.4. Objetivos de la investigación .....</b>	<b>4</b>

1.4.1.	Objetivo general .....	4
1.4.2.	Objetivos específicos.....	4
<b>1.5.</b>	<b>Delimitación de la investigación .....</b>	<b>4</b>
1.5.1.	Espacial .....	4
1.5.2.	Temporal .....	4
1.5.3.	Social.....	5
1.5.4.	Conceptual.....	5
<b>1.6.</b>	<b>Viabilidad de la investigación .....</b>	<b>5</b>
<b>1.7.</b>	<b>Limitaciones .....</b>	<b>6</b>
<b>Capítulo II.....</b>		<b>7</b>
<b>Marco teórico .....</b>		<b>7</b>
<b>2.1.</b>	<b>Antecedentes de la investigación .....</b>	<b>7</b>
2.1.1.	Antecedentes a nivel internacional.....	7
2.1.2.	Antecedentes a nivel nacional .....	9
2.1.3.	Antecedentes a nivel regional .....	12
<b>2.2.</b>	<b>Bases teóricas .....</b>	<b>13</b>
2.2.1.	Diseño agronómico .....	13
2.2.2.	Diseño hidráulico .....	25
2.2.3.	Evaluación de riego presurizado .....	35
<b>2.3.</b>	<b>Marco conceptual .....</b>	<b>45</b>
<b>Capítulo III.....</b>		<b>50</b>
<b>Metodología de investigación .....</b>		<b>50</b>
<b>3.1.</b>	<b>Hipótesis .....</b>	<b>50</b>
3.1.1.	Hipótesis general .....	50
3.1.2.	Hipótesis específicas: .....	50

<b>3.2.</b>	<b>Método .....</b>	<b>51</b>
	3.2.1. Enfoque .....	51
<b>3.3.</b>	<b>Tipo de investigación .....</b>	<b>51</b>
	3.3.1. Tipo de investigación .....	51
<b>3.4.</b>	<b>Nivel o alcance de la investigación .....</b>	<b>51</b>
<b>3.5.</b>	<b>Diseño de la investigación .....</b>	<b>52</b>
<b>3.6.</b>	<b>Operacionalización de variable .....</b>	<b>53</b>
<b>3.7.</b>	<b>Población, muestra y muestreo.....</b>	<b>54</b>
	3.7.1. Población.....	54
	3.7.2. Muestra.....	54
	3.7.3. Muestreo.....	54
<b>3.8.</b>	<b>Técnica e instrumentos.....</b>	<b>54</b>
	3.8.1. Técnica de recolección de datos.....	54
	3.8.2. Instrumentos de recolección de datos.....	55
	3.8.3. Materiales y equipos.....	55
<b>3.9.</b>	<b>Condiciones éticas.....</b>	<b>55</b>
<b>3.10.</b>	<b>Procesamiento estadístico .....</b>	<b>56</b>
	<b>Capítulo IV .....</b>	<b>58</b>
	<b>Resultados y discusión .....</b>	<b>58</b>
<b>4.1.</b>	<b>Resultados.....</b>	<b>58</b>
	4.1.1. Diseño agronómico .....	58
	4.1.2. Diseño hidráulico .....	71
	4.1.3. Evaluación de riego presurizado .....	78
<b>4.2.</b>	<b>Discusión de resultados .....</b>	<b>84</b>
<b>4.3.</b>	<b>Prueba de hipótesis.....</b>	<b>87</b>

4.3.1. Hipótesis general .....	87
4.3.2. Hipótesis específicas .....	88
<b>Conclusiones:.....</b>	<b>92</b>
<b>Recomendaciones:.....</b>	<b>94</b>
<b>Referencias.....</b>	<b>95</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>101</b>

## Índice de figuras

<i>Figura 1 Diagrama para el cálculo de demanda hídrica de cultivo.....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 2 Coeficiente de cultivo y etapas de desarrollo.....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 3 Tubería lateral en posición horizontal.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 4 Tubería lateral inclinada hacia arriba. ....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 5 Tubería lateral inclinada hacia abajo ..... </i>	<i>32</i>
<i>Figura 6 Variación en la velocidad en tuberías (PVC) en función a la pendiente según Hazen Williams.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 7 Emanación de agua a presión generada por un emisor de impacto, Fernández, 2010.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 8 Espaciamiento recomendado entre emisores y ramales en un marco cuadrado.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 9 Espaciamiento recomendado entre emisores y ramales en un marco triangular. ....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 10 Espaciamiento recomendado entre emisores y ramales en un marco rectangular. ....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 11 Temperatura media mensual (°F).....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 12 Radiación incidente mensual (RSM).....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 13 Precipitación media mensual (PM). ....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 14 Evaporación potencial mensual (ETP).....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 15 Precipitación confiable o dependiente (PD). ....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 16 Demanda hídrica del cultivo. ....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 17 Levantamiento topográfico. ....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 18 Trazado de redes de riego.....</i>	<i>76</i>
<i>Figura 19 Diagrama de volumen de agua aplicada – primera evaluación.....</i>	<i>78</i>
<i>Figura 20 Diagrama de volumen de agua aplicada – segunda evaluación.....</i>	<i>79</i>
<i>Figura 21 Diagrama de volumen de agua aplicada – tercera evaluación. ....</i>	<i>80</i>
<i>Figura 22 Parámetros de evaluación del aspersor VYR 60.....</i>	<i>82</i>

## Índice de tablas

<i>Tabla 1 Fases de crecimiento de cultivo.</i>	16
<i>Tabla 2 Matriz de operacionalización</i>	53
<i>Tabla 3 Materiales y equipos</i>	55
<i>Tabla 4 Estaciones meteorológicas utilizadas</i>	60
<i>Tabla 5 Evapotranspiración potencial o de referencia (ETP)</i>	62
<i>Tabla 6 Coeficiente de cultivo (kc)</i>	64
<i>Tabla 7 Evapotranspiración del cultivo (ETc)</i>	64
<i>Tabla 8 Precipitación confiable o dependiente (PD)</i>	65
<i>Tabla 9 Demanda hídrica del cultivo</i>	67
<i>Tabla 10 Propiedades físicas y hídricas del suelo</i>	68
<i>Tabla 11 Características del aspersor</i>	72
<i>Tabla 12 Promedios de los parámetros de evaluación</i>	81
<i>Tabla 13 Demanda hídrica para las distintas eficiencias halladas</i>	82
<i>Tabla 14 Caudal de diseño para las distintas eficiencias halladas</i>	83

## Índice de ecuaciones

<i>Ecuación 1 Evapotranspiración del cultivo (ETc)</i> .....	17
<i>Ecuación 2 Radiación solar incidente mensual en su equivalente de evaporación (RSM)</i> . ....	17
<i>Ecuación 3 Evapotranspiración potencial mensual (ETP)</i> .....	17
<i>Ecuación 4 Precipitación dependiente al 75% de probabilidad (PD)</i> .....	18
<i>Ecuación 5 Desviación estándar de la serie estudiada para cada mes (SD)</i> .....	19
<i>Ecuación 6 Demanda hídrica</i> .....	19
<i>Ecuación 7 Capacidad de campo (CC)</i> .....	20
<i>Ecuación 8 Punto de Marchites (PMP)</i> .....	20
<i>Ecuación 9 Densidad aparente (Dap)</i> .....	21
<i>Ecuación 10 Humedad disponible (Hd)</i> .....	21
<i>Ecuación 11 Lamina neta (ln)</i> .....	22
<i>Ecuación 12 Lamina bruta (Lb)</i> .....	22
<i>Ecuación 13 Dosis de riego por parcela</i> .....	23
<i>Ecuación 14 Frecuencia máxima de riego (Fmr)</i> . ....	23
<i>Ecuación 15 Lamina neta ajustada (Lnj)</i> . ....	24
<i>Ecuación 16 Lamina bruta ajustada (Lbj)</i> .....	24
<i>Ecuación 17 Tiempo de riego (Tr)</i> . ....	24
<i>Ecuación 18 Caudal característico</i> .....	25
<i>Ecuación 19 Volumen total (Vt)</i> .....	25
<i>Ecuación 20 Caudal de diseño (Qd)</i> .....	26
<i>Ecuación 21 Espaciamiento entre emisores (Ea) y laterales (El)</i> . ....	27
<i>Ecuación 22 Pluviometría o Intensidad de aplicación del aspensor (Ia)</i> . ....	27
<i>Ecuación 23 Pluviometría del sistema (Ps)</i> .....	28
<i>Ecuación 24 Numero de sectores de riego (Ns)</i> .....	28
<i>Ecuación 25 Perdida de presión admisible-tub, horizontal (hf)</i> .....	29

<i>Ecuación 26 Presión necesaria a la entrada del lateral -tub. Horizontal.....</i>	<i>30</i>
<i>Ecuación 27 Pérdida de presión admisible (hf)-tub. Inclínada hacia arriba .....</i>	<i>31</i>
<i>Ecuación 28 Presión necesaria en la entrada del lateral- tub. Inclínada hacia arriba.....</i>	<i>31</i>
<i>Ecuación 29 Pérdida admisible de preson-tub, inclinada hacia abajo. ....</i>	<i>32</i>
<i>Ecuación 30 Presión necearía en el lateral-tub. Inclínada hacia abajo.....</i>	<i>32</i>
<i>Ecuación 31 Diámetro de tubería .....</i>	<i>32</i>
<i>Ecuación 32 Velocidad de flujo (V) .....</i>	<i>33</i>
<i>Ecuación 33 Pérdida de carga por fricción .....</i>	<i>34</i>
<i>Ecuación 34 Carga o altura dinámica total.....</i>	<i>34</i>
<i>Ecuación 35 Eficiencia de aplicación (Ea).....</i>	<i>40</i>
<i>Ecuación 36 Coeficiente de uniformidad de (CU).....</i>	<i>41</i>
<i>Ecuación 37 Coeficiente de uniformidad media (CU).....</i>	<i>42</i>
<i>Ecuación 38 Coeficiente de uniformidad (estadísticamente comprobada).....</i>	<i>42</i>
<i>Ecuación 39 Uniformidad de distribución (UD). ....</i>	<i>42</i>
<i>Ecuación 40 Eficiencia de distribución en aplicación (EDa) .....</i>	<i>43</i>
<i>Ecuación 41 Proporción efectiva de agua que llega al suelo (Pe), .....</i>	<i>44</i>
<i>Ecuación 42 Grados de libertad .....</i>	<i>56</i>
<i>Ecuación 43 t calculada .....</i>	<i>57</i>

## **Acrónimos**

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura

FA: Factor de Altura

Dap: Densidad aparente

PACC: Programa de adaptación al cambio climático

INIA: Instituto Nacional de Innovación Agraria

USDA: Servicio de Conservación del Suelo

## Resumen

El presente trabajo de titulación se realizó en la comunidad de Saraica distrito de Yanaca, provincia de Aymaraes - Apurímac, con el objetivo de determinar la eficiencia de aplicación del aspersor VYR 60 en el método de riego presurizado, iniciando con un modelamiento digital del área a irrigar, determinando las propiedades físicas del suelo, análisis de los datos meteorológicos como temperatura media mensual, radiación incidente mensual en su equivalente de evaporación (RSM), precipitación; en una área aplicativo de 0.6 Ha; la evapotranspiración potencial (ETP) calculada por el método de Hargreaves es de 5.13 mm/día; la evapotranspiración de cultivo (ETc) es de 4.10 mm/día; la demanda hídrica corresponde a los meses de marzo a diciembre encontrándose el mes crítico en octubre, obteniéndose una demanda hídrica de 3.29mm/día, con una frecuencia de riego de 5 días, tiempo de riego de 4 horas se satisface una demanda bruta de 6.18 mm, con un volumen de agua de 37.05 m<sup>3</sup>. El diseño hidráulico determinó dos sectores de riego cuya superficie es de 0.30 Ha; las líneas de riego está constituida por una línea de conducción principal de 50 mm Ø, líneas portlaterales de 63mm Ø y los laterales riego de 32mm Ø donde se ubicaron 16 aspersores con un marco de riego triangular de 18x18 con estos parámetros, se procedió a evaluar la eficiencia de aplicación del aspersor VYR 60, presentando un coeficiente de uniformidad de 70.13% la uniformidad de distribución en el cuarto inferior de 61.49% con una eficiencia de aplicación de 65.84%.

**Palabras clave:** Eficiencia de aplicación, método de riego presurizado, aspersor VYR 60.

## Abstract

The present titling work was carried out in the community of Saraica, district of Yanaca, province of Aymaraes - Apurímac, with the objective of determining the application efficiency of the VYR 60 sprinkler in the pressurized irrigation method, starting with a digital modeling of the area to be irrigate, determining the physical properties of the soil, analysis of meteorological data such as monthly average temperature, monthly incident radiation in its evaporation equivalent (RSM), precipitation; in an application area of 0.6 Ha; the potential evapotranspiration (ETP) calculated by the Hargreaves method is 5.13 mm/day; crop evapotranspiration (ETc) is 4.10 mm/day; the water demand corresponds to the months of March to December, with the critical month being in October, obtaining a water demand of 3.29mm/day, with an irrigation frequency of 5 days, irrigation time of 4 hours, a gross demand of 6.18 is satisfied mm, with a water volume of 37.05 m<sup>3</sup> . The hydraulic design determined two irrigation sectors whose surface is 0.30 Ha; The irrigation lines are made up of a main conduction line of 50 mm Ø, lateral portal lines of 63 mm Ø and lateral irrigation lines of 32 mm Ø where 16 sprinklers were located with a triangular irrigation frame of 18x18 with these parameters, we proceeded to evaluate the application efficiency of the VYR 60 sprinkler, presenting a uniformity coefficient of 70.13%, the distribution uniformity in the lower quarter of 61.49% with an application efficiency of 65.84%.

**Keywords:** Application efficiency, pressurized irrigation method, VYR 60 sprinkler.

## Capítulo I

### Planteamiento de problema

#### 1.1. Realidad problemática

En los últimos tiempos, la agricultura bajo riego es el principal origen de la producción de alimentos, los rendimientos que pueden obtenerse en los cultivos producidos bajo riego son el doble de los que se pueden obtener en la temporada de secano. La agricultura bajo riego con mínimos costos es más productiva que la agricultura en secano con altos costos. El control de la absorción del agua en la zona redicular del cultivo tiene esta ventaja. Aun así, la producción bajo riego aporta menos a la producción agrícola que el secano. En general, en el mundo la agricultura en secano se realiza en el 83% de las áreas cultivadas y generan más del 60% de los alimentos del mundo. El riego tradicional no puede prolongarse aún más, una de las razones es que el costo del riego se desconoce, al rededor del 30% del área regada tradicionalmente se encuentra parcial o totalmente dañada. A pesar de estos inconvenientes, las superficies de riego continuarán en crecimiento lo que resulta imprescindible optimizar la eficiencia de riego, (FAO, 2019, pág. 1).

Hoy en día es indudable la escases del agua en la sierra del sur peruano, debido al calentamiento global, lo que se refleja con la pérdida de los nevados, evaporación en las cabeceras de cuencas, sumado el incorrecto uso del agua, esto se convierte en una reducción de agua de los principales afluentes de aguas superficiales, es necesario el correcto aprovechamiento con fines de riego, razón por la cual en la sierra del sur peruano se plantea la implementación de riego presurizado, asumiéndose en estas características de aspersores con coeficientes de uniformidad de 90% - 95% (Vyrsa, 2019).

Apurímac tiene un territorio sumamente accidentado contando con una configuración topográfica heterogénea, valles angostos y profundos, cuentan con pendientes de entre 9% a 60%, (PACC, 2010) el viento depende de la topografía local, siendo así una limitante la topografía y el viento para el riego presurizado en su aplicación. El riego presurizado es diferente a otros sistemas de riego ya que es influida por los parámetros climáticos en las que se desarrolla el riego dada su influencia en las pérdidas de agua por evaporación y arrastre, Es necesario conocer la uniformidad de riego nivel local y regional, (Cavero, 2014).

El aspersor VYR 60 en su ficha técnica indica que el coeficiente de uniformidad es superior a 90%, en el presente trabajo de investigación estudiaremos esta información, en un campo experimental que cuenta con las características de nuestra región (pendiente, viento).

## **1.2. Planteamiento del problema**

### ***1.2.1. Formulación de problema.***

Ante el problema de escases de agua y buscando la manera de usarla con mejor eficiencia este elemento vital, se plantea estudiar el método de riego presurizado mediante su diseño agronómico e hidráulico para evaluar la eficiencia de aplicación del aspersor VYR 60 y poder lograr un valor cuantitativo de la eficiencia de aplicación. Para lo cual se requieren formular problemas a modo de preguntas.

### ***1.2.2. Problema general***

¿Cuál es la eficiencia de aplicación del aspersor VYR 60 en el método de riego presurizado en la comunidad de Saraica, distrito de Yanaca, provincia de Aymaraes, región Apurímac, 2020?

### **1.2.3. Problemas específicos:**

- a) ¿Cuál es el diseño agronómico para la evaluación de la eficiencia de aplicación del aspersor VYR 60?
- b) ¿Cuál es el diseño hidráulico para la evaluación de la eficiencia de aplicación del aspersor VYR 60?

## **1.3. Justificación de la investigación**

### **1.3.1. Justificación**

La FAO,2014 recomienda optimizar la eficiencia de aplicación, esto ante la inminente disminución de agua, así como al continuo crecimiento de las áreas regadas, en este sentido darle un uso racional a este elemento vital

A nivel nacional, regional y local, se vienen ejecutando diversos proyectos de riego presurizado, lo mismo, que en la mayoría han sido propuestos con una eficiencia de aplicación alta (especificaciones técnicas); lo cual no se ajusta a la realidad regional.

Los distintos proyectos de riego por aspersión ejecutados en nuestra región no llegan a prestar los servicios esperados dada por indistintas razones en el afán de buscar estas se plantea estudiar la eficiencia de aplicación del aspersor VYR 60

Los resultados de esta investigación, cuantificara la eficiencia de riego en aplicación del aspersor VYR 60 bajo condiciones reales de nuestra región, poniendo un punto de partida para futuras investigaciones puesto que la eficiencia de aplicación del aspersor VYR 60 que figura en las especificaciones técnicas fueron halladas en laboratorio.

## **1.4. Objetivos de la investigación**

### ***1.4.1. Objetivo general***

Determinar la eficiencia de aplicación del aspersor VYR 60 en el método de riego presurizado en la comunidad de Saraica, distrito de Yanaca, provincia de Aymaraes, región de Aymaraes, región Apurímac, 2020.

### ***1.4.2. Objetivos específicos***

- a) Analizar el diseño agronómico para la evaluación de la eficiencia de aplicación del aspersor VYR 60.
- b) Analizar el diseño hidráulico para la evaluación de la eficiencia de aplicación del aspersor VYR 60.

## **1.5. Delimitación de la investigación**

### ***1.5.1. Espacial***

Se delimita espacialmente en la comunidad de Saraica, distrito de Yanaca, provincia de Aymaraes, región de Apurímac por ser un lugar que cuenta con las características necesarias (Pendiente, temperatura, viento) de nuestra región.

### ***1.5.2. Temporal***

Se delimita temporalmente a los meses de agosto – noviembre del año 2021 por ser la temporada seco y no tener presencia de precipitaciones pluviales condición necesaria para poder desarrollar las pruebas de pluviometría, infiltración, sin ninguna intervención adicional de las precipitaciones pluviales lo cual ocasionaría errores en las pruebas, distorsionando los resultados de la investigación.

### **1.5.3. Social.**

No corresponde a la investigación

### **1.5.4. Conceptual.**

Se delimita conceptualmente al método de Hargreaves modificado para hallar los parámetros de necesidad de cultivo y pruebas de laboratorio para determinar los parámetros agronómicos, el cálculo hidráulico de redes se desarrolló con el método de Hazen Williams, apoyada en la metodología propuesta por Lusa, la eficiencia de aplicación se evaluó mediante la metodología propuesta por Juan C. Callisaya Catari en su tesis de Máster of Science de “Aplicación de tres láminas de agua con riego por aspersion en el cultivo de alfalfa en la estación experimental de Choquenaira –la Paz” Bolivia, 2018.

Se delimita técnicamente a un marco de riego de 18x18 dado que el fabricante (Vyrsa, 2019) indica que es el marco de riego con la mayor uniformidad de riego superior a 90%, doble anillo de infiltración para determinar la velocidad de infiltración.

## **1.6. Viabilidad de la investigación**

Científicamente es viable por contar con métodos desarrollados como la de Hargreaves modificado para calcular la demanda hídrica del cultivo, metodología de cálculo hidráulico de redes abiertas de Hazen Williams y la metodología propuesta por Callisaya para poder evaluar la eficiencia de aplicación que está apoyada en la metodología propuesta por Christiansen para poder cuantificar la eficiencia de aplicación.

Técnicamente es viable ya que se utilizaron técnicas de recolección de datos de pluviometría mediante los pluviómetros, se evaluó la infiltración directamente en campo.

Económicamente fue sustentada por el investigador para todo el proceso de investigación.

### **1.7. Limitaciones**

Se limita este trabajo espacialmente por ser la zona de mayor temperatura en la microcuenca del río Antabamba, (PACC,2010,Pag 74); asimismo, por ser este un lugar geográficamente accidentado, característica de la sierra del Perú, a un campo experimental ubicado en la comunidad de Saraica distrito de Yanaca provincia de Aymaraes de la región de Apurímac.

La investigación se limita temporalmente al periodo de agosto – noviembre del año 2021 debido a que este periodo es seco, evitando así las épocas de lluvia que afectaría al desarrollo del presente trabajo de investigación. La ubicación es una limitante para el trabajo de investigación por la lejanía del campo experimental y la accesibilidad a lugar.

## Capítulo II

### Marco teórico

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

##### 2.1.1. Antecedentes a nivel internacional

Baltazar, M (2014) (tesis de pregrado), Universidad Mayor de San Andrés, La Paz - Bolivia. Planteó como objetivo general el análisis del comportamiento hidráulico relacionado a la uniformidad de aplicación mediante el método de riego por aspersión en la estación experimental de Choquenaira. con una metodología descriptiva y analítica alcanzando los siguientes resultados, de la evaluación de parámetros hidráulicos con valores mínimos de 723.52 l/h para una presión de 14.30 m.c.a hasta valores máximos de 735.80 l/h para una presión de 14.72 m.c.a consiguiendo un radio de mojado de 11 m variando respecto a sus especificaciones técnicas de fabricante, en cuanto a la uniformidad de riego se determinó un coeficiente de uniformidad de 71.25%, coeficiente de variabilidad de 37.47%, uniformidad de distribución del cuarto inferior de 64.62% con una eficiencia de aplicación de 45.55%. concluyendo en que las variables climáticas en la región del altiplano son muy variables.

Lima, M (2015), (tesis de posgrado) Universidad Mayor de Sam Simón, Cochabamba, Bolivia planteo como objetivo general lograr una invasión tecnológica en los sistemas de riego convencional identificando factores que nos permitan la utilización de sistemas de riego tecnificado ,teniendo como ejemplo la evaluación de la comunidad de Flores rancho del municipio de Cliza con una metodología observacional directa concluyendo que existen problemas de sobre explotación, siendo apremiante un correcto uso del agua para no excederse en los volúmenes de demanda, entrando en este afán los sistemas de riego tecnificados.

Mérida, H (2017) (tesis de posgrado) Universidad Rafael Landívar, Quetzaltenango, Guatemala planteo como objetivo general calcular la eficiencia de distribución de agua (ED) del sistema de riego por aspersión de la aldea Quilenco, Chiantla. Con una metodología de diseño cuantitativo - estadístico teniendo resultados de eficiencia de distribución de agua es de 31.39% estadísticamente reflejan alta significancia por lo que podemos decir que el sistema no funciona con una eficiencia de distribución igual o superior al 80%, el coeficiente de uniformidad del sistema es de 57.11 % valor que no es recomendable en un sistema de riego presurizado lo que indica que dicho sistema no funciona adecuadamente. Recomendando establecer programas de investigación básica en temas como determinación de láminas de riego, uso cuantitativo de uso de agua por cultivos, análisis de calidad de agua, contenidos de sólidos en suspensión evapotranspiración, etc.

Callisaya, J. (2018) (tesis de maestría) Universidad Mayor de San Andrés, La Paz - Bolivia tuvo como objetivo general evaluar el sistema de riego por aspersión con aplicación de tres láminas de agua en el cultivo de alfalfa , analizando el diseño agronómico e hidráulico para el cultivo de alfalfa obteniendo resultados en la evaluación de los aspersores Xcel Wobbler y 233B de impacto en la relación caudal – presión se dio un comportamiento distinto a lo indicado por los fabricantes, el aspersor Xcel Wobbler de no impacto tuvo un CU: 85.18% y una Udc<sub>i</sub> 76.20%, eficiencia de aplicación 82.57%, el aspersor 233B de impacto tuvo un CU: 78.11% y Udc<sub>i</sub> 68.98%, eficiencia de aplicación 75.38%. Concluyendo que estos valores pueden influir por factores como el diseño hidráulico, presión, caudal de servicio, topografía y velocidad del viento.

Calero, A. y Pilatasig, E. (2021). (Tesis de pregrado), Universidad Técnica de Cotpaxi Extensión La Mana, La Mana – Ecuador, planteó como objetivo general establecer el diseño

agronómico e hidráulico de un sistema de riego por aspersión en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L) de variedad CCN51 encontrando resultados de frecuencia de riego de 5 días, demanda del cultivo de 1.89 mm/día con una eficiencia de aplicación del 75% se calculó una demanda total de 12.58 mm, que se debería de reponer en cada riego, con un tiempo de 2 horas para el cual es necesario un volumen de 161.05 m<sup>3</sup> para un área de 1.28 ha. El aspersor seleccionado es de tipo impacto con un caudal de operación de 0.21 l/s, una presión de trabajo de 2.5 bar y un diámetro de alcance de 21.5 m. El marco de riego es de 10 m x 10m con lo cual se consigue una intensidad de aplicación de 7.60 mm/h, requiriéndose un tiempo riego del aspersor de 2 horas para compensar la demanda total. El diseño hidráulico se hizo para un área de riego de 1.28 ha dividido en 4 sectores de 0.32 ha, para hacer la aplicación de riego por sector de 2 horas con lo cual se tiene una jornada efectiva de 8 horas. Obteniendo diámetros para las tuberías laterales o porta aspersores de 25 mm para laterales con 3 aspersores y de 32 mm para el funcionamiento de 4 aspersores. Para las tuberías porta laterales el diámetro es de 63 mm para un caudal de 4 l/s. En la tubería principal diámetro de 90 mm para un caudal de 6.72 l/s y una velocidad de 1.17 m/s.

### ***2.1.2. Antecedentes a nivel nacional***

Díaz, C y Pretel, E (2014) (tesis de pregrado) Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo - Perú, planteo como Objetivo general Realizar el diseño Hidráulico y Agronómico para un Sistema de Riego Tecnificado del Sector La Arenita, distrito Paiján –Chicama. Con una Metodología experimental obteniendo los siguientes resultados: El valle Chicama, al similar que en la mayor parte de los valles de la región La Libertad, se identifica por tener un riego no regulado; las condiciones de la infraestructura de riego se encuentran en mal estado (canales principales, secundarios y laterales sin revestir), sin contar con un reservorio y mínima

infraestructura de captación y regulación. En los últimos tiempos, la oferta hídrica disminuye debido a los escasos de lluvia en las cabeceras de cuenca, así como a la precaria infraestructura de riego, los cuales captan sus aguas del río Chicama. recomendando hacer una comparación con otros sistemas de riego tecnificado y determinar el más eficiente y económico.

De La Cruz M, (2015), (Tesis de pregrado), Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho - Perú, planteó como objetivo general estudiar el coeficiente de uniformidad y determinar la eficiencia de aplicación del sistema de riego por aspersión en la comunidad de Pacuri. Con una Metodología experimental obteniendo resultados de 06 pruebas del sistema de riego, se logró encontrar coeficientes de uniformidad de Christiansen que están entre 81.08% y 78.49%, determinando los valores dentro del nivel recomendado, considerándose aceptable la diferencia pudo ser debido al tiempo de riego, velocidad de viento fue levemente superior; estos valores reflejan la BUENA uniformidad a la hora del riego. Llegando a concluir que, al comparar los coeficientes calculados, se verifica que el CU es sensible a los cambios en la distribución de agua de un sistema de riego por aspersión.

Leibniz H, (2017) (tesis de posgrado), Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Puno, Perú, planteó como objetivo general estudiar y diseñar un sistema de riego por aspersión para poder contar con una humedad óptima garantizando el rendimiento adecuado de los cultivos, mejorando la calidad de vida de los propietarios de las parcelas en la comunidad campesina Juan Velasco Alvarado del Distrito de Ñuñoa – Melgar – Puno con una metodología descriptiva obteniendo las dimensiones del sistema de riego; captación de 1.30mx1.30m, con una altura de 1.20m, con un cono de rebose de 4” x 2” con un caudal de 4.00 l/s, se tiene una línea de conducción de PVC de 3” con una longitud de 550m, para conectarse a una cámara de

romper presión de 1.10mx1.00m, con una altura de 1.00m, con un tubo de PVC de rebose de 1” de la cámara rompe presión tenemos una tubería de conducción de PVC de 3” con una longitud de 200m, para conducir el agua hasta el reservorio con las siguientes dimensiones, 3.90mx3.90m con una altura de 1.90m concluyendo la evaluación y diseño presurizado se ha ajustado adecuadamente a las características del terreno.

Takaezu, A. (2017) (Tesis pregrado) Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú, planteó como objetivo lograr una metodología de diseño para la ejecución de un sistema de riego presurizado en las zonas verdes del Campamento Villa Cuajone – Moquegua. Obteniendo resultados de diseño e instalación del sistema de riego por aspersión para 60 viviendas con un área total de 2.705 Ha con rociadores y rotores. Se realizó el diseño hidráulico mediante una plantilla de Excel, donde se utilizó aspersores tipo POP-UP modelo 1804 de ½” para superficies pequeñas (5.4 metros de ancho máximo) y rotores modelo 5004 de ¾” para superficies más grandes (ancho a partir de 8-10 metros) con sus boquillas respectivas El sistema de riego tecnificado para las 60 casas tiene un gasto de 211.5 m<sup>3</sup> por día, frente a los 285.1 m<sup>3</sup> consumidos con el riego convencional. Esto representa un ahorro del 25.8 % del recurso hídrico. Esto, significa el menor consumo de las aguas tratadas por la mina. Se debe de realizar un adecuado mantenimiento y conservación del sistema de riego.

Fernández, E. (2019) (Tesis pregrado) Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima- Perú, planteó como objetivo general presentar un estudio agronómico e hidráulico del sistema de riego tecnificado Pumahuanca, distrito de Urubamba – provincia de Urubamba – Cusco, teniendo como resultados un diseño agronómico, marco de riego, módulo de riego,

eficiencia de aplicación, así como el caudal y presión de trabajo logrando una eficiencia de aplicación de 77.2%, valor aceptable dado que la evaluación fue en una zona agreste con pendientes altas pues no se harán movimiento de tierras para su nivelación. Se debe de educar a los beneficiarios, en el manejo del sistema de riego, con énfasis en los turnos de riego distribución y planificación para cada beneficiario. Así como las horas y periodos de cada riego, pues si no se controlan adecuadamente estos parámetros afectara a la uniformidad de riego.

### ***2.1.3. Antecedentes a nivel regional***

Alarcón, C. et al. (2010) Caracterización agroclimática de la región de Apurímac (trabajo de investigación) Ministerio del Ambiente, programa de adaptación al cambio climático –PACC, Lima, planteó como objetivo general lograr una caracterización agroclimática de los cultivos para la seguridad alimentaria de zonas priorizadas en la región de Apurímac y evaluar el impacto de la variabilidad y cambio climático a través de percepciones locales con una metodología descriptiva se lograron resultados de evaluación agronómica de la microcuenca de Mollebamba (distrito Juan Espinoza Medrano en provincia la Antabamba) las condiciones climáticas y geográficas son regularmente favorables para la producción de trigo cebada la productividad de estos cultivos ha alcanzado un nivel regular y en algunas campañas es muy bajo concluyendo que la microcuenca cuenta con pendientes entre el 9% y 60% por lo que las condiciones agroclimáticas no son aptas para el cultivo de alfalfa este cultivo requiere temperatura de 14 a 17 °c y una precipitación de 700 a 900 mm y una profundidad mayor a 100 cm.

## 2.2. Bases teóricas

(Fuentes, 1999), diseñar un método de riego presurizado es calcular todos los parámetros de riego, con el objetivo de que el agua expulsada en forma de lluvia artificial sea uniforme y eficiente esto se calcula en dos etapas el diseño agronómico donde se evalúa aquellos parámetros relacionados al suelo, clima, cultivo y el diseño hidráulico se encarga de dimensionar las líneas de riego, accesorios:

- **Suelo**, densidad aparente, capacidad de campo, punto de marchites, profundidad radicular y infiltración básica
- **Clima**, evapotranspiración, viento (dirección y velocidad) y causa principal de la distorsión del reparto.
- **Cultivo**, necesidades hídricas, profundidad radicular.
- **Parcela**, medidas, pendiente.
- **Riego**, tiempo de riego, ciclo de riego, se fija de antemano la eficiencia.

### 2.2.1. Diseño agronómico

Cual sea el método de riego, el diseño agronómico será la parte inicial, pues aquí se calcula la demanda hídrica en la temporada de mayor déficit hídrico, así como se obtiene el caudal de diseño que conduciremos hasta los emisores de la lluvia artificial; si no contamos con un adecuado diseño agronómico, se comentarán errores en el dimensionamiento del sistema de riego. (Cabrera, Molina, 2016).

Para (Angeles, 2002) el diseño agronómico es trascendental para todo proyecto de riego, el riego por aspersión no es ajeno. Es donde las fallas tienen consecuencias fatales, pues los

cálculos hidráulicos estarán errados si partimos de las necesidades de agua del cultivo y parámetros agronómicos incorrectos.

Sí deseamos contar con un mejor diseño es vital calcular las demandas hídricas del cultivo con mayor precisión, para tener mayor detalle de las demandas hídricas es necesario conceptualizar tres demandas hídricas para calcular idóneamente los requerimientos de agua del cultivo.

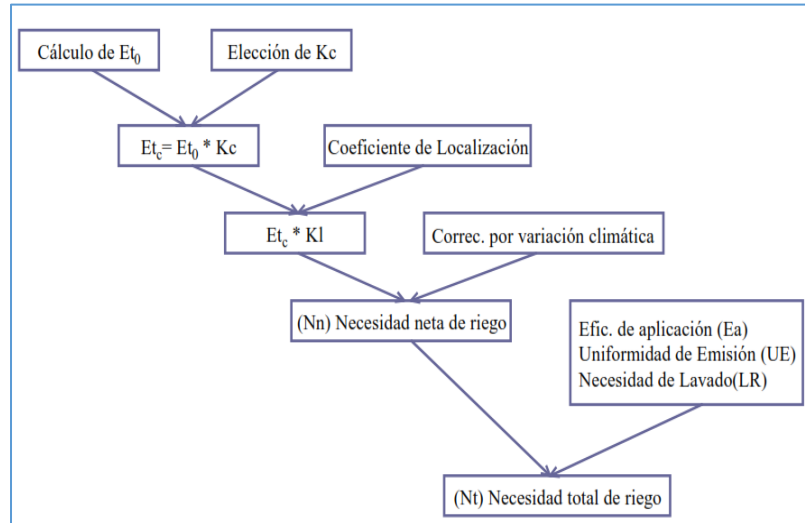
- Demandas hídricas de los cultivos: volumen de agua que un determinado cultivo necesita para su adecuado desarrollo. Comúnmente llamado evapotranspiración.
- Demandas netas de riego de los cultivos, volumen de agua que el sistema de riego debe de aplicar a la zona radicular del cultivo. Hallándose como la diferencia entre la evapotranspiración y precipitación.
- Demandas brutas de riego de los cultivos, cantidad de agua que necesita reponer al cultivo en una parcela. (Martínez, 2004)

#### **2.2.1.1. Necesidades de agua del cultivo**

Existen distintas metodologías para determinar las necesidades de agua de los cultivos, debido a que el cálculo directo del consumo del agua por los cultivos es complejo. La selección de la metodología para la evaluación de las demandas hídricas se elegirá básicamente por el tipo de información disponible que encontremos en el lugar de ejecución del proyecto.

**Figura 1**

Diagrama para el cálculo de demanda hídrica de cultivo.



Fuente: Ángeles, (2002)

#### 2.2.1.1.1. *Evapotranspiración potencial (ETP)*

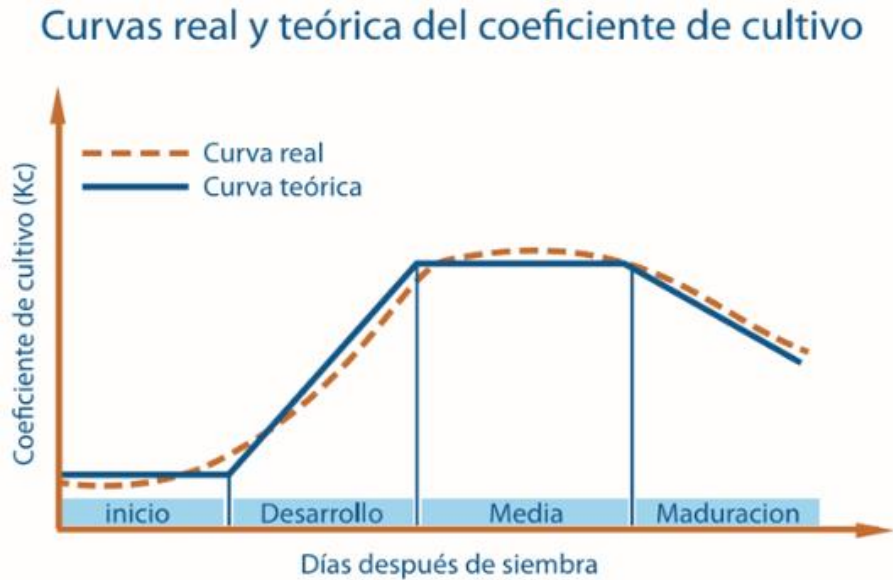
También conocida como evapotranspiración de referencia, es la cantidad de agua máxima que pueda evaporarse en un lugar de referencia con una determinada cobertura vegetal existen diferentes metodologías para poder desarrollar estos parámetros de evaluación mencionamos algunas de ellos: tanque evaporímetro tipo A, Blanney- criddle, Penman-monteith. Hargreaves modificado.

#### 2.2.1.1.2. *Coefficiente de cultivo (Kc)*

“El efecto de la transpiración de las plantas y la evaporación del suelo está integrado en un solo coeficiente denominado coeficiente de cultivo  $k_c$ ” según (Angeles, 2002, pág. 48) para calcular la evapotranspiración de las plantas es necesario tener en cuenta las etapas de crecimiento, el tiempo en que desarrolla cada etapa ( $K_c$ ), el coeficiente del cultivo varia por cada tipo de cultivo, etapa de desarrollo y piso ecológico (FAO).

**Figura 2**

*Coefficiente de cultivo y etapas de desarrollo.*



Fuente: Ángeles, (2002)

**Tabla 1**

*Fases de crecimiento de cultivo.*

Valores de Kc	Etapas de desarrollo	observación
Kc1	inicial	plantación a 10% de cobertura
Kc1-Kc2	desarrollo	de 10% de cobertura a 75% o al máximo consumo de agua,
Kc2	media	época de máximo crecimiento hasta que el consumo de agua comienza a bajar.
Kc2-Kc3	maduración	cuando comienza bajar hasta cuando el consumo de agua llega a ser mínimo

Fuente: Ángeles, (2002)

La tabla 1 muestra las diferentes etapas del kc en relación al crecimiento del cultivo, lo recomendable es contar con un kc para cada cultivo.

### 2.2.1.1.3. *Evapotranspiración del cultivo (ETc)*

Llamada también evapotranspiración real, volumen de agua que necesita un cultivo entre dos riegos consecutivos, está dada por la transpiración del cultivo y la evaporación del agua desde el suelo, está en función a varios parámetros las cuales se asocian al clima, suelo y características del cultivo.

Con el propósito de hacer más sencillo la metodología propuesta por Christiansen, anulando el proceso convectivo en consecuencia el incremento de la ETP, por esta razón para el cálculo de la ETc. se empleará el método de Hargreaves modificado.

#### **Ecuación 1**

*Evapotranspiración del cultivo (ETc).*

$$ETc = ETP * Kc \quad (1)$$

#### **Ecuación 2**

*Radiación solar incidente mensual en su equivalente de evaporación (RSM).*

$$RSM = 0.075(RMM) * S^{1/2} \quad (2)$$

#### **Ecuación 3**

*Evapotranspiración potencial mensual (ETP)*

$$ETP = 0.0075 * RSM * {}^{\circ}F * FA \quad (3)$$

Donde:

ETc.: Evapotranspiración cultivo (mm)

Kc: Coeficiente del cultivo (depende de su desarrollo)

ETP: Evapotranspiración potencial mensual (mm)

0.0075: Constante de interrelación entre ETP y radiación.

RSM: Radiación solar incidente mensual en su equivalente de evaporación (mm/mes).

°F: Temperatura media mensual (°F)

FA: Factor de altura

A la evapotranspiración del cultivo se le hace una serie de correcciones de acuerdo al marco de plantación y la cobertura del cultivo. (Angeles, 2002).

(Angeles, 2002). La planta al margen de aprovechar el agua de riego, también puede aprovechar el agua de las precipitaciones pluviales, nivel freático (capilaridad), el balance de todos estos componentes nos lleva a determinar demanda hídrica total.

#### **2.2.1.1.4. Precipitación confiable o dependiente (PD)**

Para calcular la precipitación dependiente, se necesita hacer un reajuste de la precipitación regionalizada a la zona de estudio, de la siguiente manera:

#### **Ecuación 4**

*Precipitación dependiente al 75% de probabilidad (PD)*

$$PD = -0.6745 .SD + PM \quad (4)$$

Donde:

PD: Precipitación confiable o dependiente al 75% de probabilidad.

0.6745: Valor de la normal para el nivel de persistencia del 75%

SD: Desviación estándar de la serie estudiada para cada mes.

### Ecuación 5

Desviación estándar de la serie estudiada para cada mes (SD).

$$SD = \sqrt{\frac{\sum x^2 - (\sum x)^2/n}{n - 1}} \quad (5)$$

PM = x = Precipitación media mensual en mm.

Es necesario precisar la PD, pues no toda la precipitación es aprovechada por el cultivo, una parte de ella se pierde por la evaporación en la escorrentía generada y infiltración profunda al caer en el terreno.

#### 2.2.1.1.5. Demanda hídrica del cultivo

También conocida como necesidad neta, cantidad de agua que requiere el cultivo en un instante determinado tomando en cuenta las pérdidas y aportes por evapotranspiración y precipitación; se determina mediante la formula:

### Ecuación 6

*Demanda hídrica*

$$Nn = ETc - Pe \quad (6)$$

#### 2.2.1.2. Propiedades físicas y aptitudes hídricas del suelo

##### 2.2.1.2.1. Capacidad de campo (CC)

Es la máxima cantidad de agua expresada en porcentaje (%), que podría conservar el suelo en contra de la fuerza de la gravedad, luego de haberse humedecido en gran proporción y drenado durante 48 a 72 horas. Existen varios métodos para calcular este parámetro, para este trabajo se

consideró la fórmula propuesta por Fuentes, (1999) que emplea una regresión lineal entre el porcentaje de arcilla limo que contiene el suelo.

#### **Ecuación 7**

*Capacidad de campo (CC)*

$$CC = 0.48Ac + 0.162Li + 0.023Ar + 2.62 \quad (7)$$

*Donde;*

CC = Capacidad de campo ( % )

Ac = Contenido de arcilla ( % )

Li = Contenido de limo ( % )

Ar = Contenido de arena ( % )

Pss= Peso seco del suelo

#### **2.2.1.2.2. Punto de marchites permanente (PMP)**

Es la cantidad de agua que se encuentra en el suelo cuando la planta tiende a marchitarse permanentemente, en forma similar a la capacidad de campo existen ecuaciones o métodos propuestos en este trabajo se utilizara la fórmula de Fuentes, (1999) que nos indica.

#### **Ecuación 8**

*Punto de Marchites (PMP)*

$$PMP = 0.302Ac + 0.102Li + 0.0147Ar \quad (8)$$

*Donde;*

PMP = Punto de marchitez permanente ( % )

Ac = Contenido de arcilla ( % )

Li, = Contenido de limo ( % )

Ar = Contenido de arena ( % )

### **2.2.1.2.3. Densidad aparente (*Dap*)**

La densidad aparente se obtiene dividiendo el peso seco del suelo y su volumen con condiciones naturales, se podría indicar que es la masa de suelo seco por unidad de volumen total. (conteniendo todos sus vacíos).

#### **Ecuación 9**

*Densidad aparente (Dap)*

$$Dap = \frac{Pss}{Vt} \quad (9)$$

Donde;

Dap =Densidad aparente ( $g/cm^3$ )

Pss =Peso de suelo seco en gramos (g)

Vt = Volumen total ( $cm^3$ )

### **2.2.1.2.4. Profundidad radicular efectiva**

La profundidad radicular es el tamaño que logra alcanzar las raíces del cultivo en sus diferentes etapas.

### **2.2.1.2.5. Humedad disponible (*HD*)**

Llamada también nivel de agotamiento permisible se refiere al agua aprovechable entre la capacidad de campo y el punto de marchites permanente.

#### **Ecuación 10**

*Humedad disponible (Hd)*

$$HD = CC - PMP \quad (10)$$

### 2.2.1.3. Parámetros agronómicos

#### 2.2.1.3.1. *Lamina neta (Ln)*

Cantidad de agua que se debe aplicar al terreno para elevar su contenido de humedad En el área radicular de cultivo desde un valor menor de fracción de agotamiento hasta lograr que sea igual a la capacidad de campo (Cadena, 2012).

Esta dada por la formula que acontinuacion mencionamos:

#### **Ecuación 11**

*Lamina neta (ln)*

$$Ln = \frac{(CC - PMP)}{100} * Dap * Z * f * 1000 \quad (11)$$

Donde:

CC: Capacidad de campo

PMP: Punto de marchitez permanente

Dap: densidad aparente

Z: profundidad radicular

f: fracción de agotamiento del agua

#### 2.2.1.3.2. *Lamina bruta (Lb)*

La demanda bruta se obtiene mediante la ecuación:

#### **Ecuación 12**

*Lamina bruta (Lb)*

$$Lb = \frac{Ln}{Ea} \quad (12)$$

Donde:

Ln: Lamina neta de riego.

Ea.: Eficiencia de aplicación.

(Fuentes, 2003). La eficiencia de aplicación esta sujeta al modo de aplicar el agua al cultivo, para el caso del riego presurizado la eficiencia de aplicación se encuentra entre el 65 y 85%, considerando un promedio se recomienda un valor de Ea de 75%.

#### **2.2.1.3.3. Dosis de riego por parcela (Drp)**

##### **Ecuación 13**

*Dosis de riego por parcela*

$$Drp = Lb * A \quad (13)$$

#### **2.2.1.3.4. Frecuencia máxima de riego (Fmr).**

Tiempo máximo que debe de transcurrir entre dos riegos consecutivos está determinada por la relación entre la lámina neta (Ln) y evapotranspiración diaria del cultivo (ETc), como se expresa en la ecuación:

##### **Ecuación 14**

*Frecuencia máxima de riego (Fmr).*

$$Fmr = \frac{Ln}{ETc} \quad (14)$$

#### **2.2.1.3.5. Lamina neta ajustada (Lnj).**

La lamina neta ajusta (Lnj), se calcula aplicando la siguiente ecuación:

##### **Ecuación 15**

*Lamina neta ajustada (Lnj).*

$$Lnj = Fr x Ln \quad (15)$$

#### **2.2.1.3.6. Lamina bruta ajustada ( $L_{bj}$ )**

El ajuste de la lámina bruta, se calcula aplicando la siguiente ecuación:

#### **Ecuación 16**

*Lamina bruta ajustada ( $L_{bj}$ ).*

$$L_{bj} = \frac{L_{nj}}{Ea} \quad (16)$$

#### **2.2.1.3.7. Tiempo de riego ( $T_r$ ).**

Horas de riego que debe de tener un cultivo para satisfacer su necesidad y no entrar en estrés hídrico se calcula con la ecuación:

#### **Ecuación 17**

*Tiempo de riego ( $T_r$ ).*

$$T_r = \frac{L_{bj}}{V_i} \quad (17)$$

La relación, antes mencionada, toma en cuenta la velocidad de infiltración básica en el suelo, depende básicamente de la textura del suelo.

#### **2.2.1.3.8. Caudal característico ( $q_c$ ).**

Para hallar el volumen de agua requerido por parcela es vital conocer el caudal característico ( $q_c$ ), para convertir la lámina de riego bruta ajustada ( $L_{bj}$ ) en unidades de gasto (l/s), para la cual se considera la siguiente relación.

### **Ecuación 18**

*Caudal característico*

$$qc = \frac{Lbj}{Fmr} * 0.116 \quad (18)$$

#### **2.2.1.3.9. Volumen total (Vt)**

Volumen de agua necesario para dar cobertura a una determinada área de riego, se calcula mediante la siguiente ecuación:

### **Ecuación 19**

*Volumen total (Vt)*

$$Vt = Lbj * A \quad (19)$$

Donde:

Vt: Volumen total requerido.

Lbj: Lamina bruta o total.

A: Área de riego.

#### **2.2.2. Diseño hidráulico**

Según (Fernandez, 2010, pág. 44) en el diseño hidráulico se calculan las dimensiones de todos los componentes del sistema de riego, de modo que se logre suministrarse el agua al cultivo cual sea su etapa de crecimiento, con una uniformidad adecuada así obtener máximos rendimientos con la menor cantidad de agua; en la presente investigación se utilizó la teoría de redes abiertas mediante la fórmula de hazen – williams.

Hacer que un diseño sea más eficiente, implica que, al margen de las dimensiones del sistema, topografía, cultivo se tenga que garantizar una diferencia de caudal de 10% entre los aspersores

más alegados así mismo la presión no debe de variar de un 20% en estos aspersores. (Jiménez, 2017).

El desarrollo del diseño hidráulico se hace con las unidades del sistema internacional (SI), el caudal (Q) se expresara en l/s,  $m^3/s$ ; velocidad en m/s; diámetro en mm y la presión en bar, mca (Carrazón, 2007).

Además (Fernandez, 2010) afirma que el valor de la uniformidad de aplicación que se utiliza en diseño hay que elegirlo anticipadamente, si optamos por una uniformidad alta se estará optando por un sistema de riego que ahorrará agua y aumentará la producción.

#### **2.2.2.1. Caudal de diseño (Qd)**

Es el producto del módulo de riego por la superficie a regar.

##### ***Ecuación 20***

*Caudal de diseño (Qd)*

$$Qd = Mr * A \quad (20)$$

Mr.: Módulo de riego (l/s/ha)

A: Área (ha)

#### **2.2.2.2. Selección del aspersor**

Los aspersores son de vital importancia, ya que de sus características depende la operación de los mismos, acorde a presiones adecuadas, radio de alcance, caudal y pluviometría, de acuerdo a las especificaciones técnicas de cada aspersor, permitirán precisar de qué manera influyen en el riego presurizado.

#### 2.2.2.2.1. *Espaciamiento entre emisores (Ee) y laterales (El)*

Es la distancia que deberán de tomar los emisores en un lateral de riego, mientras que la distancia de laterales es la separación entre las filas de los aspersores.

#### **Ecuación 21**

*Espaciamiento entre emisores (Ea) y laterales (El).*

$$Ee = (2 - \text{solapamiento}) \times Rm \quad (21)$$

Donde:

Ea = Espaciamiento entre emisores

Rm = Radio mojado

La intensidad de viento, densidad, altura del cultivo y presupuesto precisan el solapamiento entre emisores; El radio de mojado (Rm) es la mitad de diámetro de alcance de cada emisor este, parámetro lo encontramos en las especificaciones técnicas de cada aspersor.

#### 2.2.2.2.2. *Pluviometría o intensidad de aplicación del aspersor (Ia).*

La intensidad de aplicación del aspersor (Ia), se estima en función del aspersor y marco de riego elegido, se calcula mediante la siguiente ecuación:

#### **Ecuación 22**

*Pluviometría o Intensidad de aplicación del aspersor (Ia).*

$$Ia = \frac{\text{caudal del aspersor} \left(\frac{l}{h}\right)}{\text{marco de riego} (m^2)} \quad (22)$$

### 2.2.2.2.3. *Pluviometría del sistema (Ps)*

La pluviometría del sistema nos ayuda a establecer el tiempo de riego, se calcula en base al avance de los emisores.

#### **Ecuación 23**

*Pluviometría del sistema (Ps).*

$$P_s = \frac{L_{bj} (mm)}{Tr (h)} \quad (23)$$

### 2.2.2.2.4. *Número de sectores de riego (Ns)*

Se calculó los sectores de riego necesarios, con la aplicación de la siguiente ecuación:

#### **Ecuación 24**

*Numero de sectores de riego (Ns)*

$$N_s = \frac{JER}{Tr (h)} \quad (24)$$

Donde:

Ns = Número de sectores de riego.

JER = Jornada efectiva de riego (número de horas de riego en un día).

Tr = Tiempo de riego en horas.

### 2.2.2.3. **Parámetros hidráulicos de riego.**

Una vez planteada la línea de distribución principal, porta laterales y laterales en el área a regar se necesita hacer el dimensionamiento del sistema a partir de la cámara de carga hasta aplicar el agua al cultivo.

### **2.2.2.3.1. Topografía**

Es la ciencia que estudia los procedimientos y principios necesarios para conceptualizar una determinada área, con el fin de contar con las medidas horizontales y verticales; contar con una representación gráfica detallada.

### **2.2.2.3.2. Lateral portaaspersores**

En los laterales de riego se encuentra la parte más dinámica del riego presurizado, (Chistiansen) demostró que la presión media al inicio del lateral ( $P_m$ ), se encuentra en un tercio de distancia desde el origen además indica que en este tramo se encuentra el 75% de la pérdida de carga total. para el cálculo del lateral hacemos coincidir la presión media a la entrada del lateral con la presión nominal del aspersor.

### **2.2.2.3.3. Tubería lateral en posición horizontal**

En esta condición, la pérdida de presión admisible ( $h_f$ ) debida a fricción en la línea lateral deberá ser igual o menor al 20% del promedio de la presión de operación asumida para los aspersores ( $P_a$ ).

#### **Ecuación 25**

*Pérdida de presión admisible-tub, horizontal ( $h_f$ ).*

$$h_f \leq 0.20 P_a \quad (25)$$

Donde:

$h_f$  = Pérdida de presión por fricción ( $\text{Kg}/\text{cm}^2$ , m).

$P_a$  = Presión media de operación del aspersor ( $\text{Kg}/\text{cm}^2$ , m)

Si deseamos calcular la presión de operación del lateral ( $P_m$ ), tendremos que considerar la fuerza necesaria para subir el agua a través de los porta aspersores ( $P_r$ ).

**Ecuación 26**

*Presión necesaria a la entrada del lateral -tub. Horizontal*

$$P_m = P_a + \frac{3}{4h} + P_r \quad (26)$$

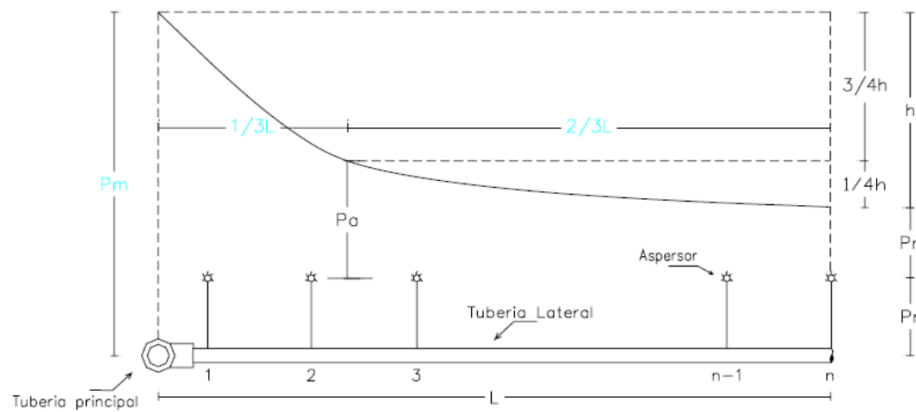
Donde:

$P_m$  = Requerimiento de presión a la entrada del lateral ( $\text{Kg}/\text{cm}^2$ , m).

$P_r$  = Presión requerida en el tubo elevador ( $\text{Kg}/\text{cm}^2$ , m).

**Figura 3**

*Tubería lateral en posición horizontal.*



✓ Tubería lateral inclinada hacia arriba.

Christiansen: La pérdida en presión admisible, debido a fricción ( $h_f$ ) es igual o menor al 20% de la presión media de operación del aspersor ( $P_a$ ), menos la presión requerida para someter la elevación de la tubería ( $P_e$ ).

**Ecuación 27**

*Pérdida de presión admisible (hf)-tub. Inclínada hacia arriba*

$$hf \leq 0.20 Pa - Pe \quad (27)$$

Donde:

Pe = Presión requerida para vencer el desnivel del terreno ( $\text{Kg/cm}^2$ , m).

Para determinar la presión necesaria en el lateral, se hace uso de la siguiente fórmula:

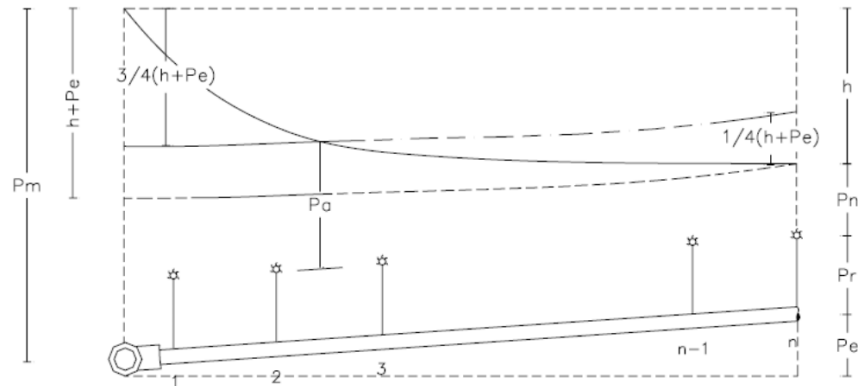
**Ecuación 28**

*Presión necesaria en la entrada del lateral- tub. Inclínada hacia arriba*

$$Pm = Pa + 3/4(h + Pe) + Pr \quad (28)$$

**Figura 4**

*Tubería lateral inclinada hacia arriba.*



✓ Tubería lateral inclinada hacia abajo.

De acuerdo a Christiansen (1942), citado por Luza, D. (2006): La pérdida admisible en presión debida a fricción (hf) es igual o menor al 20% de la presión media de operación del aspersor ( $P_a$ ), sumando la presión generada por el desnivel entre las líneas de riego.

**Ecuación 29**

*Perdida admisible de preson-tub, inclinada hacia abajo.*

$$hf \leq 0.20Pa + Pe \tag{29}$$

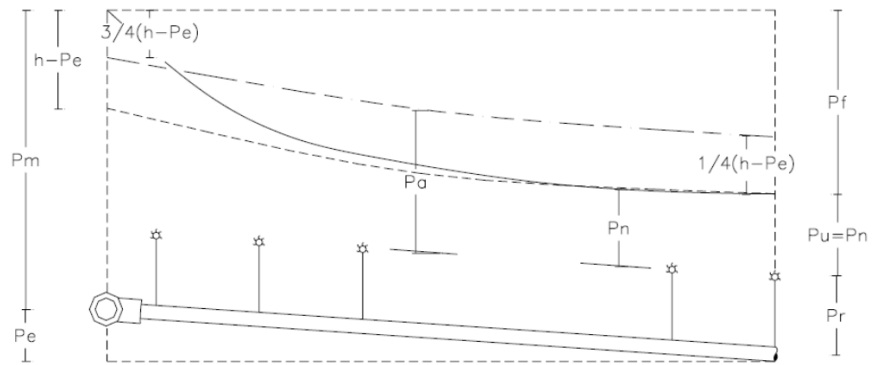
**Ecuación 30**

*Presión necearía en el lateral-tub. Inclinada hacia abajo.*

$$Pm = Pa + 3/4(h - Pe) + Pr \tag{30}$$

**Figura 5**

*Tubería lateral inclinada hacia abajo*



**2.2.2.3.4. diámetro de la tubería**

La elección del diámetro a utilizar en las instalaciones de riego se hace en base a cuatro componentes hidráulicos como son diámetro (D), pérdida de carga(hf), velocidad de flujo(V) y caudal (Q) evaluadas por las ecuaciones para tuberías como son la ecuación de continuidad, fórmula de Hazen – Williams o Darcy, Velocidad de flujo en tuberías.

**Ecuación 31**

*Diámetro de tubería*

$$Dc = \left( \frac{Qd}{0.0004264 * C * S^{0.54}} \right)^{\frac{1}{2.63}} \tag{31}$$

- Velocidad de flujo (V).

la velocidad máxima permitida en las líneas de riego es de 3 m/s excepcionalmente hasta 5 m/s, superándolas se generan vibraciones en las tuberías, la velocidad mínima permitida es de 0.6 m/s inferiores a estas generan sedimentación, cabe recordar que están en función la presión atmosférica, carga hidrostática, rugosidad y diámetro.

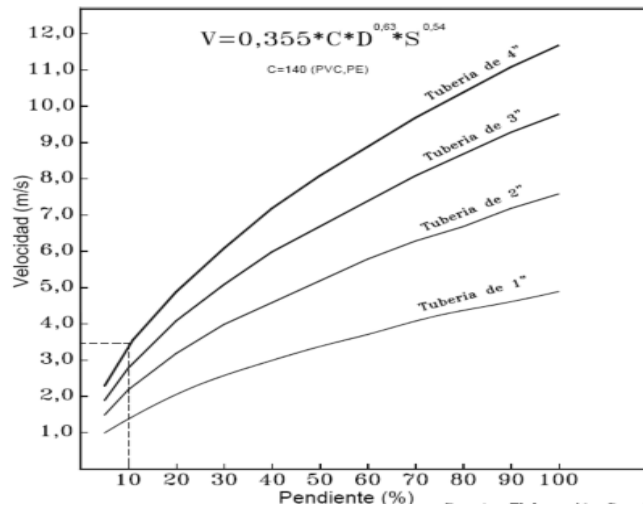
### Ecuación 32

Velocidad de flujo (V)

$$V = 1.9735 * \frac{Qd}{Da^2} \quad (32)$$

### Figura 6

Variación en la velocidad en tuberías (PVC) en función a la pendiente según Hazen Williams



Cuando el agua está circulando por las tuberías y pasando por los distintos accesorios del sistema estas reducen la presión inicial debido al rozamiento.(Fernandez, 2010)

- Pérdida de carga por fricción (hf).

Pérdida generada por la fricción entre el agua y la superficie interior de la tubería, la razón radica en la disminución de la conservación de la energía, se acepta que esta pérdida sea uniforme en cualquier tramo de una tubería de una misma dimensión, al margen de la ubicación y posición de la tubería, la práctica indica que las pérdidas de carga entre 3 y 12 m representan una base apropiada para iniciar el diseño. Se determina mediante las ecuaciones propuestas por Hazen – Williams y Darcy Formulas que se aplicaban a cualquier conducto y material cuyo rango van desde 2” a 140”

### Ecuación 33

*Perdida de carga por fricción*

$$H_f = \left( \frac{Qd}{0.0004264 * C * Da^2} \right)^{0.54} * \frac{Lr}{1000} \quad (33)$$

- Pérdida de carga secundarias (hs).

Causada por los accesorios necesarios para el funcionamiento del sistema como pueden ser: filtros, válvulas, codos, tes, etc., que perturban el flujo laminar, por lo general, no es tomado en cuenta comparado con la pérdida de fricción. Las pérdidas comunes son del 10 y 20% con respecto a la pérdida por fricción.

#### 2.2.2.3.5. *Carga o altura dinámica total (Po).*

Es la energía total del agua acumulada en las tuberías (mca), que es necesario par el correcto funcionamiento de los aspersores.

### Ecuación 34

*Carga o altura dinámica total*

$$P_o = Desn - H_f \quad (34)$$

### **2.2.3. Evaluación de riego presurizado**

Serrano (2014), indica que la evaluación del riego presurizado, cual sea el método aplicado es un proceso que engloba distintos parámetros de evaluación como son el manejo y calidad comprometidos en el riego.

Delgadillo, (2011) y Tarjuelo (1999), mencionan la gran significancia que tiene la evaluación en campo para estimar la eficiencia y uniformidad del método de riego, para poder realizar las modificaciones necesarias y conseguir las mejoras del sistema de riego.

Contar con datos para la conceptualización de otros métodos, así como para compatibilizar con distintos métodos y contar con mejores decisiones económicas.

De la misma forma, la evaluación permite establecer un ajuste de los datos obtenidos a una función de distribución estadística, mediante la cual se pueden obtener los parámetros de comportamiento en base a los datos obtenidos (Serrano, 2014), así como establecer los criterios de elección del sistema más adecuado a las condiciones de cada zona regable (Tarjuelo, 2005).

#### **2.2.3.1. Factores que afectan la eficiencia en riego presurizado**

##### **2.2.3.1.1. Distribución del agua sobre el suelo**

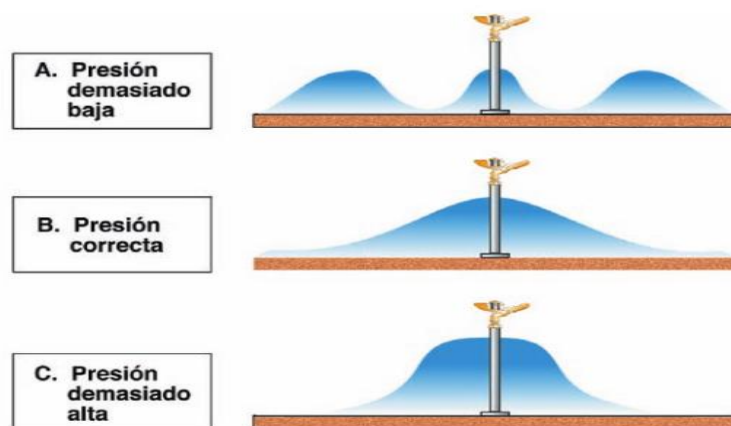
En cuanto al modelo de distribución del agua Tajuelo (1999) nos indica que la presión afecta de tal forma que cuando disminuye en gran medida, las gotas amplían de tamaño la distribución se vuelve poco uniforme. Cuando ocurre lo contrario es decir las gotas son muy finas a causa de una presión alta el agua se desmenuza en gotas demasiado pequeñas y no tienen el alcance necesario.

Un emisor no puede dar lugar a un riego uniforme sobre todo el radio de alcance, lo común es que la lámina de agua aplicada en un riego sea mayor cerca del emisor, para hacer que la

aplicación del agua sea más uniforme se tendrá que tener traslapes adecuados, para que sus radios de mojado se superpongan, como premisa para aspersores de impacto se considera que una buena uniformidad se lograra cuando haya una superposición cerca del 60% del diámetro del círculo mojado por cada unidad, la uniformidad puede ser mejorada con un reparto de aspersores a menor distancia esto conllevaría a tasas de aplicación más elevadas y mayor cantidad de aspersores.

**Figura 7**

*Emanación de agua a presión generada por un emisor de impacto, Fernández, 2010*



### **2.2.3.1.2. Acción del viento**

Principal factor que afecta la distribución del agua de manera que a mayor velocidad de viento mayor la distorsión del chorro de agua es, por eso, que se hace necesario conocer los vientos más fuertes del entorno de riego a la hora de elegir el marco de riego (Fernandez, 2010),

El viento es causante de una deformación del patrón de humedecimiento es por esta razón la conveniencia de comprimir la distancia entre aspersores para lograr así un humedecimiento correcto, la velocidad de viento se acrecienta con la altura, por lo que la altura del aspersor debe

de situarse en relación directa a la altura del cultivo a regar, el viento también afecta en la selección del ángulo de descarga de los aspersores que en su mayoría son de 25° a 27° en lugar de los 45° que sería el ángulo ideal en ausencia del viento. INIA-CARILLANCA (2001).

El INIA – CARILLANCA (2001), señala que en general, velocidades de vientos superiores a 2,5 m/s no es recomendable para el riego por aspersión; mientras que velocidades entre 1 a 2,5 m/s es poco recomendable, siendo óptimo las velocidades inferiores a un metro por segundo.

Keller (1990) mantiene que las pérdidas por evaporación y arrastre varían entre 5 y 10% en condiciones normales.

#### **2.2.3.1.3. *Pendiente del terreno.***

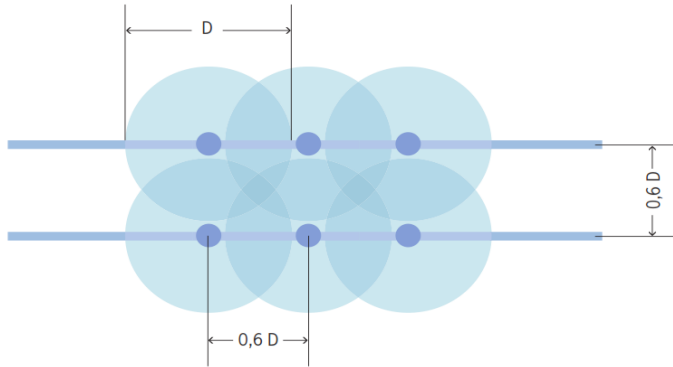
La pendiente del terreno es una limitante para el riego por aspersión ya que en pendientes pronunciadas la uniformidad de distribución varía, el radio de mojado tendrá una distorsión más amplia por lo tanto también formará una causante de la distorsión de la humedad lo que es una de las pretensiones de este trabajo de investigación ver el comportamiento de los emisores bajo esta condición.

#### **2.2.3.1.4. *Marcos de riego***

Para lograr una adecuada uniformidad de aplicación de agua proporcionada por los aspersores es necesario que exista un solape de las superficies regadas por los aspersores, por esta razón la elección del marco de riego es fundamental, los marcos de riego más conocidos son cuadrado real, rectángulo, triángulo o tresbolillos los siguientes valores de espacios entre los ramales y emisores son los recomendados. (Fernandez, 2010)

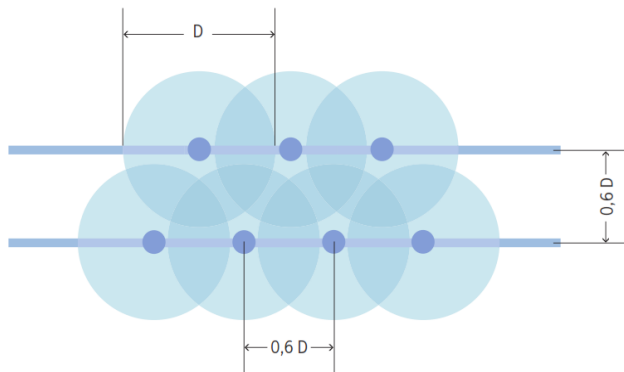
**Figura 8**

*Espaciamiento recomendado entre emisores y ramales en un marco cuadrado.*



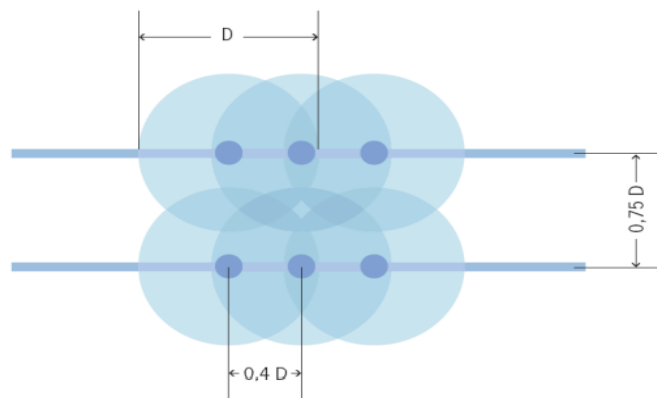
**Figura 9**

*Espaciamiento recomendado entre emisores y ramales en un marco triangular.*



**Figura 10**

*Espaciamiento recomendado entre emisores y ramales en un marco rectangular.*



### **2.2.3.2. Eficiencia de aplicación**

Delgadillo, (2011) y Tarjuelo (1999), la evaluación en parcela es importante para conocer la eficiencia y uniformidad del método de riego, señalar los cambios realizables y mejoras a las prácticas actuales de riego, obtener información para el diseño de otros métodos y para comparar varios métodos.

De la misma forma, la evaluación admite establecer un ajuste de los datos logrados en función de una distribución estadística, mediante la cual se pueden obtener los parámetros de comportamiento en base a la uniformidad de riego Serrano, (2014), así como instaurar los criterios de elección del sistema más adecuado a las características de cada zona (Tarjuelo, 2005).

Serrano (2014) señala que valores altos de eficiencia o uniformidad no implican necesariamente un buen manejo del riego, un valor alto puede bajo ciertas circunstancias estar asociado a un riego insatisfactorio, por lo cual para describir el comportamiento es necesario considerar la comparación de un número suficiente de parámetros para la toma de decisiones (Luza, 2006)

Delgadillo (2011), indica que el riego en la parcela y su manejo requieren ser medidos para determinar la eficiencia potencial de cómo ha sido diseñada y la eficiencia real que es obtenida con el manejo actual. Realizar e interpretar las mediciones requiere de un minucioso estudio.

Para que todas las comparaciones tengan una base común, los parámetros de desempeño (eficiencia de aplicación potencial, la eficiencia de aplicación real y la uniformidad de distribución) están basados en la lámina promedio de agua infiltrada o almacenada en la cuarta parte del área que recibe la menor cantidad de agua. El concepto del cuarto inferior (CI) fue

desarrollado por el USDA, Servicio de Conservación del Suelo, y es recomendado como el estándar para comparar condiciones alternativas. en estudios de uniformidad, sobre todo en riego por aspersión, el Coeficiente de Uniformidad de Christiansen puede ser usado (Merriam, 1983). (Tarjuelo, 1999). indica que es relación entre la cantidad de agua aplicada sobre el área a regar y la cantidad de agua aprovechable por el cultivo.

### **Ecuación 35**

*Eficiencia de aplicación (Ea)*

$$Ea = EDa * Pe * Pd \quad (35)$$

#### **2.2.3.2.1. Coeficiente de uniformidad (CU)**

Coeficiente con alto valor de aceptación para evaluar la uniformidad de riego presurizado desarrollado por Christiansen (1942), expresado en porcentaje.

Según Keller y Bliesner citados por Serrano (2014), dentro las relaciones entre CU y UDci, se recomiendan valores de: UD < 60% (CU > 75%) considerados bajos para cultivos extensos, así como para forrajeras; y UD > 75% (CU > 84%) para cultivos de alto valor, estos últimos son logrados por Tarjuelo (1999), en condiciones de viento menores a 2 m/s.

La uniformidad de aplicación de agua se ve afecta en menor o mayor medida por una de las siguientes razones Solomon (1985),

- Obstrucciones
- Número de emisores de lo que recibe agua cada planta.
- Coeficiente de variación de fabricación del emisor.

- Exponente de descarga del emisor.
- Sensibilidad del emisor a la temperatura.
- Variaciones de presiones.
- Coeficiente de variación de fabricación de los reguladores de presión.
- Relación entre la pérdida de carga que se produce en la terciaria y el lateral.
- Número de diferentes diámetros que componen la terciaria.

A medida que el número de emisores aumente la uniformidad crecerá. Esto implica un aumento de la cantidad de agua aplicada, ya que las plantas que reciben menos agua, pasarán a recibir la suficiente, consecuentemente aumentara la dosis de riego y gran parte de las demás plantas recibirán un exceso de agua que se perderá.

#### **Ecuación 36**

*Coefficiente de uniformidad de (CU)*

$$CU = 100 \left[ 1 - \frac{\sum_1^n |x_i - \bar{x}|}{nx} \right] \quad (36)$$

Donde:

$|x_i - \bar{x}|$  Representa el valor absoluto, las desviaciones con relación a la media  $\bar{x}$  del agua captada por n pluviómetros.

El coeficiente de uniformidad definido por Chirstiansen es semejante a la comparación de pluviometría media con la media de la mitad de valores más bajos:

### Ecuación 37

*Coefficiente de uniformidad media (CU)*

$$CU_D = \frac{q_{50\%}}{q_a} * 100 \quad (37)$$

Donde:

$q_{50\%}$  = es la media del 50% de valores más bajos de todos los obtenidos.

$q_a$  = es la media total (Estadísticamente puede probarse).

### Ecuación 38

*Coefficiente de uniformidad (estadísticamente comprobada).*

$$CU_D = 100(1 - 0.798 \frac{\sigma}{q_a}) \quad (38)$$

Actualmente es más aceptable el coeficiente de uniformidad que mide el 25% de los valores más bajos con la media total, pues esta forma de evaluación es más precisa, con el objetivo de mejorar la uniformidad riego preocupan los cultivos que reciban menor cantidad de agua.

#### 2.2.3.2.2. *Uniformidad de distribución (UD)*

Según Serrano (2014), en la actualidad la expresión más utilizada de la UD es la uniformidad de distribución en el cuarto inferior (UDci), la cual contrasta la lámina promedio de agua de riego infiltrada (o recogida) en el cuarto inferior y la lámina promedio de agua de riego infiltrada (o recogida); En ocasiones la UDci, se utiliza como sinónimo de rendimiento de aplicación (Ra), considerando que no existan pérdidas por escorrentía ni evaporación.

### Ecuación 39

*Uniformidad de distribución (UD).*

$$UD = 100 * \frac{q_{25\%}}{q_a} \quad (39)$$

Donde:

$q_{25\%}$  = es la media del 25% de observaciones de valor más bajo.

$q_a$  = es la media de todos los valores.

En el riego por aspersión,  $q_{25\%}$  es la media del 25% de los volúmenes más bajos de agua en un tiempo determinado que recibe el cultivo,  $q_a$  es la media de todos los volúmenes que recibe cada planta, considerando todos los parámetros que inciden en la uniformidad de riego, considerando que la temperatura, y las obstrucciones estén a favor de la uniformidad, restan como las más importantes causas de la variación del caudal de los emisores el diseño hidráulico, variabilidad de fabricación y diferencias de presión.

#### 2.2.3.2.3. *Coefficiente de variación (CV)*

Basado en el estadístico varianza de la población, Asimismo, se midió el caudal (l/min) para el aspersor VYR 60, la presión de funcionamiento (bar) por aspersor y ramal, la dirección y velocidad del viento (m/s) y el diámetro de mojado generado (m).

#### 2.2.3.2.4. *Eficiencia de distribución en aplicación (Eda)*

Determinado para un cierto porcentaje (f) de área adecuadamente regada por los aspersores de cada prueba, para esto se empleó la relación desarrollada por R.G. (Allen, 1987).

#### **Ecuación 40**

*Eficiencia de distribución en aplicación (Eda)*

$$EDa = 100 + (606 - 24.9 * f + 0.349 * f^2 - 0.00186 * f^3 * [1 - \frac{CU}{100}]) \quad (40)$$

Donde “f” es la fracción de la superficie adecuadamente regada, se expresa en %, es recomendable que este entre los valores de mayor o igual al 80%, para favorecer una adecuada distribución en el reparto de agua.

#### 2.2.3.2.5. *Proporción efectiva de agua que llega al suelo (Pe)*

La evaporación y el efecto del viento afectan negativamente a la lluvia artificial generada por los aspersores. Una estimación de la proporción efectiva del agua descargada por los aspersores que llega al suelo, en función a la evapotranspiración potencial (ETP), índice de tamaño de gotas (IG) y velocidad del viento (V), fue calculado mediante la siguiente fórmula desarrollada por Fisher y Allen en 1988.

#### *Ecuación 41*

*Proporción efectiva de agua que llega al suelo (Pe),*

$$Pe = 0.976 + 0.005 + ETP - 0.00017 * ETP^2 + 0.0012 + V + IG * (0.00043 * ETP + 0.00018 * V + 0.000016 * ETP * V) \quad (41)$$

Donde:

Pe = Proporción efectiva del agua emitida por los aspersores que llega al suelo.

ETP = Evaporación potencial, (mm/día).

V = Velocidad del viento, (km /h).

IG =  $0.032 P^{1.3}/B$ , índice de grosor de gota.

P = Presión de funcionamiento de la boquilla (kPa).

B = Diámetro de boquilla (mm).

la ecuación 41 aplica para  $7 < IG < 17$  Si  $IG < 7$  (gota gruesa), tomar  $IG=7$ , y si  $IG > 17$  (gota fina), tomar  $IG=17$ . Es recomendable que el índice de grosor (IG), esté entre 7 y 17. Valores

inferiores a 7 indican gotas muy gruesas, y valores mayores que 17 indican gotas muy finas. La uniformidad de riego puede verse disminuida con tamaños de gotas excesivos, se justifican valores de IG menores a 7 en condiciones de vientos fuertes de 4.5 m/s hasta 16 km/h

#### **2.2.3.2.6. Pérdidas por fugas en conducciones ( $P_d$ )**

Se observó las pérdidas de agua para riego por fugas, en sistemas con un adecuado mantenimiento, estas pérdidas pueden ser menores del 1% del caudal transportado, en cuyo caso la proporción entre el agua que descargan los aspersores y captada estará entre  $0,99 < P_d < 1,0$ . En instalaciones con un mantenimiento insuficiente, estas pérdidas pueden superar el 10% ( $P_d = 0,90$ ), presentándose principalmente en los tubos porta aspersores y en los acoples.

### **2.3. Marco conceptual**

**Aspersor:** Son elementos que producen la lluvia artificial a consecuencia de suministrarle agua a presión, cuenta con una o más boquillas, el alcance y uniformidad dependen del tipo de aspersor (Fernandez, 2010).

**Caudal (l/s):** Cantidad de agua que pasa por una determinada sección por unidad de tiempo; fue determinado para conocer el volumen (L) de agua que pasa por una sección transversal conocida, en un tiempo determinado (segundos). (Callisaya, 2018)

**Caudal de diseño:** Cantidad de agua para regar una determinada área (Luza, 2006).

**Coefficiente de uniformidad de Christiansen:** Parámetro que mide la uniformidad de agua que llega al área de riego (Delgadillo, 2011).

**Deficiencia de humedad del suelo (DHS):** diferencia entre la cantidad de agua que se encuentra en el suelo y la cantidad de humedad que pueda retener el suelo cuando se encuentra a capacidad de campo en un tiempo específico (Fuentes, 1999).

**Diseño agronómico:** inicio de todo sistema de riego en función los condicionantes del medio (agua, suelo, cultivo, clima, parcela, etc.) con el propósito de determinar la demanda hídrica (lámina de riego, intervalo de riego, tiempo de riego, etc.) (Angeles, 2002).

**Diseño hidráulico:** El diseño hidráulico son todos aquellos cálculos para el dimensionamiento del sistema, para que se apliquen las condiciones de presión y caudal disponibles. De forma que al aspersor llegue el agua a la presión nominal y caudal nominal adecuada, buscando una solución económica dentro de los estándares de calidad. (Moya, 2009).

**Eficiencia de aplicación:** La eficiencia de aplicación se define como la relación entre la cantidad de agua almacenado en la zona redicular del cultivo para su adecuado rendimiento y la cantidad total de agua aplicada en otra palabra la eficiencia de riego es el porcentaje de agua aprovechado por la planta. (Fernandez, 2010).

**Indicadores de comportamiento:** Indica que la evaluación de un sistema de riego, cualquiera sea el método aplicado, es un proceso de gran significancia para conocer los parámetros de manejo y calidad implicados en la aplicación de agua. Serrano (2014),

**Método de riego:** Es común referirse al riego en el terreno utilizando dos términos, métodos de riego y sistemas de riego; a veces, como sinónimos. Por tanto, se entiende por método de riego al conjunto de aspectos que caracterizan el modo de aplicar el agua a las parcelas regadas y se entiende por sistema de riego al conjunto de equipamientos y técnicas que proporcionan esa aplicación siguiendo un método dado. En estas condiciones, los sistemas de riego tienen obligatoriamente que ser tratados cuando se habla de los métodos. El término sistemas de riego es también utilizado para referir el conjunto de equipamientos y técnicas de gestión que aseguren la captación del agua, su almacenamiento, transporte y distribución. (Tarjuelo 1999)

**Demanda de agua del cultivo:** también conocidas como necesidad neta es el requerimiento hídrico que demanda un determinado cultivo en un tiempo fijo están en función a la evapotranspiración y precipitaciones pluviales, así como a la dimensión del sistema redicular del cultivo. (Fuentes, 1999)

**Parámetros agronómicos de riego:** Una vez conocidas las necesidades de agua del cultivo se determinan los parámetros de riego, es decir, el tiempo, dosis, caudal necesario para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo (Fuentes, 1999).

**Pérdidas por evaporación y arrastre:** Factores que producen la disminución de la eficiencia de riego puesto que afecta significativamente a la aplicación del agua sobre el área de riego producidos por la evaporación y distorsión de las gotas debido a las condiciones climáticas. (Fernandez, 2010)

**Pluviometría del aspersor:** Cantidad de lluvia artificial que produce el aspersor por unidad de tiempo. La misma que se determinará en función a la posición de avance del aspersor (Fernandez, 2010).

**Riego presurizado:** El riego presurizado es un método por el cual se transporta el agua a presión hasta la superficie donde se aplica un similar a la lluvia (Ede, 1964), con este método se aplica el agua en forma de chorro de agua pulverizada (lluvia) utilizando dispositivos de emisión llamados aspersores, el agua llega a los aspersores a través de tuberías y/o mangueras a una presión determinada. (Fernández, 2010)

**Uniformidad de aplicación:** se entiende por uniformada de aplicación al hecho de que el agua pulverizada en forma de lluvia mediante los aspersores caiga de manera similar en todos los puntos del área regada. Una buena uniformidad garantiza que todas las plantas estén bien regadas. Adena (2009)

**Uniformidad de distribución:** Es la proporción entre la lámina promedio de agua de riego infiltrada (o recogida) en el cuarto inferior y la lámina promedio de agua de riego infiltrada (o recogida), expresado como un porcentaje; es una manera adecuada para cuantificar la uniformidad de aplicación para sistemas de riego, Merriam y Keller citados por Tarjuelo (2005),

**Presión (Bar):** fuerza que ejerce el agua sobre cualquier objeto que esté en contacto con este fluido. En el caso de los sistemas de riego, especialmente nos interesa la presión que ejerce el agua sobre las paredes de las líneas que la conducen. Las unidades de medida son bar, mca. (Callisaya, 2018)

**Pluviómetros:** Instrumento de medición de la altura de agua de las precipitaciones (Carlos D, 2006) en el presente trabajo se refiere a la medición de la lluvia artificial generada por los aspersores

**Convectivo:** transferencia de calor mediante la circulación o desplazamiento de las partes calentadas del agua (Fernández, 2010).

**VYR 60:** es un aspersor agrícola sectorial, fabricado en latón y que cuenta con dos referencias de conexión 3/4" macho y hembra. Su eje y muelles están fabricados en acero inoxidable, y sus juntas tóricas y arandelas en acero inoxidable (Vyrsa)

## Capítulo III

### Metodología de investigación

#### 3.1. Hipótesis

##### 3.1.1. *Hipótesis general*

La aplicación del aspersor VYR 60 influye en el método de riego presurizado en la comunidad de Saraica, distrito de Yanaca, provincia de Aymaraes, región de Apurímac-2020 (**hipótesis nula**) Ho: La aplicación del aspersor VYR 60 no influye en el método de riego presurizado en la comunidad de Saraica, distrito de Yanaca, provincia de Aymaraes, región de Apurímac-2020.

(**hipótesis alternativa**) H1: La aplicación del aspersor VYR 60 influye en el método de riego presurizado en la comunidad de Saraica, distrito de Yanaca, provincia de Aymaraes, región de Apurímac-2020.

##### 3.1.2. *Hipótesis específicas:*

**Hipótesis específicas 1:** La eficiencia de aplicación del aspersor VYR 60 influye en diseño agronómico.

Hi: La eficiencia de aplicación del aspersor VYR 60 no influye en diseño agronómico

H0: La eficiencia de aplicación del aspersor VYR 60 influye en diseño agronómico

**Hipótesis específicas 2:** La eficiencia de aplicación del aspersor VYR 60 influye en diseño hidráulico.

Hi: La eficiencia de aplicación del aspersor VYR 60 no influye en diseño hidráulico

H0: La eficiencia de aplicación del aspersor VYR 60 influye en el diseño hidráulico

### **3.2. Método**

Del griego *metá* y *odós*, paso para llegar a un resultado. Es un procedimiento lógico para lograr la organización de conocimientos (Moran, 2010). El método de la presente investigación es deductivo-observacional por que se tiene un proceso lógico para llegar a determinar la eficiencia de aplicación y observacional porque se experimentara en campo.

#### **3.2.1. Enfoque**

Cuantitativo, el termino cuantitativo (del latín “*quantitas*”) se vincula a lo numéricamente demostrable, es un conjunto de pasos que debemos de seguir de manera secuencial para confirmar o negar ciertas hipótesis, es apropiada cuando deseamos conocer las magnitudes de los fenómenos (Sampieri R. H., 2018, pág. 6). La investigación es cuantitativa porque se pretende determinar la eficiencia de aplicación del aspersor VYR 60 bajo ciertas condiciones de funcionamiento.

### **3.3. Tipo de investigación**

#### **3.3.1. Tipo de investigación**

Descriptiva, se describen características de la población o fenómeno en estudio. Este tipo de Investigación responde a las preguntas: quién, qué, dónde, cuándo y cómo. En la presente investigación se evaluará la eficiencia de aplicación del aspersor VYR 60; según Dr. Marroquín Peña Roberto “Un estudio de esta índole emplea datos recolectados para demostrar una hipótesis, midiendo números y datos estadísticos para probar las teorías”.

### **3.4. Nivel o alcance de la investigación**

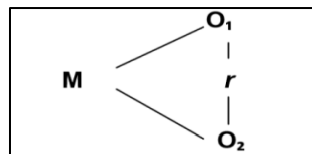
**Descriptivo:** en este nivel de estudio se hacen las descripciones de ciertas situaciones y eventos, indicar de cómo y cuándo se manifiesta un determinado fenómeno. Los estudios

descriptivos buscan explicar las propiedades importantes, Desde el punto de vista científico, describir es medir con la mayor precisión posible, la investigación es descriptiva por que se tendrá una medida más real de la eficiencia de aplicación del aspersor VYR 60 y ver como esta modifica el diseño agronómico e hidráulico

### 3.5. Diseño de la investigación

**Diseño correlacional.** Se explora los efectos de las variables, asumiendo que en la variable independiente se ha producido un cambio, indicando el efecto producido sobre la variable dependiente. (Sampieri, 2014), la investigación es correlacional porque cuantificaremos la eficiencia de riego bajo condiciones de funcionamiento reales del aspersor VYR 60 con la finalidad de indicar los efectos en el diseño agronómico e hidráulico del método de riego presurizado.

Tipología:



Donde:

- M = Muestra: Aspersor VYR 60
- O<sub>1</sub> = Variable 1: Eficiencia de aplicación
- O<sub>2</sub> = Variable 2: Método de riego presurizado
- r = Relación de las variables de estudio.

### 3.6. Operacionalización de variable

**Tabla 2**

*Matriz de operacionalización*

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento
Variable independiente:					
<b>Eficiencia de aplicación</b>	Se define como la relación expresada en porcentaje entre volumen de agua aplicada por el riego que es útil a la planta o el volumen de agua almacenada en la zona de raíces entre el volumen total aplicado (Jiménez, 2003)	Los parámetros de desempeño (eficiencia de aplicación, Coeficiente de uniformidad de Chistiansen, uniformidad de distribución, Eficiencia de distribución) están basados en la lámina promedio de agua infiltrada o almacenada en la cuarta parte del área que recibe la menor cantidad de agua. (Jiménez y Delgadillo, 2006),	Eficiencia de aplicación	Coeficiente de uniformidad de Chistiansen (CU) Uniformidad de distribución (UD) Eficiencia de distribución (EDa) Perdida por evaporación y arrastre por el viento (Pe)  perdidas por fugas en conducción (Pd)	Formato para el cálculo de pluviometría propuesto por Juan C. Callisaya Catari en su tesis de Master of Science de “Aplicación de tres laminas de agua con riego por aspersión en el cultivo de alfalfa en la estación experimental de Choquenaira –la Paz” Bolivia, 2018. (Anexo N°14)
Variable dependiente					
<b>Método de riego presurizado</b>	Conjunto de aspectos que describen el modo de aplicar el agua a las parcelas de riego, utilizando para ello una red de riego que permite conducir el agua con la presión necesaria hasta, los aspersores (Fernández, 2010)	El diseño Se hace en dos etapas: el diseño agronómico se consideran aquellos aspectos relacionados con el medio (suelos, clima, cultivo, etc.), y en el diseño hidráulico se dimensiona la red de distribución (Fuentes, 1998)	Diseño agronómico	Necesidades de agua del cultivo Propiedades físicas y aptitudes hídricas del suelo  Parámetros agronómicos de riego	Metodología de Hargreaves Modificado  Laboratorio de suelos  Metodología Luza
			Diseño hidráulico	Caudal de Diseño Elección del aspersor Parámetros hidráulicos de riego	Medición de caudal  Calculo hidráulico de redes abiertas mediante la fórmula de Hazen - Williams

Fuente: Elaboración propia.

### **3.7. Población, muestra y muestreo**

#### **3.7.1. Población**

La población son todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones (Sampieri R. H., 2018, pág. 198) la unidad de muestreo serán piezas producidas, la población los aspersores de impacto.

#### **3.7.2. Muestra**

Muestra no probabilística, suponen un procedimiento de selección orientada a las características y contexto de la investigación (Sampieri R. H., 2018, pág. 215). La muestra del estudio es el aspersor VYR60, por contar con las características (caudal, radio de mojado, presión de funcionamiento, etc.) necesarias para el riego parcelario y ser comúnmente utilizados en la zona de estudio.

#### **3.7.3. Muestreo**

No aplica para la investigación.

### **3.8. Técnica e instrumentos**

#### **3.8.1. Técnica de recolección de datos**

La técnica de recolección de datos implica usar uno o varios instrumentos de medición para recolectar la información necesaria de las variables, (Sampieri R. H., 2018, pág. 226) los datos recogidos serán la justificación del análisis, la fuente de donde se percibirán los datos será la observación directa y registros del coeficiente de uniformidad e infiltración.

### 3.8.2. Instrumentos de recolección de datos

Instrumento para el cálculo de coeficiente de uniformidad propuesto por Juan C. Callisaya Catari en su tesis de Master of Science de “Aplicación de tres láminas de agua con riego por aspersión en el cultivo de alfalfa en la estación experimental de Choquenaira –la Paz” Bolivia, 2018. (Ver anexo 3)

### 3.8.3. Materiales y equipos

La parcela experimental está ubicada en la comunidad de Saraica, distrito de Yanaca, región de Apurímac, los materiales y equipos utilizados lo detallamos en el siguiente cuadro.

**Tabla 3**

*Materiales y equipos*

<b>Materiales y equipos</b>	
<b>Materiales</b>	<b>Equipos</b>
Tubería de HDPE	Estación total
Válvulas HDPE	GPS
Accesorios HDPE	Computador
Aspersores	Anemómetro
Arco cierra	Cámara fotográfica
Lija	
Cinta métrica	
Flexómetro	
Herramientas manuales	

Fuente: Elaboración propia.

### 3.9. Condiciones éticas

Impulsar y desarrollar ocupaciones de averiguación, desarrollo tecnológico y novedades que aumenten el conocimiento mundial, así como la paz de la sociedad, consumir las reglas institucionales y gubernamentales que regulen la investigación, así como velar por la defensa de humanos, y la defensa del ambiente; Reportar los resultados de la investigación de forma abierta, completa y conveniente a la sociedad científica, explicar los experimentos de la misma forma

que fueron hechos, exponer su trabajo, metodología y estudio de la manera más estricta viable y compartir razonablemente los métodos, programa, datos y resultados; Jamás utilizar el trabajo de otros como si fuera el suyo, citar correctamente las indagaciones y resultados importantes a su trabajo, revelar conflictos de interés que logren en la investigación.

### **3.10. Procesamiento estadístico**

Herramienta que nos permite Probar la Hipótesis y diferencia de medias que se sustentan en la prueba de distribución t Student, por ser una muestra pequeña. Se siguieren los siguientes pasos:

**Paso 1:** Plantear la hipótesis nula ( $H_0$ ) e hipótesis ( $H_1$ ).

**Paso 2:** Establecer el nivel de significancia, en este caso 0.05.

**Paso 3:** Evidencia muestral, calcular media y desviación estándar usando muestra.

Para grado de libertad, se utilizará la siguiente fórmula:

#### **Ecuación 42**

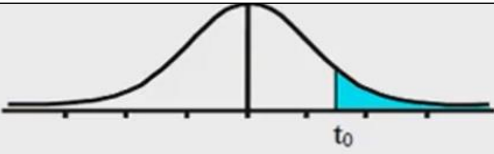
*Grados de libertad*

$$GL = n - 1 \quad (38)$$

**Paso 4:** Distribuir t Student para calcular probabilidad de error.

Distribuir probabilidad t - Student:

Tabla t-Student



Grados de libertad	0.25	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005
1	1.0000	3.0777	6.3137	12.7062	31.8210	63.6559
2	0.8165	1.8856	2.9200	4.3027	6.9645	9.9250
3	0.7649	1.6377	2.3534	3.1824	4.5407	5.8408
4	0.7407	1.5332	2.1318	2.7765	3.7469	4.6041
5	0.7267	1.4759	2.0150	2.5706	3.3649	4.0321
6	0.7176	1.4398	1.9432	2.4469	3.1427	3.7074
7	0.7111	1.4149	1.8946	2.3646	2.9979	3.4995
8	0.7064	1.3968	1.8595	2.3060	2.8965	3.3554
9	0.7027	1.3830	1.8331	2.2622	2.8214	3.2498
10	0.6998	1.3722	1.8125	2.2281	2.7638	3.1693
11	0.6974	1.3634	1.7959	2.2010	2.7181	3.1058
12	0.6955	1.3562	1.7823	2.1788	2.6810	3.0545
13	0.6938	1.3502	1.7709	2.1604	2.6503	3.0123
14	0.6924	1.3450	1.7613	2.1448	2.6245	2.9768
15	0.6912	1.3406	1.7531	2.1315	2.6025	2.9467

La variable aleatoria distribuirse basándose en modelo probabilidad t Student con K grados libertad. Luego hallar t, (Contraste con una sola cola) y estadístico usando:

**Ecuación 43**

*t calculada*

$$t = \frac{\bar{x} - \eta}{s/\sqrt{n}} \tag{39}$$

Donde:

$\bar{x}$ : media,  $\eta$ : valor a analizar,  $n$ : número de pruebas,  $s$ : desviación estándar

## Capítulo IV

### Resultados y discusión

#### 4.1. Resultados

##### 4.1.1. Diseño agronómico

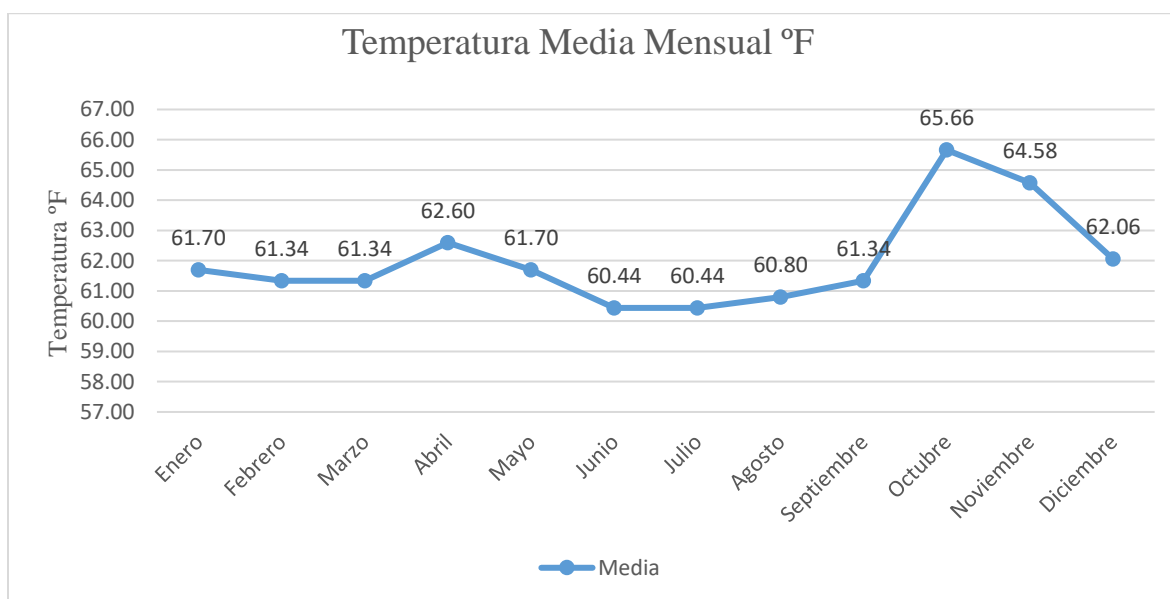
Para realizar el diseño agronómico, se debe conocer las propiedades hídricas del suelo y los requerimientos hídricos del cultivo la cual se obtiene por los parámetros de evaporación y transpiración, Pues el cálculo de estos parámetros por separado es de mucha dificultad, por lo que se le sintetiza al término de evapotranspiración,

##### ➤ Temperatura media mensual

Se analizó los datos con el apoyo del programa New\_LocClim. Como se muestra en el anexo 3.1

**Figura 11**

Temperatura media mensual (°F)



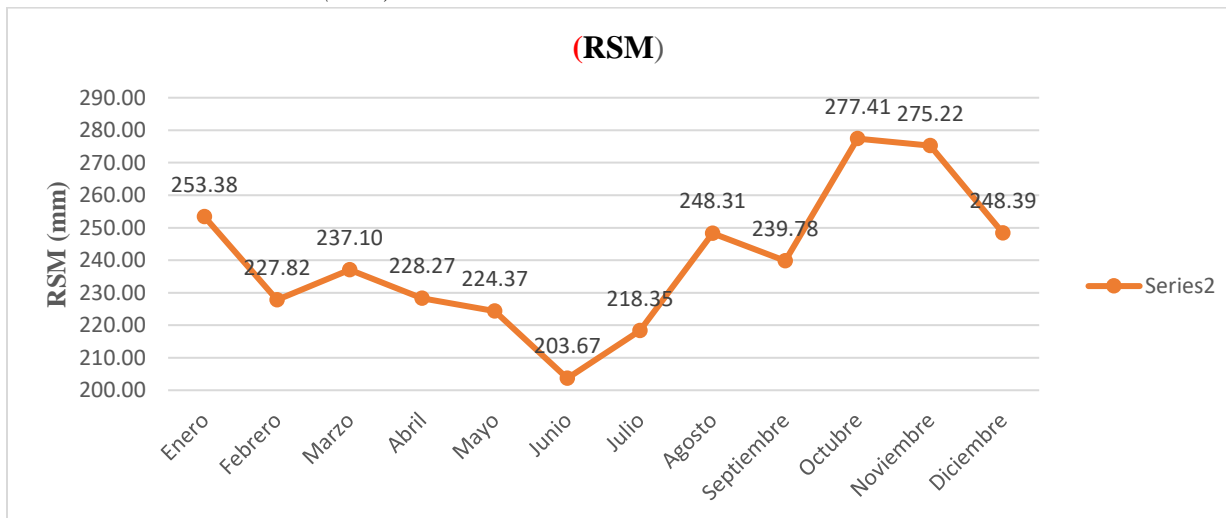
Fuente: Elaboración propia.

Nota: La figura 11 se obtiene mediante estudio de la información meteorológica mediante el programa New\_LocClim con las estaciones meteorológicas de Abancay, Cusco, Kayra grande, Humanga, Ayacucho y Sibayo. La Temperatura media esta expresado en grados Fahrenheit y oscila entre 60.44 °F – 65.66 °F la información de temperatura media más altas son en los meses de octubre y noviembre con 65.66 °F y 64.58 °F; los más bajos son en los meses de junio y julio con 60.44 °F. analizando la información de la figura 11, en donde se muestra la media de la temperatura media mensual, la temperatura media anual resulta 62.00 ° F.

➤ **Radiación incidente mensual en equivalente de evaporación (RSM)**

Para este parámetro, se consideró la información propuesta en el estudio FAO Riego y Drenaje N° 24. Las necesidades de agua de los cultivos, donde nos da una información pre establecida de donde se tabulo con las coordenadas del sitio de investigación el cuadro del estudio de la FAO lo mostramos en el anexo 3.2.

**Figura 12**  
Radiación incidente mensual (RSM)



Fuente: Elaboración propia.

Nota: De la información analizada en la figura 12 se puede indicar que se tienen valores altos de radiación incidente mensual en su equivalente de evaporación en los meses octubre y noviembre con valores de 277.41 y 275.22 mm mientras los valores bajos los encontramos en los meses de junio y julio 203.67 y 218.35 mm respectivamente cabe señalar que la radiación incidente (RSM) esta expresada en su equivalente de evaporación (mm)

#### ➤ Precipitación media mensual (PM)

Para hacer el estudio de la PM para el área de la presente investigación, se tomaron los datos de las estaciones meteorológicas ubicadas en Curpahuasi, Chalhuanca y Antabamba por ser las más cercanas a la zona de estudio, con estos datos se procedió a hacer la correspondiente regionalización a nuestro punto específico de investigación.

**Tabla 4**

*Estaciones meteorológicas utilizadas.*

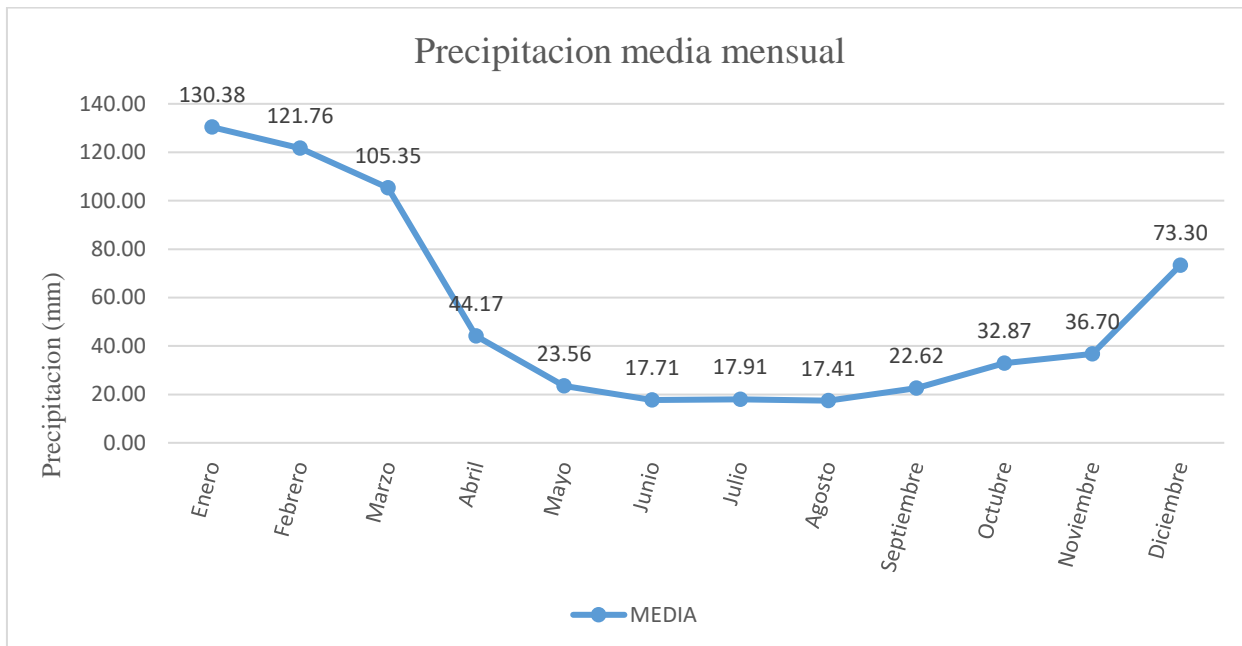
Estación	Latitud	Longitud	Elevación	PP media	Provincia	Región	Periodo	Operadora
Curpahuasi	14° 3' 41"	72° 40' 0"	3500	813.65	Grao	Apurímac	1964-2018	Senahami
Chalhuanca	14° 23' 34"	72° 10' 45"	2850	698.97	Aymaraes	Apurímac	1964-2018	Senahami
Antabamba	14° 22' 1"	72° 53' 1"	3817	863.32	Antabamba	Apurímac	1964-2018	Senahami

Fuente: Elaboración propia.

Nota: La información mostrada en la tabla 4. Son las estaciones meteorológicas utilizadas para la regionalización de la precipitación a las coordenadas de nuestro proyecto de investigación, esta base de información se obtuvo del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.

**Figura 13**

*Precipitación media mensual (PM).*



Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la figura 13, se puede apreciar la diferencia de los meses de altas, medias y bajas precipitaciones, la mayor cantidad de precipitación se genera en los meses de diciembre a marzo, mientras que desde mayo a noviembre las precipitaciones son mínimas. Obteniendo valores más altos de 138.38 mm y 121.7 mm en enero y febrero, valores mínimos de 17.71-17.41 en los meses de junio y agosto concluyendo que la precipitación media anual es de 643.73 mm/año esta información se muestra a detalle en el anexo 3.3.

#### **4.1.1.1. Determinación de las necesidades de agua del cultivo**

##### **4.1.1.1.1. Evapotranspiración potencial (ETP)**

El procedimiento metodológico que se empleó para calcular la evapotranspiración potencial es Hargreaves modificado, en el cual se utilizan los datos meteorológicos de temperatura, Radiación

solar incidente mensual en su equivalente de evaporación, factor altura y coordenadas (latitud y longitud) del área de investigación, por lo que se utilizan las ecuaciones descritas en el ítem

### 2.2.1.1

**Tabla 5**

*Evapotranspiración potencial o de referencia (ETP).*

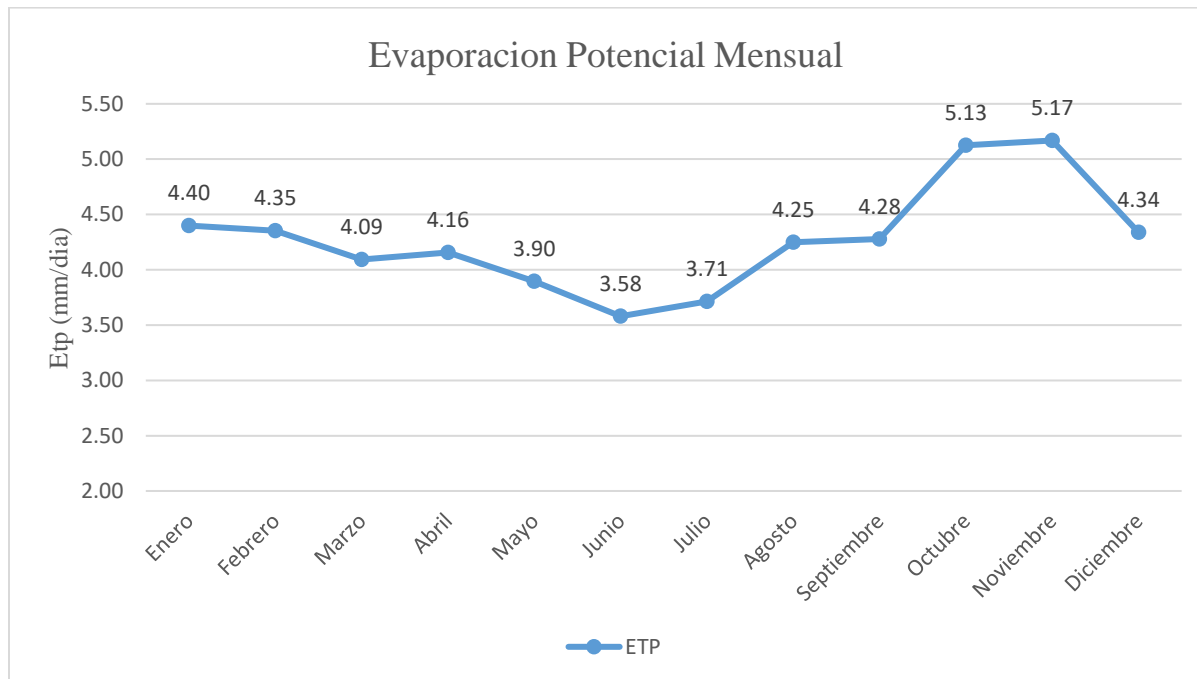
Mes	RSM	°F	FA	ETP (mm/mes)	ETP (mm/día)
Enero	253.38	61.70	1.16	136.39	4.40
Febrero	227.82	61.34	1.16	121.91	4.35
Marzo	237.10	61.34	1.16	126.88	4.09
Abril	228.27	62.60	1.16	124.66	4.16
Mayo	224.37	61.70	1.16	120.77	3.90
Junio	203.67	60.44	1.16	107.39	3.58
Julio	218.35	60.44	1.16	115.13	3.71
Agosto	248.31	60.80	1.16	131.71	4.25
Septiembre	239.78	61.34	1.16	128.31	4.28
<b>Octubre</b>	<b>277.41</b>	<b>65.66</b>	<b>1.16</b>	<b>158.90</b>	<b>5.13</b>
Noviembre	275.22	64.58	1.16	155.06	5.17
Diciembre	248.39	62.06	1.16	134.48	4.34

Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la tabla 5, se observan los valores hallados de la evapotranspiración potencial o de referencia ETP expresados en mm/día y mm/mes con sus respectivos datos de radiación Incidente mensual en equivalente de evaporación, temperatura y factor altura.

**Figura 14**

*Evaporación potencial mensual (ETP).*



Fuente: Elaboración propia.

Nota: Figura 14, se exponen valores de evapotranspiración potencial ETP expresados en mm/día donde se aprecia que los valores máximos se encuentran en los meses de octubre y noviembre con 5.13 mm/día y 5.17mm/día; mientras los valores mínimos, se encuentran en los meses de junio y julio con 3.58 mm/día y 3.71 mm/día, tomando en cuenta los valores calculados de todo el mes se tiene un promedio anual de ETP de 4.28 mm/día esto se puede ver a más detalle en el anexo 3.4.

#### **4.1.1.1.2. Coeficiente de cultivo (*kc*)**

Para tomar en cuenta un coeficiente de cultivo primeramente se debe de conocer el proceso de desarrollo del cultivo de acuerdo al piso ecológico en este caso el cultivo de alfalfa presenta un desarrollo indefinido alcanzando su mayor coeficiente en el tercer corte.

**Tabla 6***Coefficiente de cultivo (kc).*

(Kc) Coeficiente ponderado.	0.80
-----------------------------	------

Fuente: Allen et.al. (2006); García, (2012)

Nota: En la tabla 6, se indica el valor promedio de kc para el cultivo de alfalfa en sus diferentes etapas de desarrollo esta información detallamos en el anexo 3.5.

#### 4.1.1.1.1. *Evapotranspiración del cultivo (ETc)*

El cálculo de la evapotranspiración potencial se hizo mediante la ecuación 1. Esta dada por el producto de la evapotranspiración potencial (ETP) y al coeficiente cultivo (kc),

**Tabla 7***Evapotranspiración del cultivo (ETc).*

Mes	ETP (mm/mes)	Coeficiente de cultivo (Kc)	ETc (mm/mes)	ETc (mm/día)
Enero	136.39	0.80	109.11	3.52
Febrero	121.91	0.80	97.53	3.48
Marzo	126.88	0.80	101.50	3.27
Abril	124.66	0.80	99.73	3.32
Mayo	120.77	0.80	96.62	3.12
Junio	107.39	0.80	85.91	2.86
Julio	115.13	0.80	92.11	2.97
Agosto	131.71	0.80	105.37	3.40
Septiembre	128.31	0.80	102.65	3.42
<b>Octubre</b>	<b>158.90</b>	<b>0.80</b>	<b>127.12</b>	<b>4.10</b>
Noviembre	155.06	0.80	124.05	4.13
Diciembre	134.48	0.80	107.58	3.47
Media	130.13	0.80	104.11	3.42

Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la tabla 7, aquí se muestra los valores determinados de la evapotranspiración de cultivo mensual y diaria, observando que la ETc, se encuentra en el rango de 2.86 a 4.47 mm/día,

#### 4.1.1.1.2. Precipitación confiable o dependiente (PD)

Teniendo los datos de precipitación regionalizada a nuestra zona de estudio, se procedió a calcular la precipitación confiable mediante la ecuación 4.

**Tabla 8**

*Precipitación confiable o dependiente (PD).*

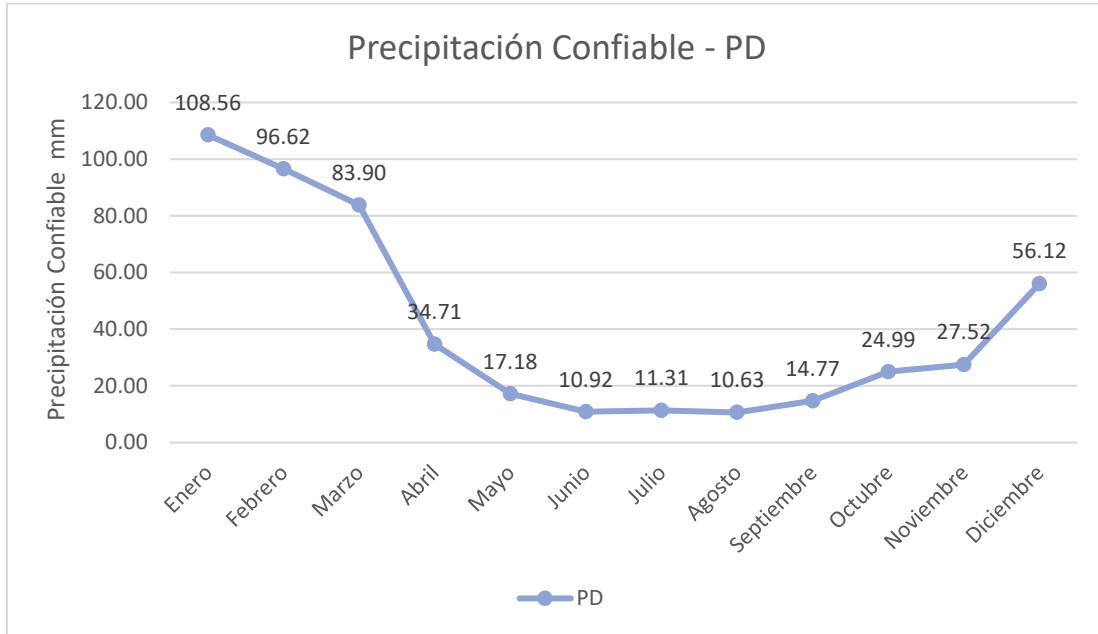
Mes	Precipitación media mensual (mm)	Precipitación Confiable (mm)
Enero	130.38	108.56
Febrero	121.76	96.62
Marzo	105.35	83.90
Abril	44.17	34.71
Mayo	23.56	17.18
Junio	17.71	10.92
Julio	17.91	11.31
Agosto	17.41	10.63
Septiembre	22.62	14.77
<b>Octubre</b>	<b>32.87</b>	<b>24.99</b>
Noviembre	36.70	27.52
Diciembre	73.30	56.12

Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la tabla 8, los resultados mencionados de precipitación confiable podemos deducir que los valores se encuentran dentro del rango de 10.63mm a 108.56mm

**Figura 15**

*Precipitación confiable o dependiente (PD).*



Fuente: Elaboración propia.

Nota: La figura 15, muestra promedios mensuales de precipitación dependiente (PD). Con el propósito de obtener la demanda hídrica del cultivo debe de ponerse mayor atención a los meses en que la precipitación dependiente sea mínima, es decir, en los meses de mayo a noviembre que nos indican que en este periodo se podría presentar el mayor déficit hídrico del cultivo esto mostramos a mayor detalle en el anexo 3.6.

#### **4.1.1.1.3. Demanda hídrica del cultivo.**

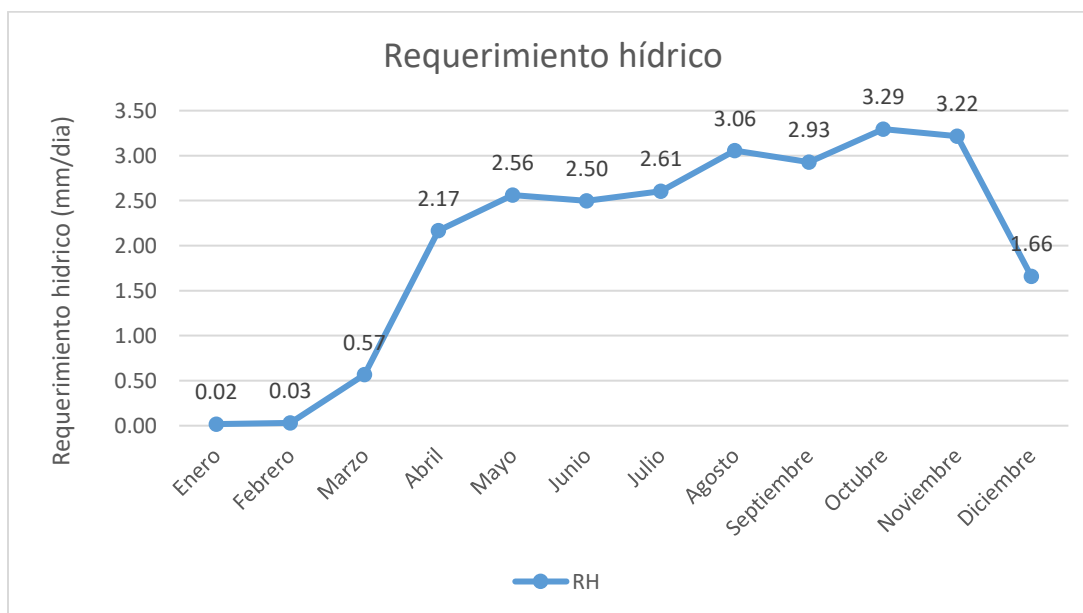
La demanda hídrica se obtiene de la diferencia de evapotranspiración del cultivo (ETc) y precipitación dependiente (PD).

**Tabla 9***Demanda hídrica del cultivo.*

Mes	ETc. (mm/mes)	Precipitación dependiente (mm)	demanda hídrica (mm/mes)	demanda hídrica (mm/día)
Enero	109.11	108.56	0.55	0.02
Febrero	97.53	96.62	0.91	0.03
Marzo	101.50	83.90	17.61	0.57
Abril	99.73	34.71	65.02	2.17
Mayo	96.62	17.18	79.44	2.56
Junio	85.91	10.92	74.99	2.50
Julio	92.11	11.31	80.80	2.61
Agosto	105.37	10.63	94.74	3.06
Septiembre	102.65	14.77	87.88	2.93
<b>Octubre</b>	<b>127.12</b>	<b>24.99</b>	<b>102.14</b>	<b>3.29</b>
Noviembre	124.05	27.52	96.53	3.22
Diciembre	107.58	56.12	51.46	1.66

Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la tabla 9, se indican los valores de demanda hídrica calculados para todos los meses del año, pudiéndose determinar cómo mes crítico el mes de octubre por tener la mayor demanda hídrica.

**Figura 16***Demanda hídrica del cultivo.*

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Observamos en la figura 16, la representación gráfica de los valores hallados de demanda hídrica pudiéndose observar que en los meses de enero y febrero la demanda hídrica es nula, por lo que se concluye que no hace falta el riego. Al mismo tiempo, se aprecia valores altos en los meses de marzo a diciembre ya que los valores de ETc son mayores PD generándose, así una demanda hídrica de agua que debe suministrarse al cultivo.

El mes de mayor demanda hídrica lo tenemos en el mes de octubre con un valor de 3.29 mm/día concluyendo que octubre es el mes crítico; asumiendo este valor para continuar los cálculos a agronómicos e hidráulicos. Esta información se muestra a más detalle en el anexo 3.6.

#### 4.1.1.2. Determinación de las propiedades físicas y hídricas del suelo

Se obtuvo muestras de suelo del área a irrigar, para realizarle el análisis de suelo correspondiente el laboratorio encargado de realizar este análisis fue (Laboratorio de análisis químico, físico de suelos aguas y plantas) e identifico las propiedades físicas e hídricas del suelo el informe del laboratorio lo adjuntamos en el anexo 3.8.

**Tabla 10**

*Propiedades físicas y hídricas del suelo.*

<b>Propiedades</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Arena	45.00	%
Limo	26.00	%
Arcilla	29.00	%
Capacidad de campo (CC)	21.79	%
Punto de Marchites permanente (PMP)	12.07	%
Densidad aparente (Da)	1.48	g/cc
Materia orgánica	3.73	%
Humedad disponible HD	9.72	%
Clase Textual	Franco-Arcilloso-Arenoso	

Fuente: Laboratorio de análisis químico, físico de suelos aguas y plantas.

### **4.1.1.3. Determinación de los parámetros agronómico**

#### **4.1.1.3.1. *Lamina neta (Ln)***

La lamina neta se determinó aplicando la ecuación 11 las variables que se emplean se mencionaron en el ítem 4.1.1.2, la profundidad de raíz (Z) se halló con mediciones en campo, se hizo una calicata junto a un planta para medir la profundidad de enraizamiento determinando una altura media de 1 metro, teniendo en cuenta que el factor de agotamiento de agua disponible (f), es el porcentaje de agua almacenada entre la CC y PMP que demandara un cultivo en dos riegos secuenciados en la presente investigación se adoptó un factor de 20%.

Contando con todas las variables, se determinó una demanda hídrica de 28.72 mm. Dividiendo entre el número de días del mes crítico resulta 0.93 mm/día

#### **4.1.1.3.2. *Lamina bruta (Lb)***

Aplicando la ecuación 12 se obtiene una lámina bruta de 38.29 mm, dividiendo entre el número de días del mes crítico se tienen 1.24 mm/día, valor superior a la lámina neta por lo que es necesario aplicar mayor cantidad de agua debido a la eficiencia de aplicación utilizada.

#### **4.1.1.3.3. *Dosis de riego por parcela (Drp)***

La dosis de riego por parcela viene a ser la cantidad de agua necesaria para satisfacer la necesidad hídrica del cultivo en una determinada área en este caso el área es de 0.6 ha y una lámina bruta de riego 382.88 m<sup>3</sup>/hec lo que nos daría una dosis de riego bruta para la parcela de 229.73 m<sup>3</sup>/parcela esto utilizando la ecuación 13.

#### **4.1.1.3.4. Frecuencia máxima de riego ( $F_{mr}$ )**

La frecuencia máxima se determina aplicando la ecuación 14, sabiendo que el mes crítico hallado (octubre) donde se determinó una evapotranspiración de cultivo de 4.10 mm/día se obtiene una frecuencia máxima de riego ( $F_{mr}$ ) de 7 días que la planta toleraría una escasez hídrica, con el fin de mantener un margen de humedad en la zona radicular del cultivo se asumió un riego con una frecuencia máxima de riego de 5 días.

#### **4.1.1.3.5. Lámina neta ajustada ( $L_{nj}$ )**

Es necesario realizar un ajuste a la lámina neta en función a la frecuencia real de riego que se obtiene aplicando la ecuación 15, considerando una frecuencia de riego real ( $F_{mr}$ ) de 5 días y una lámina neta ( $L_n$ ) diaria de 0.93 mm/día se determina una lámina neta ajustada ( $L_{nj}$ ) de 4.63 mm.

#### **4.1.1.3.6. Lámina bruta ajustada ( $L_{bj}$ )**

Contando con una Lámina neta ajustada se procedió a realizar el reajuste de la demanda bruta, considerando una demanda neta de ajustada de 4.63 mm y una eficiencia de aplicación recomendada de 75% aplicando la ecuación 16 se determinó una lámina bruta ajustada ( $L_{bj}$ ) de 6.18 mm.

#### **4.1.1.3.7. Tiempo de riego ( $T_r$ )**

Antes de determinar el tipo de riego, se evaluó la velocidad de infiltración directamente en campo mediante la metodología infiltrómetro doble anillo donde se realizó 02 pruebas en distintos puntos de la parcela obteniendo resultados de 1.63 mm/h y 1.86 mm/h asumiéndose el promedio. el cálculo de estos valores lo mostramos en el anexo 3.7, contando con los valores de

lámina bruta ajustada ( $L_{bj}$ ) de 6.18 mm y la velocidad de infiltración ( $V_i$ ) de 1.75 mm/h aplicando la ecuación 17 se determinó un tiempo de riego ( $T_r$ ) de 3.53 horas, asumiéndose un tiempo de riego de 4 horas para satisfacer la demanda hídrica total.

#### **4.1.1.3.8. Caudal característico ( $q_c$ )**

El caudal característico lo calculamos con la ecuación 18, obteniendo un valor de 0.14l/s haciendo el producto con el área de riego de 0.6 ha, se determina ( $q_c$ ) 0.09 l/s/ha caudal necesario para la aplicación de riego.

#### **4.1.1.3.9. Volumen total ( $V_t$ )**

Volumen de agua que se requiere para dar riego a una determinada área, se determina aplicando la ecuación 19, sabiendo que la lámina bruta o total ( $L_{bj}$ ) es 6.18 mm y área de riego es de 0.6 ha se calcula un volumen total ( $V_t$ ) de  $37.05 m^3$ , volumen necesario para la aplicación de riego presurizado.

### **4.1.2. Diseño hidráulico**

Para el diseño hidráulico, se debe de conocer el caudal de diseño o el caudal de funcionamiento del aspersor conociendo estos parámetros; en este apéndice, se dimensiona todas las infraestructuras que conducirá el agua hasta los aspersores, debiendo de ser funcional bajo ciertas condiciones.

#### 4.1.2.1. Caudal de diseño.

El caudal de diseño total viene a ser expresado por la ecuación 20; conociendo que el módulo de riego es de  $mr:3.05 \text{ l/s/h}$  y el área a regar es de  $0.6 \text{ ha}$  se obtiene un caudal de diseño total de  $1.83 \text{ l/s}$ . Caudal que es insuficiente para el funcionamiento de 8 aspersores con un caudal de funcionamiento de cada aspersor de  $0.53 \text{ l/s}$ , por lo que se asume un caudal de diseño  $4.23 \text{ l/s}$ .

#### 4.1.2.2. Selección del tipo de aspersor

El aspersor seleccionado para la presente investigación es el VYR 60 muestra de la investigación este aspersor se estudia debido a que es el recomendado para este cultivo, comúnmente utilizado en la zona de estudio y demás características que se mencionan en la siguiente tabla.

**Tabla 11**

*Características del aspersor.*

Especificaciones técnicas	
Tipo	Impacto
Modelo	VYR-60
boquillas	2
Diámetro de boquillas	4,4 X 2.4 mm
Presión	2.5 - 5.5 bar
Caudal	0.42-0.62 l/s
Diámetro de alcance	12 - 19 m

Fuente: [www.vyrsa.com](http://www.vyrsa.com)

Nota: En la tabla 11, se muestra las características del aspersor VYR 60 objeto de estudio de la presente investigación estos parámetros fueron obtenidas del catálogo de la página oficial de VYRSA. Ver el anexo 3.9.

#### **4.1.2.2.1.      *Espaciamiento calculado entre aspersores (Ea) y laterales (El)***

Distancia que debe de existir entre dos emisores se determina con la ecuación 21 que está en función al solapamiento y radio de mojado; el solapamiento básicamente depende de la intensidad de viento, pendiente del terreno, densidad del cultivo y costo, para el presente trabajo se considera un 100 de solapamiento, el radio de mojado es la mitad del diámetro de alcance.

Bajo estos parámetros, se determina un espaciamento de emisores (Ea) de 18 m, por lo que se asume un marco de riego triangular de 18x18 m, recordando que las especificaciones técnicas indican que, bajo este marco de riego, se logran alcanzar uniformidades de riego superiores al 90%.

#### **4.1.2.2.2.      *Pluviometría o Intensidad de aplicación del aspersor (Ia)***

La intensidad de aplicación se calcula mediante la ecuación 22 que está en base al caudal promedio de operación del aspersor seleccionado 2435 l/h y al espaciamento determinado entre los emisores y laterales de riego que representa 324 m<sup>2</sup>, por lo que se calcula una intensidad de aplicación (Ia) de 7.52 mm/h.

#### **4.1.2.2.3.      *Pluviometría del sistema (Ps)***

La pluviometría del sistema se determina mediante la ecuación 23 que está en función de tiempo de riego determinado de 4 horas y lamina bruta ajustada que tiene un valor de 6.28 mm, conociendo estos valores se ha determinado una pluviometría del sistema de 1.54 mm/h. con lo que se puede indicar que la elección del aspersor es adecuada pues la intensidad de aplicación del aspersor (Ia) es de 7.52 mm/h cumpliendo la condición de que la intensidad de aplicación debe de ser mayor o igual ala pluviometría del aspersor.

#### **4.1.2.2.4. Número de sectores de riego ( $N_s$ )**

El número de sectores se determina empleando la ecuación 24 que está en función a la jornada efectiva de riego y tiempo de riego. La jornada diaria de 8 horas de riego está limitada por la JASS comunal ya que se reparten el agua a un día por semana para dar cobertura a distintas parcelas que hay en el sector. Por lo que se asume 8 horas, el tiempo de riego es de 4 horas; reemplazando estos valores, se determina 2 sectores de riego.

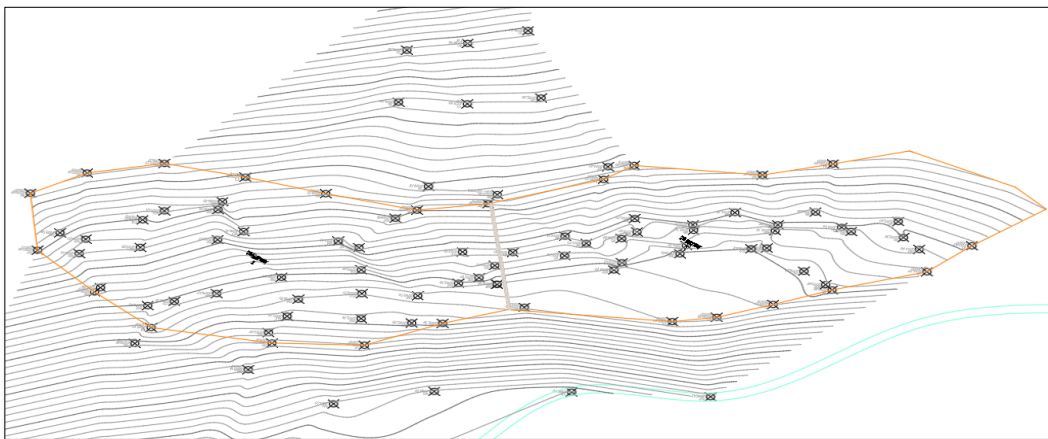
#### **4.1.2.3. Parámetros hidráulicos de riego**

##### **4.1.2.3.1. Levantamiento topográfico**

La superficie del terreno a regar se conceptualizó mediante la medición de puntos topográficos con una estación total, tomando lectura a puntos de relleno dentro del polígono de riego y puntos de control, para procesamiento se realizó mediante el software de dibujo AutoCAD Civil 3D para precisar el área de riego y curvas de nivel, la data topográfica lo mostramos en el anexo 3.10.

**Figura 17**

*Levantamiento topográfico.*



Fuente: Elaboración propia.

Nota: Con la información establecida en el levantamiento topográfico se procedió a hacer la representación gráfica en el software de dibujo AutoCAD Civil 3D, planteando sobre este la delimitación del área de riego como se muestra en la figura 17, determinando un área de riego de 0.6 ha con una variación de cotas entre el punto más alto y bajo del predio de 10-20 m. lo que nos representa una pendiente promedio de 35%.

#### ***4.1.2.3.2. Sectorización y modulación del área de riego***

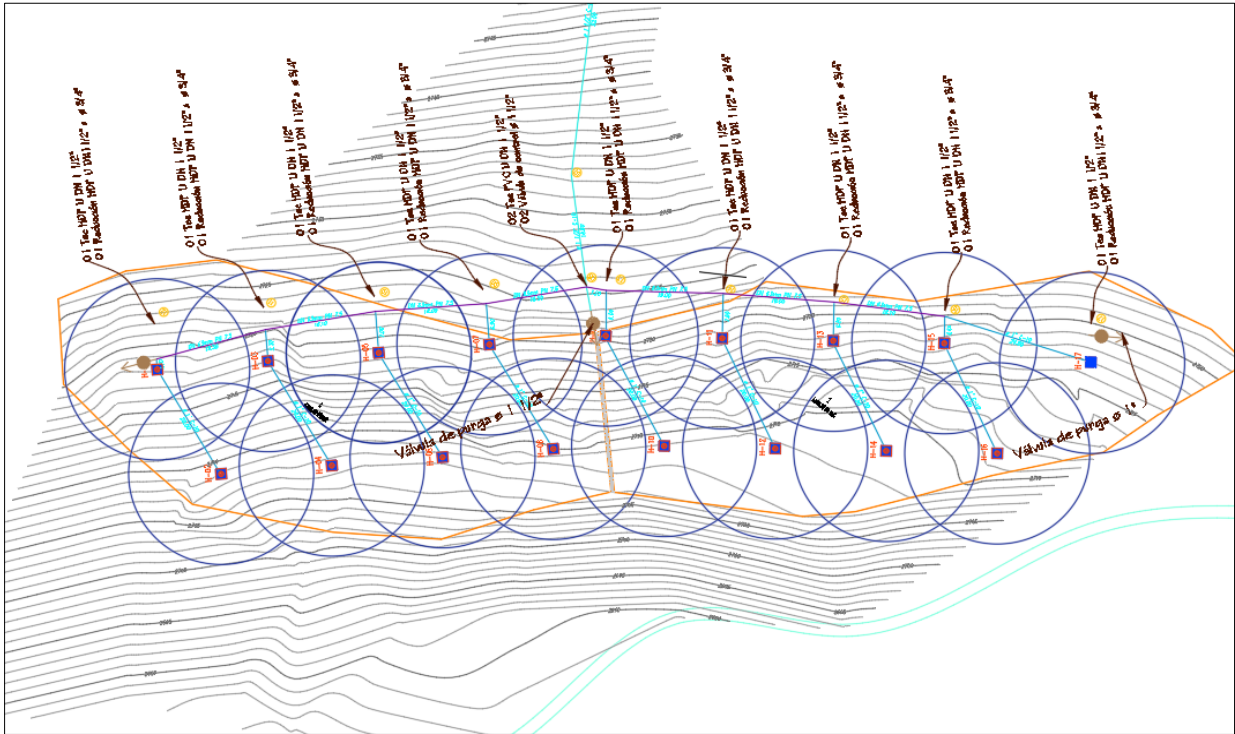
En el ítem 4.1.2.2.4, se calculó 2 sectores de riego, por lo que, se procedió a dividir la parcela en dos áreas como se observa en la figura 18 en donde se aplicara 4 horas de riego por cada área haciendo en total 8 horas de jornada efectiva de riego cubriendo la integridad de la parcela.

#### ***4.1.2.3.3. Trazado de redes de riego***

Una vez sectorizado y modulado las áreas de riego, se continúa dibujando las líneas de riego en el área a irrigar que son la línea principal, portalaterales y laterales de riego, así como la ubicación de los distintos emisores y accesorios.

Figura 18

Trazado de redes de riego.



Fuente: Elaboración propia.

Nota: Bajo un marco de riego triangular de 18x18 m, se hizo el planteamiento de las líneas portalaterales y laterales ubicando los aspersores, se planteó un total de 16 aspersores para regar la integridad de la parcela en donde 8 aspersores funcionaran por cada turno de riego de 4 horas como se representa en la figura 18, esto lo podemos observar a mayor detalle en el anexo 3.11.

#### 4.1.2.3.4. Cálculos hidráulicos de la tubería laterales

Los aspersores que nos permitirán general la lluvia artificial están ubicados sobre las líneas laterales de riego cuyo diámetro dependerá del número de aspersores funcionales en cada línea lateral de riego, llegándose a determinar que para un funcionamiento adecuado de 02 aspersores las líneas laterales tendrán un diámetro de 32 mm (1 plg). Con una presión de 37 mca - 46 mca

en los puntos de salida de los aspersores. estos valores se calcularon empleando la ecuación 31 y 34 respectivamente.

#### **4.1.2.3.5. Cálculos hidráulicos en la tubería portlaterales**

Las líneas portlaterales son las que conducen el agua hasta los laterales, trasportando 4.23 l/s y considerando un 20% de porcentaje de pérdida de presión, se determinó el diámetro adecuado para el funcionamiento de los portlaterales es de 63 mm (2plg) con una velocidad de flujo de 2.09 m/s empleando la ecuación 31 y 32 respectivamente, esta información la presentamos en el anexo 3.12.

#### **4.1.2.3.6. Cálculos hidráulicos en la tubería principal**

Se tendrán 8 aspersores en funcionamiento por lo que se necesita un caudal de funcionamiento de 4.23 l/s para conducir este caudal, se calculó un diámetro adecuado 50 mm (1 ½ plg) utilizando la ecuación 31, con una velocidad de flujo de 3.71 m/s empleando la ecuación 32 y un porcentaje de pérdida de presión menor al 20%, con una longitud de 245.00 m la información mencionada se presenta en el anexo 3.12.

#### **4.1.2.3.7. Dimensionamiento de la infraestructura de riego**

Concluyendo el diseño hidráulico, se obtuvo un diámetro de la línea principal de 50 mm de clase 7.5, las líneas portlaterales un diámetro de 63mm de clase 7.5 y las laterales un diámetro de 32mm de clase 10 portando en ellas 02 aspersores la presión generada por la gravedad y el desnivel existente menos las perdidas por fricción son de 37 mca - 46 mca en , lo que está dentro la presión necesaria para el correcto funcionamiento del aspersor VYR 60.

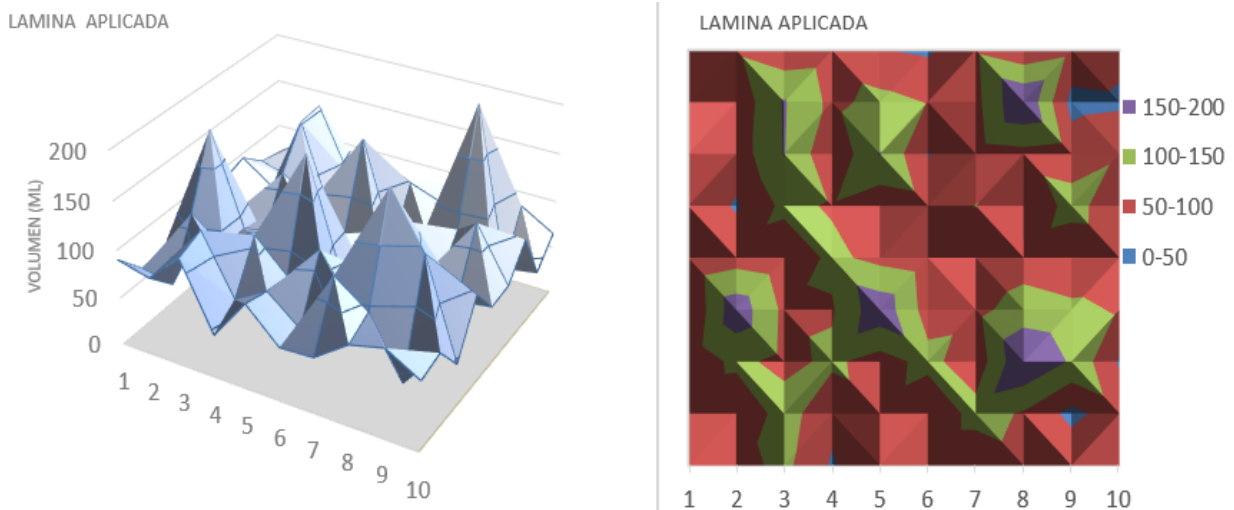
### 4.1.3. Evaluación de riego presurizado

#### 4.1.3.1. Primera evaluación del aspersor VYR 60

Se mencionan los valores obtenidos de la primera evaluación del coeficiente de uniformidad de Chistiansen (CU) y uniformidad de distribución en el cuarto inferior (UDci) del aspersor VYR 60 en treinta minutos de evaluación.

**Figura 19**

*Diagrama de volumen de agua aplicada – primera evaluación.*



Fuente: Elaboración propia.

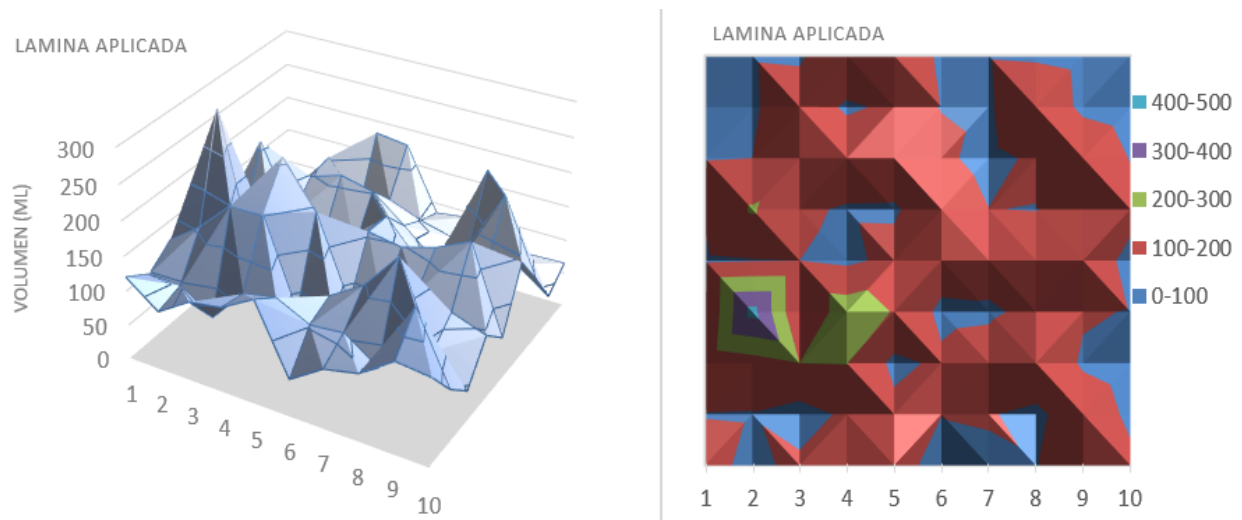
Nota: En la figura 19, se observa los datos obtenidos para determinar el coeficiente de Uniformidad en el área de evaluación, cuyos valores se muestran el anexo 14 resultando 70.62% bajo la influencia del viento de 1.52 m/s con una dirección sur a oeste, la uniformidad de distribución en el cuarto inferior tiene como valor 60.04 %, el mayor porcentaje de agua se encuentra entre los valores de 50-100 mililitros, para más información ver el anexo 3.13.

#### 4.1.3.2. Segunda evaluación del aspersor VYR 60

Se mencionan los valores obtenidos de la segunda evaluación de los coeficientes de uniformidad de Chistiansen (CU) y uniformidad de distribución en el cuarto inferior (UDci) del aspersor VYR 60 en cuarenta y cinco minutos de evaluación.

**Figura 20**

*Diagrama de volumen de agua aplicada – segunda evaluación.*



Fuente: Elaboración propia.

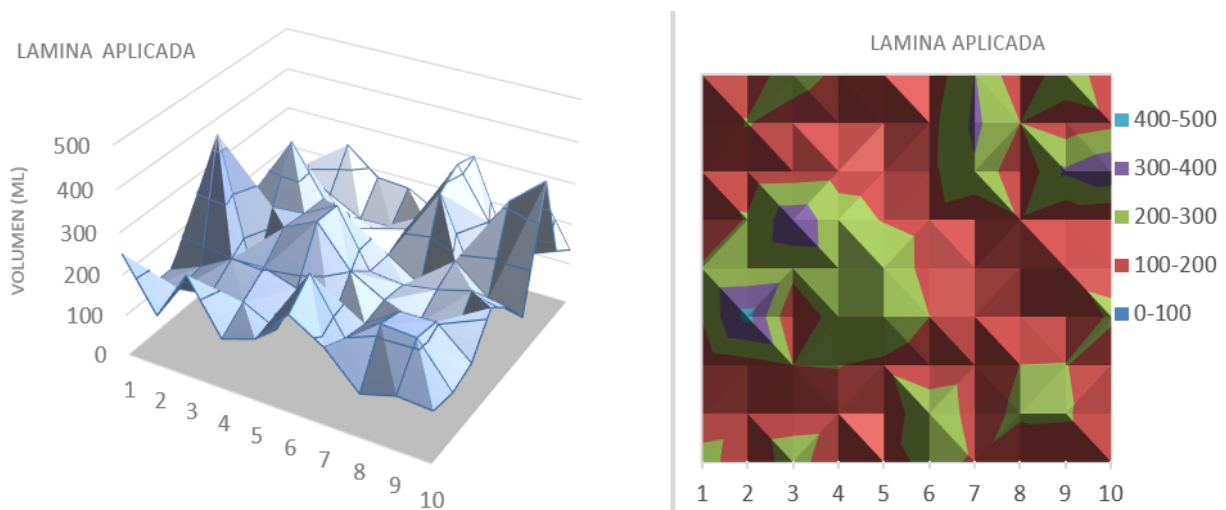
Nota: La figura 20, corresponde a la pluviometría en un periodo de prueba de cuarenta y cinco minutos del aspersor VYR 60 cuyos valores se muestran en el anexo 14 dando como resultado un coeficiente de uniformidad de Chistiansen de 68.62 % con una velocidad de viento de 1.86 m/s con una dirección de norte a oeste con un radio de mojado 19.40 m, la uniformidad de distribución del cuarto inferior con un valor de 60.92% encontrándose el mayor porcentaje de lámina de agua entre los valores de 100-200 mililitros, para más información ver el anexo 3.13.

#### 4.1.3.3. Tercera evaluación del aspersor VYR 60

Se mencionan los valores obtenidos de la tercera evaluación de los coeficientes de uniformidad de Chistiansen (CU) y uniformidad de distribución en el cuarto inferior (UDci) del aspersor VYR 60 en sesenta minutos de evaluación.

**Figura 21**

*Diagrama de volumen de agua aplicada – tercera evaluación.*



Fuente: Elaboración propia.

Nota: la figura 21 corresponde a la pluviometría en un periodo de prueba de una hora del aspersor VYR 60 cuyos valores se muestran en el anexo 14 dando como resultado un coeficiente de uniformidad de Chistiansen de 71.16 % con una velocidad de viento de 1.98 m/s con una dirección de norte a oeste, la uniformidad de distribución del cuarto inferior con un valor de 63.53 % encontrándose el mayor porcentaje de lámina de agua entre los valores de 100-200 mililitros, para más información ver el anexo 3.13.

#### 4.1.3.4. Promedios de los parámetros de evaluación

Una vez determinado los parámetros (Eda, Pe, Pd), nos es posible realizar el cálculo y obtener los valores de la eficiencia de aplicación en los diferentes periodos de riego, ya que estos parámetros son los que determinan el destino del agua, que no será aprovechado por las plantas (pérdidas que se producen directamente en el cultivo).

Es importante señalar que la evaluación del riego por aspersión se basa principalmente en la obtención de la uniformidad de riego por la tanto la eficiencia. De acuerdo a los resultados obtenidos en la evaluación del coeficiente de uniformidad (CU), eficiencia de distribución en aplicación (Eda), proporción efectiva de agua que llega al suelo (Pe) y pérdidas por fuga en conducción (Pd).

**Tabla 12**

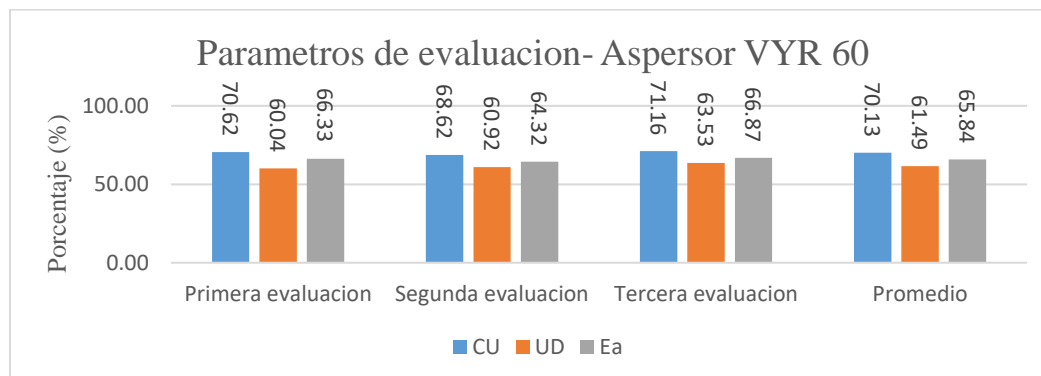
*Promedios de los parámetros de evaluación.*

<b>Aspersor VYR 60</b>	<b>Primera evaluación</b>	<b>Segunda evaluación</b>	<b>Tercera evaluación</b>	<b>Promedio</b>
Coeficiente de Uniformidad (CU)	70.62	68.62	71.16	70.13
Uniformidad de distribución en el cuarto inferior (UDci)	60.04	60.92	63.53	61.49
Coeficiente de variación (CV)	29.38	31.38	28.84	29.87
Eficiencia de distribución (Eda)	69.23	67.13	69.80	68.72
Eficiencia de aplicación (Ea)	<b>66.33</b>	<b>64.32</b>	<b>66.87</b>	<b>65.84</b>

Nota: La tabla 12, se exponen los parámetros de evaluación de las tres evaluaciones realizadas en la presente investigación, obteniéndose una eficiencia de aplicación del aspersor VYR 60 un valor de 65.84%.

**Figura 22**

*Parámetros de evaluación del aspersor VYR 60.*



Nota: En la figura 22, se muestra la eficiencia de aplicación que ha sido determinada de 65.84% esto nos indica que del total de agua captada solo el 65.84 % estaría disponible para el aprovechamiento del cultivo y el 34.16 % restante son las pérdidas de aplicación, ocasionadas principalmente por el viento, pendiente del terreno y pérdidas en el suelo influenciadas principalmente por los valores del CU (interpretados dentro del parámetro de Eda) la eficiencia de aplicación el tanto por ciento del agua realmente aprovechada por el cultivo respecto al total de agua aplicada.

#### **4.1.3.5. Parámetros agronómicos recalculado.**

Una vez hallada la eficiencia de aplicación en las distintas evaluaciones realizadas, se procedió a recalculer la lámina bruta ajustada, obteniendo los siguientes resultados.

**Tabla 13**

*Demanda hídrica para las distintas eficiencias halladas.*

	Eficiencia de aplicación (Ea)	Lamina bruta ajustada (Dnj)	Volumen total (Vt)
<b>Recomendado</b>	<b>75%</b>	<b>6.18 mm</b>	<b>37.05 m<sup>3</sup></b>

Primera evaluación	66.33%	6.98	mm	41.90	$m^3$
Segunda evaluación	64.32%	7.20	mm	43.20	$m^3$
Tercera evaluación	66.87%	6.93	mm	41.56	$m^3$

Nota: En la tabla 13, se puede observar los valores de la lámina bruta ajustada obtenida, con una eficiencia aplicación recomendada de 75 % tenemos una lámina bruta de 6.18 mm; mientras, que las láminas brutas ajustadas para las distintas eficiencias de aplicación halladas en cada evaluación de presente trabajo es mayor.

#### 4.1.3.6. Parámetros hidráulicos recalculado

Una vez hallada la eficiencia de aplicación en las distintas evaluaciones realizadas procedimos a recalculamos el caudal de diseño, obteniendo los siguientes resultados.

**Tabla 14**

*Caudal de diseño para las distintas eficiencias halladas.*

	Eficiencia de aplicación (Ea)	Caudal de diseño (Qd)	
Asumido	75%	1.83	l/s
Primera evaluación	66.33%	2.07	l/s
Segunda evaluación	64.32%	2.13	l/s
Tercera evaluación	66.87%	2.05	l/s

Nota: En la tabla 14, se puede observar los valores de caudal de diseño halladas para las distintas eficiencias de aplicación, donde podemos observar que para una eficiencia de aplicación de 75%, recomendado por las distintas bibliografías obtenemos un caudal de 1.83 l/s y para las eficiencias calculadas en las distintas evaluaciones del presente trabajo el caudal de diseño es mayor.

## 4.2. Discusión de resultados

1. Los resultados obtenidos según el objetivo general, se determinó la eficiencia de aplicación del aspersor VYR 60 en el método de riego presurizado en la comunidad de Saraica en condiciones reales de riego, presentó (CU) de 70.13%, (UDci) de 61.49%, eficiencia de aplicación (Ea) 65.84% que llega al área de riego según el ítem 4.1.3.4, en la investigación de Callisaya, J. (2018) para el aspersor 223B de impacto presenta resultados de (CU) de 78.11%, (Uci) de 68.98% y una eficiencia de aplicación de (Ea) 82.57% (Ver ítem 2.1.1), en su investigación de Baltazar, I.(2014) para el aspersor VYR 50 presenta resultados de (CU) de 73.94% (UDci) de 61.04% mostrados en el ítem 2.1.1; considerando los resultados antes mencionados la evaluación realizada del UDci y CU, según Keller y Bliesner citados por Serrano (2014), dentro las relaciones entre CU y UDci, se recomiendan valores de:  $UD < 60\%$  ( $CU > 75\%$ ) considerados bajos para cultivos extensos así como para forrajeras; y  $UD > 75\%$  ( $CU > 84\%$ ) para cultivos de alto valor, estos últimos son logrados, de acuerdo a Tarjuelo (1999), en condiciones de viento menores a 2 m/s por lo tanto los resultados presentados en UD, se consideran aceptables pero no óptimos ya que no son menores que el 60%; pero, tampoco son óptimos ya que ninguno supera el 75%, respecto a CU en la presente investigación y en la investigación del Baltazar, I (2014). Se considera inaceptable ya que el valor está por debajo de 75%; mientras, que en la investigación Callisaya, J. (2018), se considera aceptable ya que supera el 75% en síntesis las evaluaciones UDci y CU, se consideran bajos ya que ninguno presenta un valor superior a  $UD > 75\%$  -  $CU > 84\%$  para poder indicar una eficiencia de aplicación adecuada.

**2.** Los resultados según los objetivos específicos, se determinó parámetros agronómicos llegando a calcular la demanda hídrica en la comunidad de Saraica distrito de Yanaca – Apurímac para el cultivo de alfalfa es de 3.29 mm/día en el mes de octubre como se muestra en la figura 16, con una frecuencia de riego de 5 días; haciendo el ajuste de los parámetros agronómicos con una eficiencia de aplicación de 75%, se determinó una demanda total requerida de 6.18 mm que debe satisfacer la necesidad neta del cultivo en cada aplicación de riego de 4 horas para donde se requiere un volumen de  $37.05 m^3$  para un área de 0.6 ha . En la investigación de Calero, N. Pilatasig M. (2021), la demanda hídrica del cultivo de cacao en el recinto San Francisco de Chipe Mana Ecuador fue de 1.89 mm/día siendo el mes crítico setiembre, con una frecuencia de riego de 5 días aplicando una eficiencia de aplicación de 75%, se llegó a calcular una lámina total requería de 12.58 mm con un tiempo de riego de 2 horas se requiere un volumen de  $161.05 m^3$  para un área de 1.28 ha según el ítem 2.1.1, en la tesis de Díaz, C. Pretel, E. (2014) se llegó a determinar una demanda hídrica en el sector la Arenita, distrito Paiján -Chicama Trujillo en el mes crítico de enero con una demanda hídrica de 4.45 mm/día con una eficiencia de 90% y un tiempo de riego de 2.5 horas se calculó una lámina neta a reponer de 4.73 mm/día según se muestra en el ítem 2.1.2, con los resultados antes mencionados podemos indicar que la diferencia de demanda hídrica y el mes crítico que obtuvieron es distinto para cada zona de acuerdo a la temporada de secano y a los parámetros meteorológicos de cada lugar.

**3.** Los resultados según los objetivos específicos, se determinó parámetros hidráulicos, para una superficie de riego de 0.6 ha con 2 sectores de 0.30 ha cada una, realizado una aplicación de riego de 4 horas con la cual se cuenta con una jornada efectiva de 8 horas.

Llegando a determinar que las líneas laterales de riego serán de un diámetro de 32 mm para laterales con 2 aspersores. Para las líneas portlaterales, el diámetro calculado es de 63 mm para un caudal de 4.23 l/s. En la línea principal, será de 50 mm de diámetro para conducir un caudal de 4.23 l/s con una velocidad de 3.71 m/s con presiones de 37 mca – 48.29 mca en los puntos de salida, mostrados en el ítem 4.1.2.3.7, en la tesis de Calero, N. Pilatasig M (2021). El cálculo hidráulico concluyó que para las líneas laterales los diámetros de instalación óptimos son de 25 mm para laterales con 3 aspersores y de 32 mm para el funcionamiento de 4 aspersores. Para las líneas porta laterales, el diámetro calculado es de 63 mm para un caudal de 4 l/s. En la línea principal, se calculó un diámetro de 90 mm para un caudal de 6.72 l/s y una velocidad de 1.17 m/s con una presión de bombeo de 58.10 mca según el ítem 2.1.1, Los resultados antes mencionados varían de acuerdo al caudal de diseño que pueden ser tomados de acuerdo a la demanda hídrica o al caudal necesario para el funcionamiento del aspersor según esto se verán los cambios de dimensiones en los diámetros de tubería, por supuesto a las características de relieve de cada lugar.

### 4.3. Prueba de hipótesis.

#### 4.3.1. Hipótesis general

La aplicación del aspersor VYR 60 influye en el método de riego presurizado en la comunidad de Saraica, distrito de Yanaca, provincia de Aymaraes - Apurímac, 2020

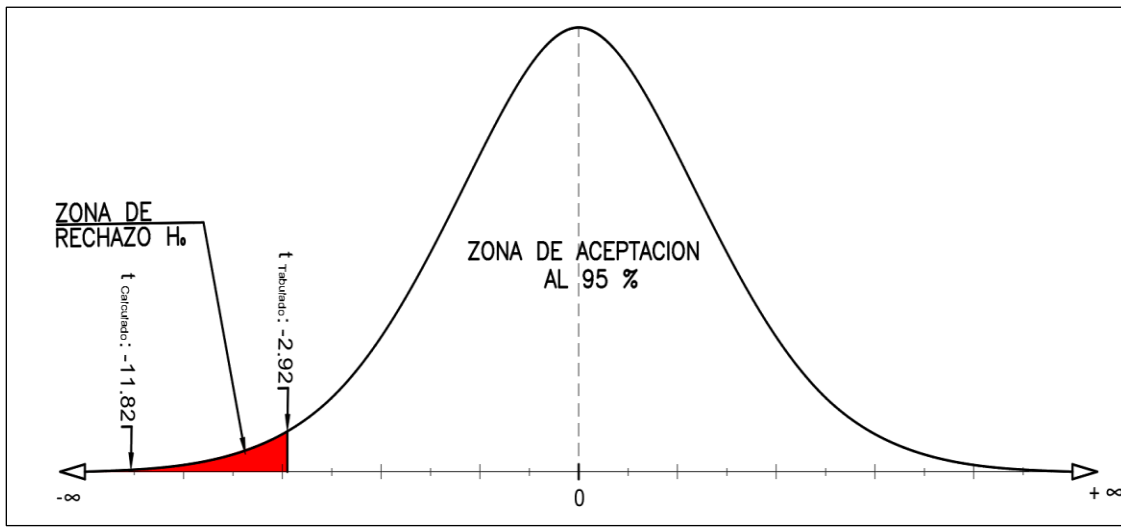
**(hipótesis nula) Ho:** La aplicación del aspersor VYR 60 no influye en el método de riego presurizado en la comunidad de Saraica, distrito de Yanaca, provincia de Aymaraes- Apurímac, 2020.

**(hipótesis alternativa) H1:** La aplicación del aspersor VYR 60 influye en el método de riego presurizado en la comunidad de Saraica, distrito de Yanaca, provincia de Aymaraes – Apurímac, 2020.

Ho= $\eta \geq 75\%$     X  
H1= $\eta < 75\%$

Datos	
<b>Eficiencia recomendada (<math>\eta</math>)</b>	<b>75 %</b>
Numero de pruebas (n)	3
Nivel de confianza	95 %
Nivel significancia	5 %
Media	65.83 %
Desviación estándar	1.34
grados de libertad	2

	Prueba de hipótesis general			t (tabulado)	
	tc(calculada)	g.l	nivel de significancia	límite inferior	límite superior
Porcentaje de Eficiencia de aplicación al 75%	-11.82	2	0.05	-2.92	$-\infty$



**Decisión:** Rechazo la hipótesis nula por ser  $t$  calculada menor que  $t$  tabulado.

**Conclusión:** Con resultados estadísticos, podemos concluir que la eficiencia de aplicación del aspersor VYR 60 influye en el método de riego presurizado en la comunidad de Saraica, distrito de Yanaca, provincia de Aymaraes -Apurímac-2020, afirmando que la eficiencia de aplicación recomendada del 75% no es la adecuada para satisfacer la demanda del cultivo debiéndose reajustar, afectado así al diseño agronómico e hidráulico requiriendo mayor cantidad de agua y mayores diámetros de tubería para satisfacer adecuadamente la demanda hídrica del cultivo.

#### 4.3.2. Hipótesis específicas

**Hipótesis específicas 1:** La eficiencia de aplicación del aspersor VYR 60 influye en diseño agronómico.

H<sub>0</sub>: La eficiencia de aplicación del aspersor VYR 60 no influye en diseño agronómico.

H<sub>1</sub>: La eficiencia de aplicación del aspersor VYR 60 influye en diseño agronómico.

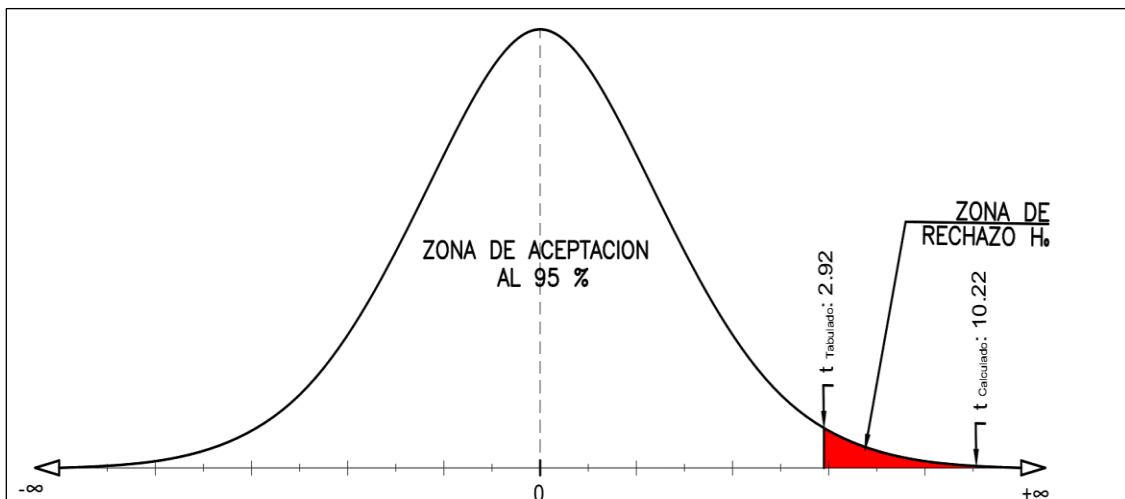
$H_0 = \eta < 6.18$

X

$H_1 = \eta > 6.18$

Datos		
<b>Lamina bruta Ajustada (<math>\eta</math>)</b>	<b>6.18</b>	<b>mm</b>
Numero de pruebas (n)	3	
Nivel de confianza	95	%
Nivel significancia	5	%
Media	7.04	mm
Desviación estándar	0.15	
Grados de libertad	2	

Prueba de hipótesis específica 1					
	$t_c$ (calculada)	g.l	nivel de significancia	t (tabulado)	
				límite inferior	límite superior
Demanda bruta Ajustada ( $\eta$ ) 6.18 mm	10.22	2	0.05	2.92	$+\infty$



**Decisión:** Rechazo la hipótesis nula por ser t calculada mayor que t tabulado.

**Conclusión:** Con resultados estadísticos podemos concluir que la eficiencia de aplicación si influye en el diseño agronómico, porque la demanda bruta ajustada es mayor que al calculado con una eficiencia de aplicación de 75% por ende se necesitará una mayor cantidad de agua para satisfacer la demandad del cultivo.

**Hipótesis específicas 2:** La eficiencia de aplicación del aspersor VYR 60 influye en diseño hidráulico.

Hi: La eficiencia de aplicación del aspersor VYR 60 no influye en diseño hidráulico.

H0: La eficiencia de aplicación del aspersor VYR 60 influye en el diseño hidráulico.

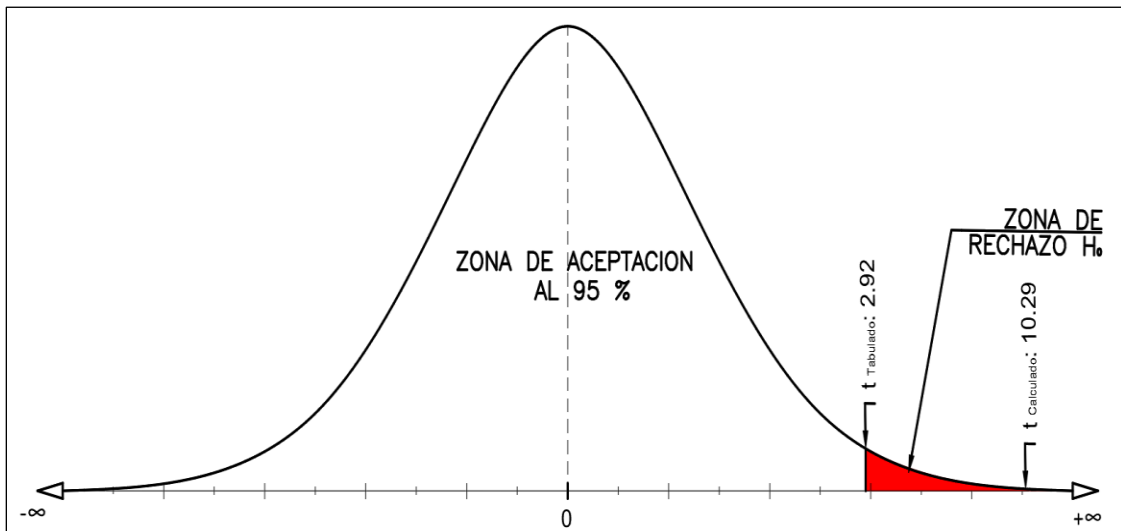
$H_0 = \eta < 1.83$

X

$H_1 = \eta > 1.83$

Datos	
<b>Caudal de diseño (<math>\eta</math>)</b>	<b>1.83</b> l/s
Numero de pruebas (n)	3
Nivel de confianza	95 %
Nivel significancia	5 %
Media	2.09 l/s
Desviación estándar	0.04
grados de libertad	2

Prueba de hipótesis específica 2					
	tc(calculada)	g.l	nivel de significancia	t (tabulado)	
				límite inferior	límite superior
Caudal de diseño ( $\eta$ ) 1.83 l/s	10.29	2	0.05	2.92	$+\infty$



**Decisión:** Rechazo la hipótesis nula por ser  $t$  calculada mayor que  $t$  tabulado.

**Conclusión:** Con resultados estadísticos podemos concluir que la eficiencia de aplicación influye en el diseño hidráulico, porque que el caudal de diseño es mayor que al calculado con una eficiencia de aplicación de 75%, por lo que se necesitará un mayor caudal consecuentemente mayores diámetros para conducir el agua.

## **Conclusiones:**

1.- La eficiencia de aplicación del aspersor VYR 60 en el método de riego presurizado en la comunidad de Saraica en condiciones reales de riego tiene un valor de (Ea) 65.84%, esto representa el porcentaje de agua que llega al área regada del total aplicado considerando las pérdidas por Pe y Pd, el coeficiente de uniformidad (CU) es 70.13%, quiere decir, que el 70.13% de la superficie regada ha recibió una ampliación de agua uniforme y una desuniformidad de aplicación del agua de un 29.87% con relación a la media aplicada, la uniformidad de distribución en el cuarto inferior (UDci) de 61.49 % esto implica que por cada mm de agua que recibe el suelo el 75 % del área regada recibirá el 61.49% de la lámina media aplicada y el 25% del área regada recibirá menos del 61.49% de la lámina media aplicada. La eficiencia calculada de 65.84% según lo mostrado en el ítem 4.1.3.4 se considera un valor BAJO esto debido a que se realizó el estudio en un área altamente accidentada.

2.- El diseño agronómico estableció que la demanda hídrica del cultivo de alfalfa en la comunidad de Saraica es mayor en los meses de julio a noviembre, siendo el mes crítico octubre donde la necesidad neta de agua es más alta con una lámina de 3.29 mm/día, lo que explica la necesidad de optimizar el uso del agua mediante el método de riego presurizado como se muestra en la figura 16; considerando una frecuencia de riego de 5 días según lo mostrado en el ítem 4.1.2.3.5 con una eficiencia de aplicación del 75%, se determinó una Lámina bruta ajustada de 6.18 mm mostrado en el ítem 4.1.2.3.7, que deben satisfacerse la necesidad de cultivo en cada aplicación de riego, con un tiempo de 4 horas para lo cual se necesita un volumen de  $37.05 m^3$  para un área de 0.6 ha según el ítem 4.1.2.3.10.

3. Para el diseño hidráulico el aspersor escogido (VYR 60), tiene un caudal de funcionamiento de 0.53 l/s, presión de funcionamiento de 2.5 bar – 5.5 bar y un diámetro de alcance de 12 - 19 m mostrado en la tabla 11. El marco de riego es triangular de 18m x 18m con la que se logra una intensidad de aplicación de 7.52 mm/h según se muestra en el ítem 4.1.3.2.2, requiriéndose un tiempo riego de 4 horas para satisfacer la demanda total requerida, determinando que para las tuberías laterales los diámetros de instalación adecuados son de 32 mm para laterales con 2 aspersores. Para las tuberías portlaterales, el diámetro determinado es de 63 mm para un caudal de 4.23 l/s. En la tubería principal, se calculó un diámetro de 50 mm para un caudal de 4.23 l/s y una velocidad de 3.71 m/s según lo mostrado en el ítem 4.1.1.3.7. El cálculo de la presión se muestra en el anexo 13, teniendo presiones de 37 mca – 48.29 mca en los puntos de salida.

## **Recomendaciones:**

1. Para una mejor estimación eficiencia de aplicación, se recomienda efectuar estudios de diferentes marcos de riego y distintos tipos de aspersores en relación al desempeño hidráulico por la variabilidad climática que presenta esta región, así como hacer el estudio para áreas más grandes de riego así se podrá evidenciar de mejor manera la influencia de la eficiencia de aplicación en los parámetros hidráulicos llegando a estimar los costos de instalación.

2. Es de vital importancia recoger muestras de suelo para determinar sus capacidades físicas e hídricas del suelo como capacidad de campo, punto de marchitez permanente, humedad aprovechable y densidad aparente puesto que si estos valores son errados tendremos un diseño agronómico errado inherentemente el diseño hidráulico.

3. Debido a los factores climáticos y superficiales, es decir, principalmente la influencia negativa de la pendiente, viento y las altas temperaturas durante el día que llegan a producir pérdidas de agua por evaporación y arrastre, se recomienda realizar riegos nocturnos, ya que minimiza las pérdidas por evaporación y evita la acción de arrastre de las partículas diminutas de gotas del aspersor así como examinar constantemente la tubería de aducción, válvula de control y purga y filtros para realizar la respectiva limpieza y evitar el taponamiento.

4. Se recomienda hacer la evaluación del comportamiento de la distribución del agua sobres el suelo a pendientes mayores 10 %, así como reajustar la eficiencia de aplicación empleada en los futuros proyectos de riego en nuestra región.

## Referencias

- Baltazar, I. (2014). *Estudio del comportamiento hidráulico relacionado a la uniformidad de aplicación mediante el método de riego por aspersión en la estación experimental de choquenaira*. [Tesis de pregrado, Universidad Mayor de San Andres, La Paz, Bolivia] Repositorio institucional UNSA.  
<https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/5634/T-2045.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Carlos D, S. (2006). *Hidrología I*. Medoza, Argentina. (<https://silo.tips/download/unidad-5-las-precipitaciones>)
- Cavero, J. (2014). *Riego por asperción de la alfalfa en el valle del ebro; dosis y manejo de riego*. (1 Dept. Suelo y Agua, Estación Experimental de Aula Dei (CSIC), Avda. Montañana 1005, 50059) Zaragoza (<https://digital.csic.es/handle/10261/178407>)
- Callisaya, J. (2018). *Aplicacion de tres laminas de agua con riego por aspersión en el cultivo de alfalfa en la estacion experimental de Choquenaira -La Paz*. [Tesis de maestria - Máster of Science, Universidad Mayor de San Andres, La Paz, Bolivia] Repositorio institucional UNSA. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/18376/TM-2548.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Calero, N. Pilatasig, M (2021). *Diseño agronómico e hidráulico para la implementación de un sistema de riego por aspersión en el cultivo de cacao (theobroma cacao l.) de variedad ccn51*, [Tesis de pregrado Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Mana, Ecuador] Repositorio institucional UTC.  
<http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/7719/1/UTC-PIM-000348.pdf>
- Delgadillo, O. J. (2011). *Evaluacion del riego por aspersión en parcela, apuntes metodológicos para la práctica*. Cochabambas, Bolivia: Centro andino para la gestion y uso del agua ,

centroagua-UMSS.([http://www.centro-agua.umss.edu.bo/wp-content/uploads/2022/04/S\\_T\\_32011\\_delgadilloyotros\\_evaluacion-riego-por-aspersion-en-parcelafinalc.pdf](http://www.centro-agua.umss.edu.bo/wp-content/uploads/2022/04/S_T_32011_delgadilloyotros_evaluacion-riego-por-aspersion-en-parcelafinalc.pdf))

- Díaz, C. Pretel, E. (2014). *Diseño hidráulico y agronómico para un sistema de riego tecnificado del sector la Arenita, distrito Paiján -Chicama*, [Tesis de Pregrado, Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Peru] Repositorio institucional UPAO.  
[https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/685/1/REP\\_ING.CIVIL\\_CARLO\\_S.DIAZ\\_EDWIN.PRETEL\\_DISE%c3%91O.HIDR%c3%81ULICO.AGRON%c3%93MICO.SISTEMA.RIEGO.TECNIFICADO.SECTOR.LA.ARENITA.DISTRITO.PAIJ%c3%81N.CHICAMA.pdf](https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/685/1/REP_ING.CIVIL_CARLO_S.DIAZ_EDWIN.PRETEL_DISE%c3%91O.HIDR%c3%81ULICO.AGRON%c3%93MICO.SISTEMA.RIEGO.TECNIFICADO.SECTOR.LA.ARENITA.DISTRITO.PAIJ%c3%81N.CHICAMA.pdf)
- De La Cruz, M. (2015). *Evaluación del coeficiente de uniformidad y eficiencia de aplicación en el sistema de riego por aspersión Pacuri-Socos - Ayacucho*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga, Ayacucho, Peru] Repositorio institucional. <https://1library.co/document/zw3d0dvy-evaluacion-coeficiente-uniformidad-eficiencia-aplicacion-aspersion-pacurisocos-ayacucho.html>
- FAO. (2019). *Organizacion de las Naciones Unidas para la Alimentacion y la Agricultura*. Obtenido de (<http://www.fao.org/3/y3918s/y3918s10.htm>)
- Fernández, G. R. (2010). *Manual de riego para agricultores:Riego por asperción - Módulo 3*. Sevilla: Andalucía,Consejería de agricultura y pesca.  
([https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337160240Riego\\_por\\_aspersixn.pdf](https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337160240Riego_por_aspersixn.pdf))
- Fernández, G. R. (2010). *Manual de riego para agricultores:Fundamentos del riego- Módulo 1*. Sevilla: Andalucía,Consejería de Agricultura y Pesca.  
([https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337160941Fundamento\\_del\\_riego\\_1.pdf](https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337160941Fundamento_del_riego_1.pdf))
- Fuentes, J. L. (1999). *Técnicas de riego*. México: Mundi - Prensa México, S.A. de C.V.(<https://es.scribd.com/document/384267334/Tecnicas-de-Riego-Fuentes-Yague-Garcia-Legaspi>)

- Fernández, R. Morillo, C. Milla, M. García, N. Oyonarte A. *Manual de riego para agricultores Módulo 4. Riego Localizado*. Junta de Andalucía. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera Consejería de Agricultura y Pesca ([https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337160941RIEGO\\_BAJA.pdf](https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337160941RIEGO_BAJA.pdf))
- Fernández, A. (2019). *Estudio agronómico e hidráulico del sistema de riego tecnificado Pumahuanca, distrito de Urubamba - provincia de Urubamba - Cusco*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Peru] Repositorio institucional .  
[https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/11448/Fernandez\\_ca.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/11448/Fernandez_ca.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Gurovich, L. (1985). *Fundamentos de diseño de un sistema de riego*. (T, Saravi edi.) Costa Rica: CidiaIca(<http://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/7213/BVE18040268e.PDF;jsessionid=5CD9E7804156C53ED65375D86B5B707B?sequence=1>)
- Jhonson, O. (2020, 31 de marzo). Prueba de hipótesis t de Student con una cola negativa [video].  
<https://www.youtube.com/watch?v=Ged-jKhYih>
- López, R. (1997). *Riego localizado*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentacion. España: Mundi-prensa.( original publicado en 1997)
- Luza, D. (2006). *Introducion al riego presurizado y diseño de un sistema de riego por aspersión, progrma de posgrado en gestion integral de recursos hídricos - UMSS*. Cochabamba, Bolivia.( <https://fdocuments.ec/document/metodo-diseno-riego.html>)
- Lima, F. (2015). *Factores que dificultan el funcionamiento del sistema de riego presurizado en la comunidad de “flores rancho” del Municipio de Cliza*. [Tesis de Pregrado, Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, Bolivia] Repositorio institucional.  
<https://prism.ucalgary.ca/bitstream/handle/1880/51237/Tesis%20de%20Marcelo%20Marcial%20Felipe%20Lima.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Montero, J. (2000). *Análisis de la distribución de agua en el sistema de riego por aspersión estacionario*. Universidad de Castilla: Revista AGOS 35. Vol 3, N°46. p.125. (<https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=71259>)
- Morán, D. G. (2010). *Métodos de investigación*. (C. Ramírez, ed.) Pearson educación de México, S.A de C.V. (<https://docplayer.es/21659307-Metodos-de-investigacion.html>)
- Mérida, H. (2017). *Análisis de la eficiencia de distribución de agua del sistema de riego por aspersión de la aldea Quilínco, Chiantla, Huehuetenango*. [Tesis de posgrado - Magíster en gerencia de la agricultura sostenible y los recursos naturales, Universidad Rafael Landívar Quetzaltenango, Guatemala] Repositorio institucional .  
<http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesiseortiz/2017/06/07/Merida-Hector.pdf>
- Moreno, E. (2016, 05 de diciembre). Metodología de la investigación, pautas para hacer tesis. Consultado al 25 junio del 2022. (<https://tesis-investigacion-cientifica.blogspot.com/2016/12/niveles-de-investigacion-cientifica.html#:~:text=Nivel%20Descriptivo,%2C%20grupos%2C%20comunidades%2C%20etc>)
- PACC, p. d. (2010). *Caracterización agroclimática de la región de Apurímac*. Lima: Ministerio del Ambiente, Perú. (<https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01401SENA-14.pdf>)
- Pereira, L. Valero, J. Picornell, M. Tarjuelo, J. (2010). *El riego y sus tecnologías*. CREA - UCLM. Albacete España  
([https://www.researchgate.net/publication/272171215\\_El\\_riego\\_y\\_sus\\_tecnologias](https://www.researchgate.net/publication/272171215_El_riego_y_sus_tecnologias))
- Paz, G. B. (2014). *Metodología de la investigación*. México: Grupo editorial patria 3ª edición. ([http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales\\_de\\_consulta/Drogas\\_de\\_Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf](http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf))
- Rojas, G. (2017). *Evaluación del coeficiente de uniformidad de Christiansen en riego por aspersión con línea lateral unitaria en el distrito Huambo, provincia Caylloma, región*

- Arequipa.[Tesis de pregrado, Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Perú]  
Repositorio institucional . <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/7157>
- Serrano, G. (2014). *Ingeniería de riego tecnificado*. La Paz, Bolivia: Primera edición. .( original publicado en 2014)
- Soto, O. (2002). Manual y diseño y gestion de sistemas de riego por aspersión en laderas ,  
Poyecto Masal. Cusco.  
([https://www.academia.edu/5420901/MANUAL\\_PARA\\_EL\\_DISE%C3%91O\\_Y\\_GESTI%C3%93N\\_DE\\_PEQUE%C3%91OS\\_SISTEMAS\\_DE\\_RIEGO\\_POR\\_ ASPERSI%C3%93N\\_EN\\_LADERAS](https://www.academia.edu/5420901/MANUAL_PARA_EL_DISE%C3%91O_Y_GESTI%C3%93N_DE_PEQUE%C3%91OS_SISTEMAS_DE_RIEGO_POR_ ASPERSI%C3%93N_EN_LADERAS))
- Sampieri, r. H. (2014). Metodología de la investigación. México: McGRAW-HILL. Sexta edición (<https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>)
- Sampieri, R. H. (2018). *Metodología de la investigación de las rutas cuantitativas, cualitativas y mixta*. México: McGRAW-HILL  
([http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales\\_de\\_consulta/Drogas\\_de\\_Abuso/Articulos/SampieriLasRutas.pdf](http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/SampieriLasRutas.pdf))
- Tarjuelo, J. (1999). *El riego por aspersión y su tecnología*. Madrid: mundi-Prensa 2da edición.  
(<https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=DO2003100007>)
- Tarjuelo, J. M. (2005). *Riego por aspersión y su tecnología*. Barcelona, España: Mundi-Prensa 3 ra edición.( <https://www.mundiprensa.com/catalogo/9788484762256/el-riego-por-aspersion-y-su-tecnologia>)
- Talavera, J. O. (2011). *Diseño de investigación*. México.  
<https://www.medigraphic.com/pdfs/imss/im-2011/im111k.pdf>
- Turpo, H. (2017). *Evaluación y diseño de un sistema de riego por aspersión en la comunidad campesina Juan Velasco Alvarado del distrito de Nuñoa - Melgar - Puno*. [Tesis de

pregrado, Universidad Andina “Néstor Cáceres Velásquez, Juliaca - Perú] Repositorio institucional. <http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/887>

Takaezu, D. (2017). *Diseño para la implementación de un sistema de riego tecnificado en el campamento villa Cuajone, Southern Peru Copper Corporation, Moquegua, Peru.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima-Perú] Repositorio institucional .

<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/2687/F06-T3-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Talavera, J. O. (2011). *Diseño de investigación*. México.

<https://www.medigraphic.com/pdfs/imss/im-2011/im111k.pdf>

VYR. (2022). VYR-60. Consultado al 25 junio 2022 . [VYR-60 - Aspersores Medio Caudal - Agricultura - Vyrsa.com](#)

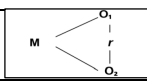
## **Anexos**

<b>Anexo 1</b> <i>Matriz de consistencia</i> .....	102
<b>Anexo 2</b> <i>Instrumentos de recolección de datos</i> .....	103
<b>Anexo 3</b> <i>Base de datos</i> .....	106
3.1. <i>Temperatura media mensual New LocClim</i> .....	106
3.2. <i>Radiación Extraterrestre Media Diaria (RMD)</i> .....	108
3.3. <i>Data meteorológica y Precipitación regionalizada</i> .....	109
3.4 <i>Cálculo de la evapotranspiración potencial</i> .....	113
3.5 <i>Coefficiente de cultivo “Kc” para Diferentes Especies</i> .....	114
3.6 <i>Cálculo de la demanda de hídrica</i> .....	115
3.7 <i>Prueba de velocidad de infiltración</i> .....	116
3.8 <i>Informe de análisis de suelo</i> .....	118
3.9 <i>Características y especificaciones técnicas – VYR 60</i> .....	119
3.10. <i>Data topográfica</i> .....	121
3.11. <i>Planos</i> .....	126
3.12. <i>Calculo hidráulico</i> .....	128
3.13. <i>Cálculo del CU Y UDci</i> .....	130
<b>Anexo 4</b> <i>Evidencias</i> .....	136
<b>Anexo 5</b> <i>Glosario</i> .....	139
<b>Anexo 6</b> <i>Declaración personal de autenticidad y de no plagio</i> .....	140

Anexo 1 Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA							
TITULO	EFICIENCIA DE APLICACIÓN DEL ASPERSOR VYR 60 EN EL MÉTODO DE RIEGO PRESURIZADO EN LA COMUNIDAD DE SARAICA, DISTRITO DE YANACA, PROVINCIA DE AYMARAES, REGIÓN APURÍMAC - 2020						
LINEA DE INVESTIGACION	HIDRAULICA						
AUTOR	FLORES TORBISCO NICK						
PLANTEAMIENTO	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENCIONES	INDICADORES	TECNICAS Y INSTRUMENTOS	METODOLOGIA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE				NIVEL DE INVESTIGACION
¿Cuál es la eficiencia de aplicación del aspersor VYR 60 en el método de riego presurizado en la comunidad de Saraica, distrito de Yanaca, provincia de Aymaraes, región Apurímac - 2020?	Determinar la eficiencia de aplicación del aspersor VYR 60 en el método de riego presurizado en la comunidad de Saraica, distrito de Yanaca, provincia de Aymaraes, región Apurímac, 2020.	la aplicación del aspersor VYR 60 influye en la eficiencia del riego presurizado en la comunidad de Saraica, distrito de Yanaca, provincia de Aymaraes, región Apurímac, 2020.	Eficiencia de aplicación	Eficiencia de aplicación	Coeficiente de uniformidad de Chistiansen (CU)	Formato para el cálculo de infiltración propuesto por Juan C. Callisaya Catari en su tesis de Master of Science de "Aplicación de tres laminas laminas de agua con riego por aspersión en el cultivo de alfalfa en la estación experimental de Choquenaira -la Paz" Bolivia, 2018. (Ver anexo 2)	descriptivo: El propósito de este nivel de estudio es describir situaciones y eventos. Decir cómo es y cómo se manifiesta determinado fenómeno. Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades importantes, Desde el punto de vista científico, describir es medir con la mayor precisión posible, la investigación es descriptiva por que se tendrá una medida más real de la eficiencia de aplicación del aspersor VYR 60 y ver como esta modifica el diseño agronómico y hidráulico
					Uniformidad de distribución (UD)		
					Eficiencia de distribución (EDa)		
					Perdida por evaporación y arrastre por el viento (Pe)		
					perdidas por fugas en conduccion (Pd)		
PROBLEMA ESPECIFICOS	OBJETIVO ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICA	VARIABLE DEPENDIENTE				TIPO DE INVESTIGACION
¿Cuál es el diseño agronómico para la evaluación de la eficiencia de aplicación del aspersor VYR 60?	Determinar el diseño agronómico para la evaluación de la eficiencia de aplicación del aspersor VYR 60	La eficiencia de aplicación del aspersor VYR 60 influye en diseño agronómico	Metodo de riego presurizado	Diseño agronomico	Necesidades de agua del cultivo	Metodologia de Hargreaves Ajustado	Descriptiva llamada también investigación estadística, se describen los datos y características de la población o fenómeno en estudio. Este tipo de Investigación responde a las preguntas: quién, qué, dónde, cuándo y cómo. En la presente investigación se evaluará la eficiencia de aplicación del aspersor VYR 60 mediante la lámina de agua aplicada en cuarto inferior; según Dr. Marroquín Peña Roberto "Un estudio de esta índole emplea datos recolectados para demostrar una hipótesis, midiendo números y datos estadísticos para probar las teorías".
					Propiedades físicas y aptitudes hídricas del suelo	Laboratorio de suelos	
					Parametros agronomicos de riego	Metodologia de luza	
¿Cuál es el diseño hidráulico para la evaluación de la eficiencia de aplicación del aspersor VYR 60?	Determinar el diseño hidráulico para la evaluación de la eficiencia de aplicación del aspersor VYR 60	La eficiencia de aplicación del aspersor VYR 60 influye en diseño hidráulico.	Metodo de riego presurizado	Diseño hidraulico	Caudal de diseño	Medicion de caudal	Diseño correlacional. Se explora los efectos de las variables, asumiendo que en la variable independiente se ha producido un cambio señalando efectos sobre la variable dependiente. (Sampieri, 2014), la investigación es correlacional por que cuantificaremos la eficiencia de riego bajo condiciones de funcionamiento reales del aspersor Vyr 60 con la finalidad de indicar los efectos en el diseño agronomico e hidraulico del metodo de riego presurizado.
					Eleccion del aspersor	Calculo hidraulico de redes habiertas mediante la formula de Hazen - williams	
					Parametros hidraulicos de riego		

Fuente: Elaboración propia



**DATOS DE INGRESO**

Lugar :  
 Fecha :  
 Metodo :  
 Observador :  
 Asistente :  
 N°. De Prueba :  
 Hora inicio :  
 Hora Medio :  
 Hora Final :

Observaciones :

**1 CONDICIONES INICIALES**

Modelo y mara de emisores

Separacion entre emisores

Condiciones meteorologicas

**2 PLUVIOMETROS Y MEDIDA DE PRESION EN LOS ASPERSORES**

Datos obtenidos en los aspersores evaluados

Presion	Tiempo de medicion cada 10 min			
Aspersor 1	0	10	20	30
P(bar)				

Presion	Tiempo de medicion cada 10 min			
Aspersor 2	0	10	20	30
P(bar)				

Presion	Tiempo de medicion cada 10 min			
Aspersor 2	0	10	20	30
P(bar)				

Presion	Tiempo de medicion cada 10 min			
Aspersor 2	0	10	20	30
P(bar)				

Aspersor	Presion (bar)	caudal (l/s)
1ro		
2do		
3ro		
4to		

pluviometro de evaporacion

volumen inicial		mm
volumen final		mm
diferencia		mm

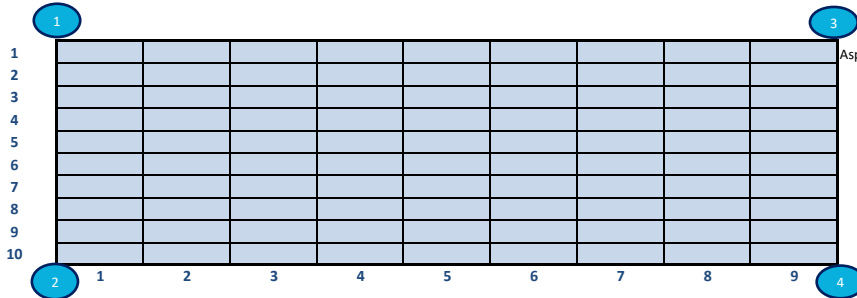
Aspersor 1	vol.boquilla		Vol.J total (mm)	Tiempo (s)	Caudal (l/s)
	(a)	(b)			

Aspersor 2	vol.boquilla		Vol. total (mm)	Tiempo (s)	Caudal (l/s)
	(a)	(b)			

Aspersor 3	vol.boquilla		Vol. total (mm)	Tiempo (s)	Caudal (l/s)
	(a)	(b)			

Aspersor 4	vol.boquilla		Vol. total (mm)	Tiempo (s)	Caudal (l/s)
	(a)	(b)			

Lamina aplicada-red pluviometrica



Aspersor Vyr 60



**Diagrama del volumen aplicado**

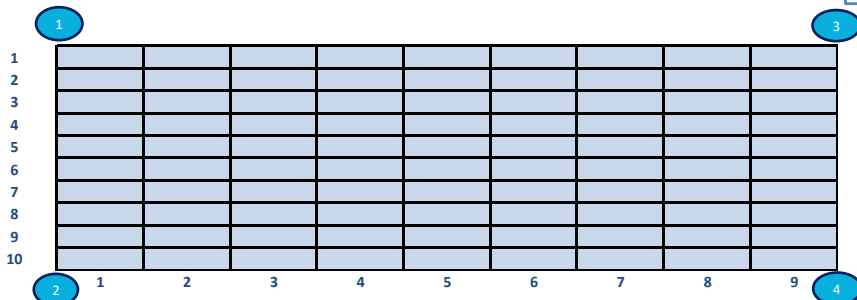
Ordenando los datos de menor a mayor

La uniformidad del sistema

conociendo que los pluviometros tienen un diametro de



$$vol = A * h \rightarrow h = \frac{vol}{A} \rightarrow \frac{Vol}{\pi(r^2)}$$



A 0 3.141592

Calculo de la lamina promedio

Lamina promedio =		cm
		mm
Lamina media del c.i. =		cm
		mm
Udci =		%

#iNUM!

Calculo de la lamina medida del cuarto inferior

Calculo de la uniformidad de distribucion en el cuarto inferior

$$UDci = \frac{(Z)_{25\%}}{Z} * 100$$

Coefficientes de uniformidad

N°	Hi	Hm	(Hi-Hm)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			
39			
40			
41			
42			
43			
44			
45			
46			
47			
48			
49			
50			
51			
52			
53			
54			
55			
56			
57			
58			
59			
60			
61			
62			
63			
64			
65			
66			
67			
68			
69			
70			
71			
72			
73			
74			
75			
76			
77			
78			
79			
80			
81			
82			
83			
84			
85			
86			
87			
88			
89			
90			
Media			
Suma			
Desv. Stan			
Desv. Prom			

calculo del coefiente de uniformidad

$$CU = 100 * \left(1 - \frac{\sum(Hi-Hm)}{Hi}\right)$$

$$CU = 1 - \frac{DESVPROM}{Hi}$$

CU %

Calculo mediante la formula (1)

CU

Calculo mediante la formula (2)

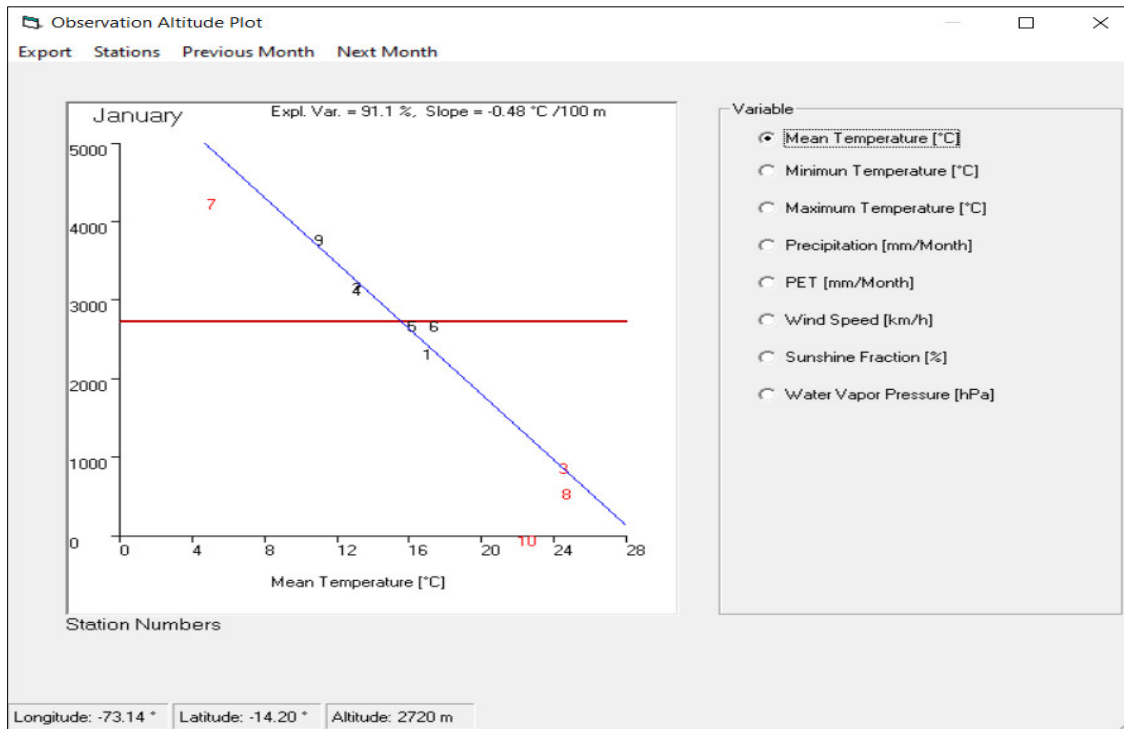


### Anexo 3 Base de datos

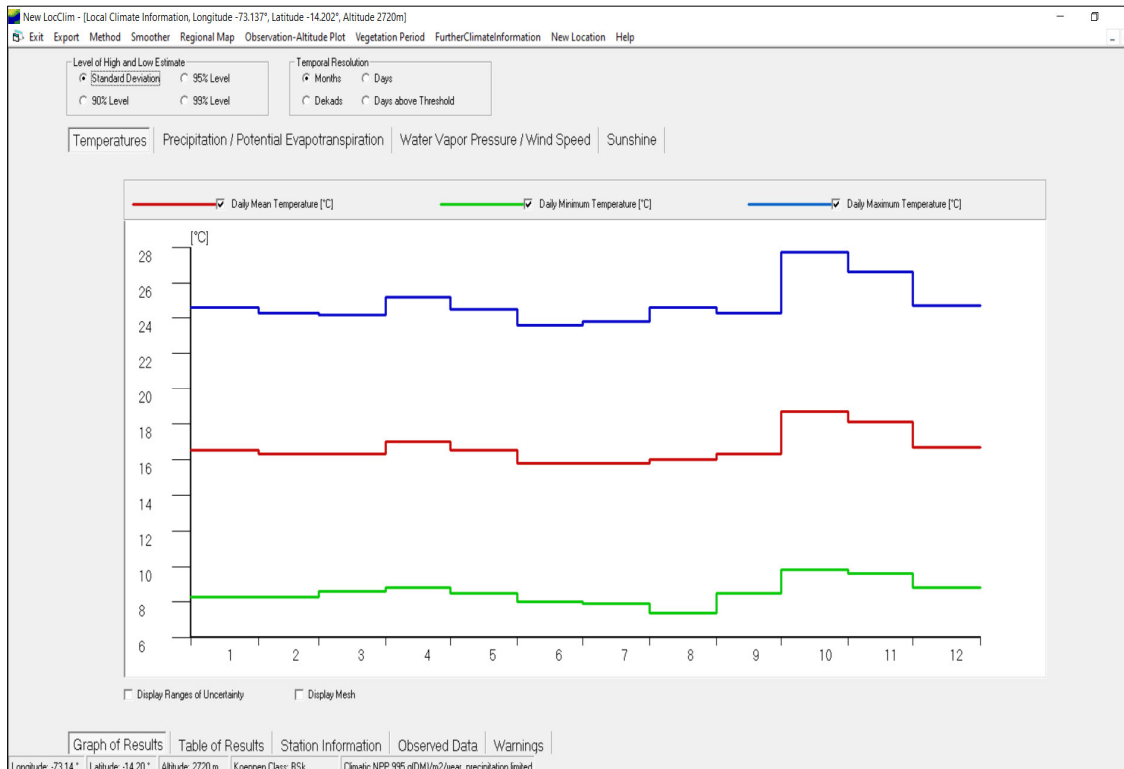
#### ➤ 3.1. Temperatura media mensual New LocClim

### REPORTE DE New LocClim TEMPERATURA MEDIA

#### ➤ Diagrama lineal:



#### ➤ Grafica de temperaturas:



➤ 3: Resultado:

New LocClim - [Local Climate Information, Longitude -73.137°, Latitude -14.202°, Altitude 2720m]

Exit Export Method Smoother Regional Map Observation-Altitude Plot Vegetation Period FurtherClimateInformation New Location Help

Level of High and Low Estimate  
 Standard Deviation  95% Level  
 90% Level  99% Level

Temporal Resolution  
 Months  Days  
 Decades  Days above Threshold

Temperatures | Precipitation / Potential Evapotranspiration | Water Vapor Pressure / Wind Speed | Sunshine

	Best Estimate	Low Estimate	High Estimate	Standard Error	Bias	Vertical Gradient	Longitudinal Gradient	Latitudinal Gradient	Gradient Direction	Gradient Direction	Absolute Gradient	Expt. Var of Alt. Cor.	Expt. Var of Hor. Cor.
T_Max	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C/100m]	[°C/100km]	[°C/100km]	Degrees		[°C/100km]	%	%
January	24.60	18.41	30.79	6.19	-0.69								
February	24.30	18.29	30.31	6.01	-0.63								
March	24.20	18.01	30.39	6.19	-0.57								
April	25.20	18.63	31.77	6.57	-0.41								
May	24.50	17.73	31.27	6.77	-0.69								
June	23.60	16.59	30.61	7.01	-0.68								
July	23.80	16.75	30.85	7.05	-0.69								
August	24.60	17.19	32.01	7.41	-0.68								
September	24.30	16.57	32.03	7.73	-0.67								
October	27.70	20.30	35.10	7.40	-0.61								
November	26.60	19.45	33.75	7.15	-0.86								
December	24.70	18.11	31.29	6.59	-0.79								
Mean	24.84	18.00	31.68	6.84	-0.66								
T_Min	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C/100m]	[°C/100km]	[°C/100km]	Degrees		[°C/100km]	%	%
January	8.30	2.15	14.45	6.15	-1.03								
February	8.30	2.08	14.52	6.22	-1.01								
March	8.60	2.77	14.43	5.83	-0.93								
April	8.80	3.03	14.57	5.77	-0.70								
May	8.50	2.93	14.07	5.57	-0.43								
June	8.00	1.61	14.39	6.39	-0.23								
July	7.90	1.42	14.38	6.48	-0.42								
August	7.40	0.58	14.22	6.82	-0.64								
September	8.50	2.43	14.57	6.07	-0.97								
October	9.80	3.35	16.25	6.45	-1.08								
November	9.60	3.29	15.91	6.31	-1.18								
December	8.80	2.85	14.75	5.95	-1.14								
Mean	8.54	2.37	14.71	6.17	-0.81								

Graph of Results | Table of Results | Station Information | Observed Data | Warnings

Longitude: -73.14° | Latitude: -14.20° | Altitude: 2720 m | Köppen Class: BSk | Climatic NPP: 995 gDM/(m2)/year, precipitation limited

## 3.2. Radiación Extraterrestre Media Diaria (RMD)

Número de horas de Sol Máxima Media Diaria Probable (DL) para diferentes Meses y Latitudes.

Latitud	MESES											
	Sur	En.	Feb.	Marz.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agto.	Set.	Oct.	Nov.
50°	15.9	14.5	12.7	10.8	9.1	8.1	8.5	10.1	11.8	13.8	15.4	16.3
48°	15.6	14.3	12.6	10.9	9.3	8.3	8.8	10.2	11.8	13.6	15.2	16.0
46°	15.4	14.2	12.6	10.9	9.5	8.7	9.1	10.4	11.9	13.5	14.9	15.7
44°	15.2	14.0	12.6	11.0	9.7	8.9	9.3	10.5	11.9	13.4	14.7	15.4
22°	14.9	13.9	12.9	11.1	9.8	9.1	9.4	10.6	11.9	13.4	14.6	15.2
40°	14.7	13.7	12.5	11.2	10.0	9.3	9.6	10.7	11.9	13.3	14.4	15.0
35°	14.3	13.5	12.4	11.3	10.3	9.8	10.1	11.0	11.9	13.1	14.0	14.5
30°	13.9	13.2	12.4	11.5	10.6	10.2	10.4	11.1	12.0	12.9	13.6	14.0
25°	13.5	13.0	12.3	11.6	10.9	10.6	10.7	11.3	12.0	12.7	13.3	13.7
20°	13.2	12.8	12.3	11.7	11.2	10.9	11.0	11.5	12.0	12.6	13.1	13.3
15°	12.9	12.6	12.2	11.8	11.4	11.2	11.3	11.6	12.0	12.5	12.8	13.0
10°	12.6	12.4	12.1	11.8	11.6	11.5	11.6	11.8	12.0	12.3	12.6	12.7
5°	12.3	12.3	12.1	12.0	11.9	11.8	11.8	11.9	12.0	12.2	12.3	12.4
0°	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1

FUENTE: Estudio FAO Riego y Drenaje N° 24. Las Necesidades de agua de los cultivos.

Radiación Extraterrestre Media Diaria (RMD) Expresada en Equivalente de Evapotranspiración (mm/día) para diferentes latitudes y meses

Latitud Sur	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0°	15.0	15.5	15.7	15.3	14.4	13.9	14.1	15.6	15.3	15.4	15.1	14.8
2°	15.3	15.7	15.7	15.1	14.1	13.5	13.7	14.5	15.2	15.5	15.3	15.1
4°	15.5	15.8	15.6	14.9	13.8	13.2	13.4	14.3	15.1	15.6	15.5	15.4
6°	15.8	16.0	15.6	14.7	13.4	12.8	13.1	14.0	15.0	15.7	15.8	15.7
8°	16.1	16.1	15.5	14.4	13.1	12.4	12.7	13.7	14.9	15.8	16.0	16.0
10°	16.4	16.3	15.5	14.2	12.8	12.0	12.4	13.5	14.3	15.9	16.2	16.2
12°	16.6	16.3	15.4	14.0	12.5	11.6	12.0	13.2	14.7	15.8	16.4	16.5
14°	16.7	16.4	15.3	13.7	12.1	11.2	11.6	12.9	14.5	15.8	16.5	16.5
16°	16.9	16.4	15.2	13.5	11.7	10.8	11.2	12.6	14.3	15.8	16.7	16.8
18°	17.1	16.5	15.1	13.2	11.4	10.4	10.8	12.3	14.1	15.8	16.8	17.1
20°	17.3	16.5	15.0	13.0	11.0	10.0	10.4	12.0	13.9	15.8	17.0	17.4
22°	17.4	16.5	14.8	12.6	10.6	9.6	10.0	11.6	13.7	15.7	17.0	17.5
24°	17.5	16.5	14.6	12.3	10.2	9.1	9.5	11.2	13.4	15.6	17.1	17.7
26°	17.6	16.4	14.4	12.0	9.7	8.7	9.1	10.9	13.2	15.5	17.2	17.8
28°	17.7	16.4	14.3	11.6	9.3	8.2	8.6	10.4	13.0	15.4	17.2	17.9
30°	17.8	16.4	14.0	11.3	8.9	7.8	8.1	10.1	12.7	15.3	17.3	18.1
32°	17.8	16.2	13.8	10.9	8.5	7.3	7.7	9.6	12.4	15.1	17.2	18.1
34°	17.8	16.1	13.5	10.5	8.0	6.8*	7.2	9.2	12.0	14.9	17.1	18.2
36°	17.9	16.0	13.2	10.1	7.5	6.3	6.8	8.8	11.7	14.6	17.0	18.2
38°	17.9	15.8	12.8	9.6	7.1	5.8	6.3	8.3	11.4	14.4	17.0	18.3
40°	17.9	15.7	12.5	9.2	6.6	5.3	5.9	7.9	11.0	14.2	16.9	18.3
42°	17.8	15.5	12.2	8.8	6.1	4.9	5.4	7.4	10.6	14	16.8	18.3
44°	17.8	15.3	11.9	8.4	5.7	4.4	4.9	6.9	10.2	13.7	16.7	18.3
46°	17.7	15.1	11.5	7.9	5.2	4.0	4.4	6.5	9.7	13.4	16.7	18.3
48°	17.6	14.9	11.2	7.5	4.7	3.5	4.0	6.0	9.3	13.2	16.6	18.2
50°	17.5	14.7	10.9	7.0	4.2	3.1	3.5	5.5	8.9	12.9	16.5	18.2

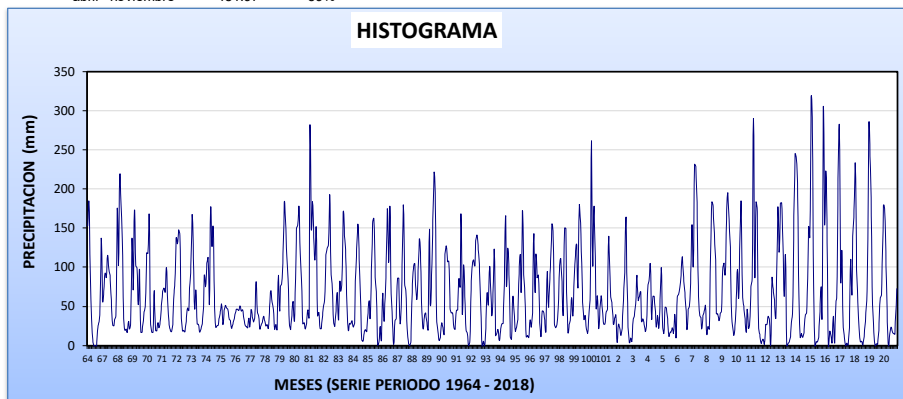
FUENTE: Estudio FAO Riego y Drenaje.

REGISTRO DE PRECIPITACIONES MENSUAL COMPLETADAS Y EXTENDIDAS															
Precipitación Mensual Acumulada (mm)															
ESTACION:		CURPAHUASI			LAT: 14° 3' 41" S		Departamento : APURIMAC								
CODIGO:					LONG: 72° 40' 0" W		Provincia : GRAU								
CUENCA:		Intercuenca Alto Apurímac			ALT: 3,500 msnm		Distrito : CURPAHUASI								
															CUADRO Nº 01
ITEM	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	MEDIA
1	1966	152.70	183.50	94.20	34.00	7.20	0.00	0.00	0.00	23.70	28.70	44.90	137.70	706.60	58.88
2	1967	57.07	69.81	92.73	87.31	115.13	98.18	89.60	58.18	26.65	25.50	33.66	38.60	792.41	66.03
3	1968	174.95	102.20	217.04	181.63	135.58	43.48	19.50	21.08	17.23	31.19	21.19	28.89	993.96	82.83
4	1969	137.05	71.09	173.48	102.77	99.26	51.97	97.62	17.23	17.23	31.72	43.03	54.33	896.78	74.73
5	1970	118.72	117.82	166.35	32.62	17.23	17.23	70.18	19.50	18.59	29.79	23.01	30.25	661.29	55.11
6	1971	51.68	69.69	73.43	68.75	99.38	54.57	30.47	20.06	17.57	26.85	68.04	80.14	660.63	55.05
7	1972	137.28	129.70	148.03	141.01	43.26	18.71	19.50	17.80	31.38	48.35	44.95	73.92	853.89	71.16
8	1973	102.09	167.83	112.05	47.67	70.98	27.76	27.19	17.23	21.53	27.42	49.14	89.98	760.87	63.41
9	1974	75.19	105.49	111.78	52.31	175.63	126.87	150.97	62.72	23.46	25.49	26.29	34.21	970.41	80.87
10	1975	42.98	53.20	26.66	45.24	51.39	48.28	45.88	34.71	31.83	22.29	28.15	34.24	464.85	38.74
11	1976	40.45	46.31	46.31	44.90	50.96	43.78	45.53	34.51	26.27	24.56	22.98	35.28	461.84	38.49
12	1977	24.02	45.74	37.12	30.34	37.46	82.16	44.24	37.81	21.37	26.55	29.88	37.23	453.92	37.83
13	1978	32.75	25.74	26.89	22.41	49.41	70.33	55.62	46.54	21.37	26.77	20.80	90.09	488.72	40.73
14	1979	44.47	76.30	79.86	117.44	182.94	159.38	114.22	84.80	28.38	20.80	38.04	56.77	1003.40	83.62
15	1980	30.68	67.57	148.58	153.98	177.65	117.67	82.74	28.15	29.19	21.03	28.61	45.96	931.81	77.65
16	1981	36.31	280.96	150.42	184.32	137.89	109.51	150.30	38.27	42.17	21.95	22.06	38.04	1212.20	101.02
17	1982	52.97	58.15	116.29	124.22	129.62	193.39	98.82	74.35	31.83	24.48	44.13	67.80	1016.05	84.67
18	1983	32.40	82.63	69.51	82.52	170.43	140.78	113.97	51.29	19.84	28.21	27.53	31.60	850.71	70.89
19	1984	24.10	28.60	82.60	123.50	155.20	110.50	64.40	8.10	5.50	16.40	20.30	18.30	657.50	54.79
20	1985	41.90	57.30	34.70	95.00	156.50	162.00	87.20	62.50	1.20	4.70	24.48	7.10	734.58	61.22
21	1986	66.76	30.90	53.30	101.20	175.40	105.94	178.70	66.40	30.65	1.40	32.00	35.10	877.75	73.15
22	1987	85.90	86.10	28.40	37.10	102.80	179.70	81.30	69.70	22.20	5.10	0.00	6.30	704.60	58.72
23	1988	67.75	99.11	104.41	78.30	58.90	95.30	136.20	108.20	43.00	21.40	36.50	41.60	890.67	74.22
24	1989	29.70	20.70	148.90	52.80	89.00	160.30	221.60	179.50	37.20	18.80	6.20	10.40	975.10	81.26
25	1990	28.60	23.10	14.90	116.90	127.80	107.40	107.90	48.00	41.80	41.80	23.41	20.90	702.51	58.54
26	1991	45.10	45.40	85.50	75.60	168.40	40.80	102.70	63.20	20.70	15.90	0.00	6.40	669.70	55.81
27	1992	71.18	104.13	109.69	102.45	133.90	141.30	122.80	95.30	49.00	0.00	6.00	0.00	935.75	77.98
28	1993	21.90	67.73	52.70	101.20	80.70	38.40	66.86	123.90	12.80	15.80	20.29	6.40	608.68	50.72
29	1994	18.50	28.20	29.00	81.10	165.90	75.90	124.50	90.70	11.90	8.40	62.30	43.99	740.39	61.70
30	1995	19.10	23.70	33.30	91.40	116.10	68.00	172.90	90.50	61.60	11.30	13.30	10.50	711.70	59.31
31	1996	32.70	23.30	42.00	143.10	67.70	117.20	87.10	90.20	29.20	11.60	44.20	43.48	731.78	60.98
32	1997	32.40	18.60	95.12	49.10	85.20	108.10	155.60	140.50	28.34	23.24	27.04	48.22	811.46	67.62
33	1998	96.36	111.08	81.55	40.40	150.10	149.58	69.03	16.84	26.63	35.42	60.98	38.20	876.17	73.01
34	1999	87.00	115.52	128.08	74.45	177.72	157.33	120.60	55.66	33.88	38.66	21.38	16.10	1026.38	85.53
35	2000	39.75	69.00	261.97	101.43	177.94	113.27	48.07	63.83	21.99	46.42	64.18	45.45	1053.30	87.78
36	2001	27.39	27.59	43.05	47.79	140.09	87.25	62.52	51.59	27.47	34.76	38.92	4.40	592.82	49.40
37	2002	27.18	22.51	13.22	21.96	58.21	93.59	164.28	93.81	23.33	4.01	9.41	5.58	537.09	44.76
38	2003	32.27	38.39	52.81	89.96	58.19	63.33	68.47	30.71	34.19	27.82	18.20	29.73	544.07	45.34
39	2004	74.49	84.28	103.31	33.34	63.33	62.74	43.04	23.34	38.49	22.06	59.03	100.18	707.63	58.97
40	2005	27.61	15.33	48.88	48.05	34.61	12.24	17.12	17.01	22.92	16.03	40.23	9.64	309.67	25.81
41	2006	62.32	65.61	74.13	89.99	113.31	87.58	68.08	44.19	20.29	46.42	51.75	92.39	816.06	68.01
42	2007	154.53	102.32	231.48	228.78	183.64	76.26	40.37	35.61	21.37	38.17	43.83	51.09	1207.45	100.62
43	2008	14.63	24.69	21.24	116.92	183.22	178.60	144.20	109.81	40.80	40.86	32.06	41.05	948.08	79.01
44	2009	44.40	97.43	105.43	91.53	160.44	195.49	160.88	126.27	37.86	27.10	13.00	25.19	1085.02	90.42
45	2010	58.56	97.15	61.66	142.15	182.19	67.48	50.91	34.06	17.21	46.58	22.38	28.86	809.19	67.43
46	2011	74.96	86.50	290.14	89.19	183.42	170.87	26.30	14.72	3.13	5.57	8.01	2.03	954.84	79.57
47	2012	27.09	26.65	37.57	32.23	1.79	85.59	71.70	57.80	35.55	84.36	177.36	119.70	757.39	63.12
48	2013	181.50	182.20	132.90	63.30	115.13	0.00	2.50	4.60	11.20	34.00	41.00	166.10	934.43	77.87
49	2014	244.90	238.70	191.00	64.30	10.40	15.40	10.50	16.40	38.10	41.60	67.70	152.40	1091.40	90.95
50	2015	139.20	317.10	274.00	76.30	0.00	5.20	4.50	10.90	43.30	75.30	33.90	304.10	1283.80	106.98
51	2016	155.70	223.40	131.30	0.00	17.90	13.20	3.80	37.40	3.00	57.10	60.40	213.70	916.90	76.41
52	2017	283.00	83.45	122.00	30.30	10.90	0.00	3.50	1.20	22.60	110.40	65.00	139.90	872.25	72.69
53	2018	173.20	233.10	97.50	55.80	22.00	4.60	5.40	1.20	11.60	31.20	57.00	97.20	789.80	65.82
54	2019	281.50	241.90	166.00	52.20	16.90	0.00	2.40	2.00	19.80	59.80	64.30	105.00	1011.80	84.32
55	2020	179.50	171.90	101.30	30.20	0.00	15.50	23.40	18.20	15.20	14.80	50.30	72.60	692.90	57.74
Nº DATOS		55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00
MEDIA		80.30	92.48	101.38	80.41	99.93	83.09	75.96	50.33	25.72	29.56	36.96	57.53	813.65	67.80
DESV.STD		66.36	71.58	66.33	45.60	61.37	56.63	54.47	39.25	11.84	20.01	26.36	56.66	203.18	16.93
C.V.		0.83	0.77	0.65	0.57	0.61	0.68	0.72	0.78	0.46	0.68	0.71	0.98	0.25	0.25
P.MAXIMA		283.00	317.10	290.14	228.78	183.64	195.49	221.60	179.50	61.60	110.40	177.36	304.10	1283.80	106.98
P.MINIMA		14.63	15.33	13.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	0.00	0.00	0.00	309.67	25.81

Fuente: SENAMHI

diciembre - marzo 331.69 41%  
 abril - noviembre 481.97 59%

FECHA: 06/07/2022 8:13

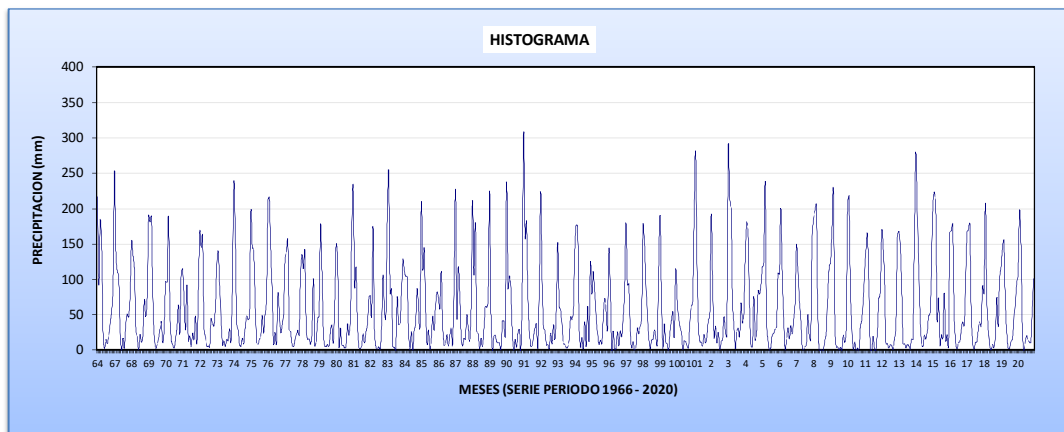


REGISTRO DE PRECIPITACIONES MENSUAL COMPLETADAS Y EXTENDIDAS															
Precipitación Mensual Acumulada (mm)															
ESTACION:		CHALHUANCA			LAT: 14° 23' 34"		S		Departamento : APURIMAC						
CUENCA:		Intercuenca Alto Apurimac			LONG: 73° 10' 45"		W		Provincia : AYMARAE						
					ALT: 2,850		msnm		Distrito : COTARUSE						
ITEM	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	MEDIA
1	1966	217.00	92.00	184.00	145.00	17.00	2.00	15.00	9.00	21.00	39.00	54.00	89.00	884.00	73.67
2	1967	253.00	136.00	111.00	104.00	25.00	0.00	17.00	3.00	39.00	51.00	47.00	78.00	864.00	72.00
3	1968	153.00	134.00	118.00	28.00	19.00	0.00	22.00	11.00	20.00	71.00	47.00	71.00	694.00	57.83
4	1969	190.00	181.00	189.00	76.00	18.00	3.00	7.00	16.00	29.00	40.00	10.00	32.00	791.00	65.92
5	1970	97.00	96.00	189.00	58.00	13.00	8.00	3.00	15.00	32.00	64.00	23.00	110.00	708.00	59.00
6	1971	115.00	70.00	29.00	92.00	13.00	20.00	5.00	24.00	15.00	48.00	9.00	79.00	519.00	43.25
7	1972	167.00	145.00	162.00	30.00	20.00	5.00	6.00	4.00	44.00	38.00	34.00	59.00	714.00	59.50
8	1973	121.00	140.00	90.00	46.00	7.00	13.00	5.00	15.00	13.00	30.00	12.00	90.00	582.00	48.50
9	1974	237.00	174.00	37.00	30.00	8.00	5.00	17.00	9.00	32.00	48.00	43.00	46.00	686.00	57.17
10	1975	196.00	145.00	141.00	69.00	11.00	8.00	15.00	20.00	49.00	24.00	51.00	68.00	797.00	66.42
11	1976	210.00	216.00	140.00	81.00	9.00	25.00	9.00	80.00	54.00	25.00	34.00	51.00	934.00	77.83
12	1977	127.00	139.00	156.00	29.00	26.00	7.00	5.00	13.00	21.00	28.00	21.00	112.00	684.00	57.00
13	1978	135.00	115.00	140.00	30.00	15.00	16.00	8.00	21.00	101.00	6.00	11.00	45.00	643.00	53.58
14	1979	49.00	177.00	115.00	26.00	5.00	5.00	8.00	5.00	27.00	35.00	10.00	68.00	530.00	44.17
15	1980	150.00	135.00	6.00	31.00	7.00	7.00	3.00	5.00	37.00	21.00	39.00	169.00	610.00	50.83
16	1981	232.00	90.00	117.00	42.00	4.00	2.00	6.00	23.00	10.00	26.00	34.00	74.00	660.00	55.00
17	1982	77.00	49.00	175.00	27.00	4.00	1.00	5.00	1.00	34.00	106.00	55.00	44.00	578.00	48.17
18	1983	185.00	252.00	80.00	87.00	5.00	4.00	0.00	75.00	36.00	38.00	81.00	128.00	971.00	80.92
19	1984	112.00	104.00	104.00	26.00	0.00	26.00	0.00	29.00	36.00	87.00	57.00	32.00	613.00	51.08
20	1985	209.00	114.00	144.00	59.00	8.00	28.00	1.00	16.00	48.00	28.00	64.00	82.00	801.00	66.75
21	1986	75.00	59.00	111.00	34.00	7.00	9.00	22.00	6.00	20.00	31.00	8.00	92.00	474.00	39.50
22	1987	227.00	46.00	117.00	82.00	19.00	6.00	17.00	15.00	50.00	32.00	13.00	56.00	680.00	56.67
23	1988	211.00	106.00	179.00	27.00	23.00	2.00	17.00	5.00	28.00	62.00	60.00	69.00	789.00	65.75
24	1989	225.00	49.00	0.00	19.00	21.00	12.00	10.00	10.00	1.00	41.00	41.00	20.00	449.00	37.42
25	1990	237.00	88.00	105.00	88.00	25.00	0.00	15.00	4.00	24.00	29.00	0.00	89.00	704.00	58.67
26	1991	308.00	159.00	182.00	72.00	29.00	5.00	6.00	21.00	31.00	37.00	3.00	86.00	939.00	78.25
27	1992	224.00	100.00	31.00	28.00	7.00	8.00	2.00	24.00	9.00	36.00	15.00	60.00	544.00	45.33
28	1993	152.00	63.00	57.00	34.00	9.00	8.00	3.00	4.00	15.00	47.00	43.00	54.00	489.00	40.75
29	1994	145.00	177.00	175.00	33.00	4.00	18.00	2.00	40.00	5.00	62.00	13.00	124.00	798.00	66.50
30	1995	79.00	111.00	81.00	49.00	24.00	8.00	14.00	9.00	46.00	73.00	57.00	30.00	581.00	48.42
31	1996	143.00	89.00	0.00	27.00	1.00	2.00	26.00	6.00	27.00	19.00	42.00	82.00	464.00	38.67
32	1997	180.00	92.00	94.00	27.00	3.00	12.00	0.00	4.00	31.00	23.00	34.00	43.00	543.00	45.25
33	1998	176.00	152.00	97.00	54.00	21.00	2.00	14.00	15.00	28.00	20.00	7.00	114.00	700.00	58.33
34	1999	190.00	79.00	3.00	37.00	11.00	9.00	0.00	26.00	41.00	54.00	19.00	114.00	583.00	48.58
35	2000	72.00	47.00	33.00	26.00	1.00	13.00	12.00	6.00	3.00	39.00	62.00	69.00	383.00	31.92
36	2001	197.00	280.00	123.00	33.00	12.00	11.00	6.00	22.00	10.00	18.00	44.00	46.00	802.00	66.83
37	2002	192.00	93.00	18.00	34.00	10.00	25.00	1.00	12.00	15.00	47.00	25.00	19.00	491.00	40.92
38	2003	284.90	213.70	199.60	68.70	34.70	1.70	26.40	30.90	19.70	66.60	38.20	52.80	1037.90	86.49
39	2004	134.70	181.10	165.00	58.80	5.90	4.50	75.70	14.70	28.40	84.30	78.90	92.10	924.10	77.01
40	2005	117.00	123.60	237.10	34.50	14.00	0.00	4.00	21.80	23.50	29.50	33.00	108.70	746.70	62.23
41	2006	107.60	200.50	109.40	45.00	1.10	13.90	31.40	15.90	34.50	22.90	41.60	65.60	689.40	57.45
42	2007	148.60	112.10	73.10	45.72	4.33	0.00	4.60	7.60	50.30	20.00	13.90	161.30	641.55	53.46
43	2008	183.50	198.30	205.90	53.80	0.00	0.00	0.00	0.00	14.30	23.33	74.30	118.00	871.43	72.62
44	2009	124.50	170.30	225.20	36.50	4.50	4.50	0.00	3.80	0.00	20.90	10.80	25.90	626.90	52.24
45	2010	203.00	217.50	80.90	30.80	0.70	11.60	0.00	2.90	0.00	33.50	42.93	73.70	697.53	58.13
46	2011	110.50	144.70	163.50	86.50	0.00	0.00	19.40	0.00	0.00	27.80	72.70	81.50	706.60	58.88
47	2012	168.10	147.95	96.00	8.90	9.10	3.20	7.40	6.50	0.80	15.70	33.05	159.00	655.70	54.64
48	2013	168.10	151.20	96.00	8.90	9.10	3.20	7.40	6.50	0.80	15.70	14.90	159.00	640.80	53.40
49	2014	279.40	198.20	119.00	50.36	9.50	4.74	20.81	15.56	24.66	48.54	51.19	116.37	938.33	78.19
50	2015	204.70	223.47	205.48	42.61	73.63	7.24	21.93	16.08	80.51	12.93	21.64	5.05	915.27	76.27
51	2016	166.16	168.51	178.08	47.54	12.18	1.53	10.56	11.86	29.04	39.93	34.04	89.16	788.59	65.72
52	2017	166.46	169.19	178.65	47.56	11.79	1.30	10.55	11.76	29.18	39.80	33.74	90.98	790.96	65.91
53	2018	80.30	207.90	72.00	28.80	5.60	0.00	7.80	3.70	18.30	74.70	33.40	102.80	635.30	52.94
54	2019	116.20	144.10	154.70	69.30	24.90	2.70	2.80	11.90	16.10	40.20	64.90	94.90	742.70	61.89
55	2020	108.70	197.70	152.90	29.30	0.00	11.30	20.30	14.20	10.90	10.50	60.90	101.10	717.80	59.82
N° DATOS		55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00
MEDIA		166.13	139.35	119.01	47.52	12.40	7.39	10.82	14.88	26.60	39.09	35.93	79.85	698.97	58.25
DESV.STD		57.74	54.66	60.96	25.77	11.88	7.14	11.88	14.80	19.17	20.69	20.96	36.88	146.80	12.23
C.V.		0.35	0.39	0.51	0.54	0.96	0.97	1.10	0.99	0.72	0.53	0.58	0.46	0.21	0.21
P.MAXIMA		308.00	280.00	237.10	145.00	73.63	28.00	75.70	80.00	101.00	106.00	81.00	169.00	1037.90	86.49
P.MINIMA		49.00	46.00	0.00	8.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.00	0.00	5.05	383.00	31.92

Fuente: SENAMHI - TC

diciembre - marzo 504.34 72%  
 abril - noviembre 194.63 28%

FECHA: 17/06/2022 17:24



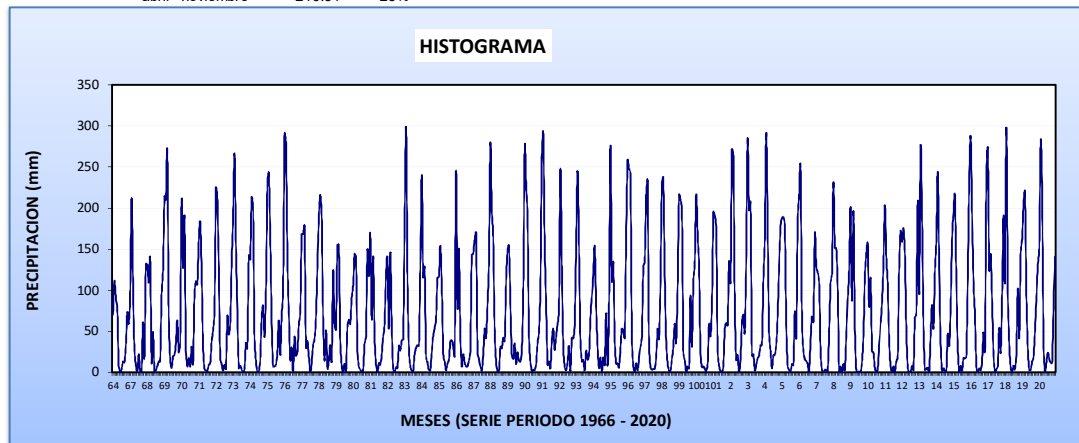
**REGISTRO DE PRECIPITACIONES MENSUAL COMPLETADAS Y EXTENDIDAS**  
Precipitación Mensual Acumulada (mm)

ITEM	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	MEDIA
<b>ESTACION:</b> ANTABAMBA		<b>LAT:</b> 14° 22' 1" S		<b>Departamento :</b> APURIMAC											
<b>CUENCA:</b> Intercuenca Alto Apurimac		<b>LONG:</b> 72° 53' 1" W		<b>Provincia :</b> ANTABAMBA											
		<b>ALT:</b> 3817 msnm		<b>Distrito :</b> ANTABAMBA											
1	1966	70.00	111.00	90.00	77.00	8.00	0.00	4.00	13.00	12.00	34.00	73.00	59.00	551.00	45.92
2	1967	92.00	212.00	106.00	27.00	9.00	1.00	22.00	1.00	0.00	61.00	18.00	132.00	681.00	56.75
3	1968	131.00	109.00	138.00	13.00	49.00	0.00	2.00	8.00	13.00	13.00	94.00	125.00	695.00	57.92
4	1969	214.00	210.00	268.00	69.00	16.00	5.00	19.00	21.00	36.00	63.00	24.00	38.00	983.00	81.92
5	1970	210.00	127.00	189.00	26.00	7.00	17.00	7.00	31.00	11.00	95.00	111.00	107.00	938.00	78.17
6	1971	160.00	183.00	124.00	32.00	4.00	2.00	1.00	9.00	11.00	37.00	51.00	73.00	687.00	57.25
7	1972	224.00	212.00	127.00	18.00	10.00	2.00	9.00	4.00	68.00	46.00	59.00	133.00	912.00	76.00
8	1973	188.00	266.00	155.00	74.00	5.00	8.00	3.00	0.00	4.00	36.00	29.00	142.00	910.00	75.83
9	1974	137.00	213.00	201.00	41.00	14.00	0.00	1.00	14.00	67.00	81.00	43.00	98.00	910.00	75.83
10	1975	227.00	243.00	168.00	60.00	7.00	7.00	9.00	24.00	63.00	21.00	69.00	103.00	1001.00	83.42
11	1976	290.00	280.00	142.00	72.00	15.00	30.00	1.00	43.00	20.00	24.00	59.00	72.00	1048.00	87.33
12	1977	168.00	168.00	178.00	30.00	38.00	19.00	0.00	11.00	33.00	40.00	67.00	128.00	880.00	73.33
13	1978	187.00	216.00	189.00	64.70	14.00	51.00	5.00	14.00	33.00	14.00	124.00	57.00	968.70	80.73
14	1979	52.00	155.00	155.00	38.00	8.00	0.00	10.00	0.00	56.00	64.00	59.00	91.00	688.00	57.33
15	1980	106.00	144.00	139.00	26.00	7.00	3.00	1.00	2.00	35.00	43.00	148.00	117.00	771.00	64.25
16	1981	169.00	64.00	141.00	42.00	10.00	0.00	11.00	9.00	21.00	43.00	59.00	120.00	689.00	57.42
17	1982	139.00	53.00	146.00	55.00	4.00	0.00	6.00	5.00	32.00	26.00	39.00	40.00	545.00	45.42
18	1983	181.00	298.00	118.00	28.00	7.00	2.00	1.00	22.00	29.40	33.00	32.00	132.00	883.40	73.62
19	1984	240.00	116.00	128.00	19.00	12.00	3.00	2.00	24.00	44.10	53.00	66.00	115.00	822.10	68.51
20	1985	116.00	154.00	105.00	23.00	13.00	2.00	11.00	15.00	38.00	39.00	32.00	20.00	568.00	47.33
21	1986	245.00	78.40	150.20	46.00	7.00	22.00	12.00	7.00	7.00	14.00	25.00	143.00	756.60	63.05
22	1987	144.00	162.00	170.00	25.00	16.00	8.00	2.00	21.00	53.00	42.00	82.00	136.00	861.00	71.75
23	1988	279.00	196.00	164.00	51.00	13.00	1.00	1.00	31.00	29.00	42.00	38.00	111.00	956.00	79.67
24	1989	147.00	154.00	84.00	20.00	16.00	35.00	10.00	24.00	14.00	13.00	27.00	96.00	640.00	53.33
25	1990	273.00	229.00	191.00	44.00	13.00	1.00	3.00	2.00	10.00	36.00	50.00	105.00	957.00	79.75
26	1991	262.00	292.00	158.00	82.00	9.00	13.00	5.00	40.00	53.00	27.00	44.00	58.00	1043.00	86.92
27	1992	76.00	247.00	128.00	29.00	7.00	2.00	13.00	32.00	1.00	42.00	41.00	57.00	675.00	56.25
28	1993	152.00	245.00	152.00	38.00	13.00	15.00	2.00	26.00	15.00	20.00	65.00	92.00	835.00	69.58
29	1994	120.00	153.00	80.00	30.00	5.00	18.00	1.00	18.00	9.00	72.00	8.00	78.00	592.00	49.33
30	1995	276.00	112.00	134.00	38.00	10.00	11.00	6.00	30.00	53.00	51.00	42.00	164.00	927.00	77.25
31	1996	258.00	248.00	242.00	42.00	7.00	1.00	11.00	2.00	17.00	31.00	43.00	127.00	1029.00	85.75
32	1997	136.00	216.00	233.00	33.00	6.00	3.00	4.00	4.00	18.00	53.00	41.00	110.00	857.00	71.42
33	1998	228.00	237.00	118.00	37.00	11.00	2.00	1.00	15.80	31.00	59.00	36.00	105.00	880.80	73.40
34	1999	216.00	209.60	198.00	24.00	15.00	0.00	7.00	4.50	93.00	31.00	109.00	134.00	1041.10	86.76
35	2000	216.00	168.00	128.00	23.00	6.00	7.00	4.00	1.00	9.00	58.00	44.00	80.00	744.00	62.00
36	2001	195.00	191.00	177.00	25.00	8.00	1.00	0.00	7.00	53.00	60.00	57.00	135.00	909.00	75.75
37	2002	110.30	271.20	266.00	81.00	15.00	21.00	0.00	16.00	63.00	70.00	49.00	144.00	1106.50	92.21
38	2003	284.40	196.90	207.00	20.00	22.00	2.00	9.00	17.00	20.00	33.00	33.00	112.00	956.30	79.69
39	2004	162.60	291.60	169.80	49.70	25.50	4.70	20.90	21.20	33.60	69.90	129.70	178.00	1157.20	96.43
40	2005	187.60	188.80	179.60	57.20	6.60	2.90	0.00	9.80	8.30	73.90	43.20	184.10	942.00	78.50
41	2006	215.90	250.30	64.40	25.50	15.90	13.70	9.80	0.00	38.90	67.90	61.00	168.60	931.90	77.66
42	2007	128.60	121.80	109.20	26.30	2.10	0.00	2.80	2.50	0.40	49.00	109.80	120.10	672.60	56.05
43	2008	231.00	151.40	150.80	102.30	0.00	6.90	0.00	9.90	2.60	47.90	87.70	124.90	915.40	76.28
44	2009	201.00	86.80	195.90	52.90	2.30	0.00	0.70	0.00	12.70	44.70	115.70	145.30	858.00	71.50
45	2010	156.50	80.00	114.10	25.40	24.10	5.00	0.00	3.60	32.10	59.00	85.30	131.60	716.70	59.73
46	2011	203.10	140.20	105.40	37.80	7.30	0.00	7.20	0.30	13.30	18.40	128.60	171.60	833.20	69.43
47	2012	158.80	175.20	144.20	51.10	5.00	0.00	0.00	7.70	2.80	67.10	70.50	209.00	891.40	74.28
48	2013	95.60	274.70	187.20	57.90	2.70	3.60	5.50	0.80	45.60	81.90	53.60	123.80	932.90	77.74
49	2014	159.10	243.60	126.30	34.70	1.60	4.90	1.80	0.00	46.40	32.50	79.70	161.20	891.80	74.32
50	2015	195.50	215.20	111.30	30.50	0.00	7.80	1.70	17.30	16.60	19.00	115.10	232.30	962.30	80.19
51	2016	287.20	191.90	109.70	70.40	6.80	0.00	4.50	2.30	13.80	48.60	26.10	237.40	998.70	83.23
52	2017	272.50	124.90	144.30	84.70	20.20	0.00	3.60	7.30	54.10	23.70	90.90	190.90	1017.10	84.76
53	2018	109.80	297.90	97.50	35.20	5.60	0.00	8.10	3.60	21.10	101.60	41.40	142.90	864.70	72.06
54	2019	162.70	203.90	219.50	93.60	29.80	2.50	2.60	13.00	18.40	51.00	87.10	131.40	1015.50	84.63
55	2020	151.70	282.80	216.90	35.80	0.00	12.30	23.70	15.90	11.80	11.30	81.20	140.50	983.90	81.99
<b>Nº DATOS</b>		55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00
<b>MEDIA</b>		181.78	190.20	153.33	43.52	11.12	6.90	5.62	12.43	28.13	45.23	63.57	121.50	863.32	71.94
<b>DESV.STD</b>		60.62	64.37	45.25	21.29	9.00	9.89	5.78	10.89	20.95	21.19	32.33	44.82	145.52	12.13
<b>C.V.</b>		0.33	0.34	0.30	0.49	0.81	1.43	1.03	0.88	0.74	0.47	0.51	0.37	0.17	0.17
<b>P.MAXIMA</b>		290.00	298.00	268.00	102.30	49.00	51.00	23.70	43.00	93.00	101.60	148.00	237.40	1157.20	96.43
<b>P.MINIMA</b>		52.00	53.00	64.40	13.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.30	8.00	20.00	545.00	45.42

Fuente: SENAMHI

diciembre - marzo 646.82 75%  
abril - noviembre 216.51 25%

FECHA: 17/06/2022 17:05



**REGISTRO HIDROMETEOROLOGICO GENERADO**  
Precipitación Mensual Acumulada (mm)

MICROCUCENCA HUALLAHUALLA-SARAICA

ESTACION: HUALLAHUALLA-SARAICA

LAT: 14° 12' 11.90" S  
LONG: 73° 03' 55.9434" W  
ALT: 2,720 msnm

Departamento : Apurimac  
Provincia : Aymaraes  
Distrito : Saraica

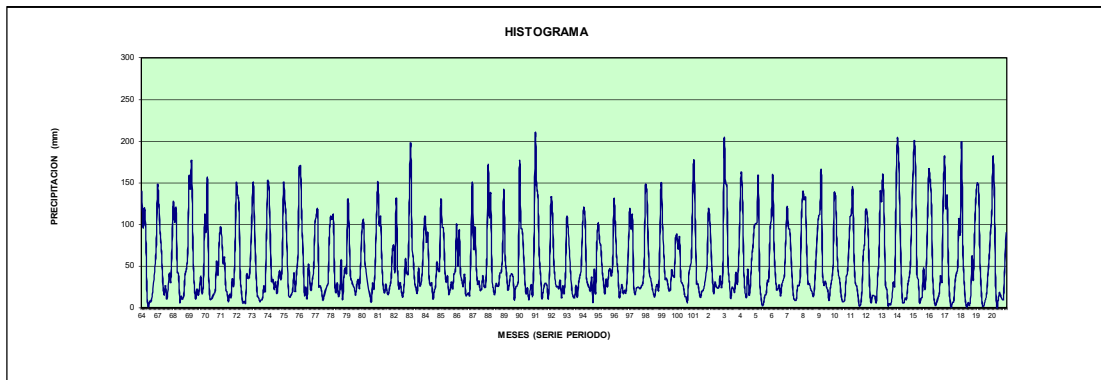
Cuadro N° 05

ITEM	AÑO	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL	MEDIA
1	1966	139.66	95.83	119.97	89.76	10.78	0.93	7.85	7.11	16.07	30.15	48.41	75.64	642.2	53.5
2	1967	146.66	121.68	89.59	67.61	31.24	15.26	26.58	10.52	22.13	41.33	30.98	71.93	675.5	56.3
3	1968	127.28	102.36	119.12	43.72	40.66	6.66	13.62	10.13	14.84	40.58	46.30	65.61	630.9	52.6
4	1969	157.42	142.24	174.77	66.55	27.16	10.48	22.50	14.80	24.22	37.65	16.66	31.74	726.2	60.5
5	1970	110.67	91.25	155.77	37.73	10.24	10.19	13.72	16.95	20.15	55.71	39.33	79.79	641.5	53.5
6	1971	97.40	84.55	52.77	60.35	22.14	18.06	7.21	16.22	12.13	34.71	26.15	65.38	497.1	41.4
7	1972	149.07	135.01	126.42	39.56	18.15	5.63	7.80	5.48	40.58	35.42	35.99	68.77	667.9	55.7
8	1973	114.24	150.78	93.94	45.36	15.24	12.08	7.16	9.58	10.22	26.24	19.65	87.61	592.1	49.3
9	1974	152.23	144.95	79.80	31.19	33.77	21.74	31.21	16.94	33.59	44.48	33.67	48.74	672.3	56.0
10	1975	148.73	130.33	107.41	52.46	14.55	12.68	16.01	20.01	41.83	19.28	43.55	60.06	666.9	55.6
11	1976	169.10	170.51	104.06	60.68	15.37	25.07	11.36	52.05	33.54	20.77	32.63	45.32	740.5	61.7
12	1977	100.53	109.41	118.22	24.87	26.38	20.13	9.09	14.30	20.47	26.09	29.48	86.54	585.5	48.8
13	1978	109.97	106.12	111.74	31.98	17.68	29.73	13.35	20.02	57.49	10.05	36.38	47.54	592.0	49.3
14	1979	41.27	128.72	100.58	38.63	32.14	26.72	23.46	15.30	29.53	33.89	23.83	60.79	554.9	46.2
15	1980	98.13	105.46	57.04	43.82	32.03	21.94	14.29	7.08	29.52	22.69	55.98	111.76	599.7	50.0
16	1981	151.22	99.18	109.14	57.18	25.23	17.70	28.29	18.54	15.85	25.14	32.49	67.27	647.2	53.9
17	1982	75.25	43.59	131.88	43.98	22.61	30.08	18.81	12.98	27.86	58.69	41.05	39.81	546.6	45.5
18	1983	131.59	196.81	74.41	59.24	30.00	23.86	17.68	47.55	26.36	29.38	48.95	93.99	779.8	65.0
19	1984	109.92	78.80	89.79	35.25	26.49	29.63	10.32	20.10	27.50	54.78	44.44	43.68	570.7	47.6
20	1985	129.42	96.43	95.75	47.06	30.62	38.22	16.31	20.38	31.01	22.52	40.62	43.56	611.9	51.0
21	1986	100.47	49.80	93.57	41.66	31.69	25.38	40.27	14.53	15.53	17.73	14.27	80.36	525.3	43.8
22	1987	150.83	71.19	97.02	49.29	28.16	32.11	20.77	22.38	38.55	25.11	24.60	57.71	617.7	51.5
23	1988	171.25	108.66	135.99	36.05	22.61	15.75	28.95	25.91	26.12	41.49	41.97	63.46	718.2	59.8
24	1989	141.98	60.75	41.84	21.41	26.97	38.04	40.83	37.56	9.33	24.80	26.04	32.61	502.2	41.8
25	1990	175.93	96.17	94.16	68.60	34.09	16.67	24.14	9.66	19.77	27.98	14.92	68.18	650.3	54.2
26	1991	208.82	146.72	133.12	63.48	41.25	11.51	19.64	28.46	29.53	25.68	11.36	53.92	773.5	64.5
27	1992	131.78	118.21	60.16	35.22	25.33	25.79	22.68	32.95	11.90	26.18	17.15	40.68	548.0	45.7
28	1993	108.14	95.06	68.90	39.84	19.47	12.98	12.08	26.72	12.30	28.70	37.74	46.82	508.8	42.4
29	1994	97.13	120.90	103.55	34.49	28.39	24.03	20.22	36.48	6.18	46.30	17.37	81.80	616.8	51.4
30	1995	102.04	80.38	72.96	45.28	31.15	16.61	34.32	24.82	42.73	47.07	37.93	52.67	588.0	49.0
31	1996	129.66	100.97	61.29	43.93	12.42	19.10	27.86	17.04	20.82	17.60	35.95	73.39	560.0	46.7
32	1997	119.08	94.38	110.88	27.49	15.80	22.79	24.74	24.27	22.76	26.22	29.17	52.22	569.8	47.5
33	1998	147.88	141.07	84.12	39.56	35.20	24.29	17.28	13.10	24.06	28.05	20.74	82.40	657.7	54.8
34	1999	150.20	101.76	65.89	33.96	35.71	28.26	20.06	21.57	45.24	37.93	36.77	85.59	662.9	55.2
35	2000	88.37	70.40	84.40	32.78	29.07	24.95	13.82	12.78	6.80	38.30	48.49	57.02	507.2	42.3
36	2001	139.55	177.08	103.63	28.26	28.82	18.68	12.35	19.67	20.85	27.25	39.24	52.56	667.9	55.7
37	2002	118.01	107.96	70.65	37.46	16.94	30.66	25.62	23.55	24.79	38.23	24.12	42.29	560.3	46.7
38	2003	201.24	149.40	147.37	50.10	29.95	10.94	24.74	22.85	18.89	42.56	27.94	54.37	780.4	65.0
39	2004	110.59	162.81	130.66	43.58	18.21	12.76	46.36	15.18	26.65	58.23	74.95	98.31	798.3	66.5
40	2005	100.89	102.34	157.91	36.29	13.27	2.53	4.47	14.91	16.27	32.86	31.22	93.51	606.5	50.5
41	2006	108.27	159.56	76.57	40.38	21.47	22.95	27.18	14.12	27.89	33.10	41.00	82.72	656.2	54.6
42	2007	121.58	95.15	94.03	62.15	30.60	11.68	8.95	9.54	26.64	26.21	38.03	109.69	634.2	52.9
43	2008	139.51	129.86	132.71	65.99	28.06	28.92	22.08	19.06	13.45	27.91	59.17	89.20	755.9	63.0
44	2009	109.97	113.40	164.76	42.90	27.17	32.02	24.80	21.10	8.68	23.95	33.22	48.78	650.7	54.2
45	2010	138.38	133.65	72.74	41.78	33.69	16.84	7.80	7.37	9.91	36.01	42.63	68.35	609.1	50.8
46	2011	108.65	111.98	143.98	62.25	29.74	26.17	14.64	2.32	3.49	17.89	64.02	76.92	662.1	55.2
47	2012	117.93	112.26	82.86	20.64	5.62	14.59	14.40	13.60	6.45	35.39	58.44	139.28	621.5	51.8
48	2013	127.25	160.14	107.21	26.94	22.45	2.30	5.05	3.89	12.42	31.04	25.32	127.07	651.1	54.3
49	2014	202.85	183.49	112.94	41.02	6.35	5.66	11.65	9.71	27.76	36.20	52.12	113.73	803.5	67.0
50	2015	160.35	200.75	162.27	38.32	34.07	5.91	11.22	13.03	47.65	21.82	41.30	101.57	838.3	69.9
51	2016	165.83	155.69	127.37	37.96	9.92	2.73	6.49	11.74	17.02	38.24	30.92	127.80	731.7	61.0
52	2017	182.13	119.38	134.06	45.85	11.70	0.60	6.23	7.28	29.23	40.70	46.17	106.80	730.1	60.8
53	2018	88.57	199.43	70.35	29.85	7.23	0.70	6.27	2.71	15.03	62.37	33.57	94.85	610.9	50.9
54	2019	133.76	149.94	146.76	61.28	20.86	1.82	2.25	8.76	14.65	39.32	59.62	89.78	728.8	60.7
55	2020	112.17	181.91	135.43	26.30	0.00	10.39	18.35	12.96	10.05	9.69	54.29	89.75	661.3	55.1
N° DATOS		55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00
MEDIA		130.38	121.76	105.35	44.17	23.56	17.71	17.91	17.41	22.62	32.87	36.70	73.30	643.73	53.64
DESV.STD		32.34	37.26	31.81	14.02	9.46	10.06	9.79	10.06	11.64	11.68	13.61	25.47	82.48	6.87
C.V.		0.25	0.31	0.30	0.32	0.40	0.57	0.55	0.58	0.51	0.36	0.37	0.35	0.13	0.13
P.MAXIMA		208.82	200.75	174.77	89.76	41.25	38.22	46.36	52.05	57.49	62.37	74.95	139.28	838.26	69.85
P.MINIMA		41.27	43.59	41.84	20.64	0.00	0.60	2.25	2.32	3.49	9.69	11.36	31.74	497.05	41.42

Fuente: Elaboración Propia

FECHA: 17/06/2022 17:05

diciembre - marzo 430.79 67% 32.046892  
abril - noviembre 212.95 33%



## 3.4 Cálculo de la evapotranspiración potencial.

**CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL, POR HARGREAVES MODIFICADO.**

Sector: Huallahualla-saraica	Latitud:	14° 12.0660'	Sur					Altitud:	2720	msnm.		
REFERENCIA	MESES											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura Media Mensual (°C)	16.50	16.30	16.30	17.00	16.50	15.80	15.80	16.00	16.30	18.70	18.10	16.70
Temperatura Media Mensual °F = (9/5) T°C +32	61.70	61.34	61.34	62.60	61.70	60.44	60.44	60.80	61.34	65.66	64.58	62.06
Nº de horas de sol Mensual (SM)	169.26	153.99	168.02	194.70	226.92	222.00	232.19	248.31	195.00	220.41	210.00	167.71
Número de horas de sol Máxima Media Diaria Probable (DL)	12.85	12.57	12.18	11.80	11.43	11.25	11.35	11.63	12.00	12.47	12.77	12.95
Número de días del Mes (DM)	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
% de horas de sol Mensual referido al máximo Probable (S)	42.48	43.76	44.48	55.00	64.03	65.79	66.00	68.86	54.17	57.03	54.82	41.77
Radiación Extraterrestre media diaria (RMD) en equivalente de Evaporación (mm/día).	16.72	16.40	15.29	13.68	12.06	11.16	11.56	12.87	14.48	15.80	16.52	16.53
Radiación Extraterrestre mensual en equivalente de Evaporación en mm (RMM). mm = RMM=RMD*DM	518.32	459.20	473.99	410.40	373.86	334.80	358.36	398.97	434.40	489.80	495.60	512.43
Radiación Incidente mensual en equivalente de Evaporación en mm (RSM)=0.075*RMM*S½	253.38	227.82	237.10	228.27	224.37	203.67	218.35	248.31	239.78	277.41	275.22	248.39
Factor de corrección por altura FA = 1+ 0.06 ALT.	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16
<b>Evaporación Potencial Mensual corregida en mm. ETP=0.0075*RSM* °F*FA</b>	<b>136.39</b>	<b>121.91</b>	<b>126.88</b>	<b>124.66</b>	<b>120.77</b>	<b>107.39</b>	<b>115.13</b>	<b>131.71</b>	<b>128.31</b>	<b>158.90</b>	<b>155.06</b>	<b>134.48</b>
<b>Evaporación Potencial Diaria corregida en mm. ETP mm/día</b>	<b>4.40</b>	<b>4.35</b>	<b>4.09</b>	<b>4.16</b>	<b>3.90</b>	<b>3.58</b>	<b>3.71</b>	<b>4.25</b>	<b>4.28</b>	<b>5.13</b>	<b>5.17</b>	<b>4.34</b>

## 3.5 Coeficiente de cultivo "Kc" para Diferentes Especies

**Coeficiente de cultivo "Kc" para Diferentes Especies y de acuerdo a los  
Porcentajes de Crecimiento, para su ejemplo en la Fórmula de Hargreaves.**

Porcentaje de crecimiento	Grupo A	Grupo B	Grupo C	Grupo D	Grupo E	Grupo F	Grupo G	Grupo H
0%	0	0	0	0	0	0	0	0
5%	0.20	0.15	0.12	0.08	1.00	0.60	0.55	0.90
10%	0.36	0.27	0.22	0.15	1.00	0.60	0.60	0.92
15%	0.50	0.38	0.30	0.19	1.00	0.60	0.65	0.95
20%	0.64	0.48	0.38	0.27	1.00	0.60	0.70	0.98
25%	0.75	0.56	0.45	0.33	1.00	0.60	0.75	1.00
30%	0.84	0.63	0.50	0.40	1.00	0.60	0.80	1.03
35%	0.92	0.69	0.55	0.46	1.00	0.60	0.85	1.06
40%	0.97	0.73	0.58	0.52	1.00	0.60	0.90	1.08
45%	0.99	0.74	0.60	0.58	1.00	0.60	0.95	1.10
50%	1.00	0.75	0.60	0.65	1.00	0.60	1.00	1.10
55%	1.00	0.75	0.60	0.71	1.00	0.60	1.00	1.10
60%	0.99	0.74	0.60	0.77	1.00	0.60	1.00	1.10
65%	0.96	0.72	0.58	0.82	1.00	0.60	0.95	1.10
70%	0.91	0.68	0.55	0.88	1.00	0.60	0.90	1.05
75%	0.85	0.64	0.51	0.90	1.00	0.60	0.85	1.00
80%	0.75	0.56	0.45	0.90	1.00	0.60	0.80	0.95
85%	0.60	0.45	0.36	0.80	1.00	0.60	0.75	0.90
90%	0.46	0.35	0.28	0.70	1.00	0.60	0.70	0.85
95%	0.28	0.21	0.17	0.60	1.00	0.60	0.55	0.80
100%	0	0	0	0	0	0	0	0

**Grupo A.-** Frijol, maíz, algodón, papas, remolacha, tomate.

**Grupo B.-** Olivo, durazno, ciruelero, nogal, frutales caducos.

**Grupo C.-** Hortalizas, vid, almendros.

**Grupo D.-** Espárragos, cereales.

**Grupo E.-** Pastos, trébol, cultivos de cobertura, plátano.

**Grupo F.-** Naranja, limón, toronja. Y otros cítricos.

**Grupo G.-** Caña de Azúcar, alfalfa.

**Grupo H.-** Arroz.

**FUENTE:** Jorge Alfredo Luque. *Hidrología Aplicada*.

## 3.6 cálculo de la demanda de hídrica

## CALCULO DE LA DEMANDA DE AGUA PARA UNA CEDULA DE CULTIVO, POR HARGREAVES MODIFICADO.

Sector:			Huallahualla-saraica			Latitud:			14° 12.1983'			Sur			Altitud:			2,720 msnm.		
REFERENCIA			MESES																	
			Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre						
Porcentajes		Areas																		
Alfalfa	100%	0.6	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>0.60</b>																		
Area cultivada por mes (Has).			0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	
Evapotranspiración Potencial (ETP mm/mes)			136.39	121.91	126.88	124.66	120.77	107.39	115.13	131.71	128.31	158.90	155.06	134.48						
(Kc) Coeficiente ponderado.			0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80						
Evapotranspiración Real (ETc mm/mes) ETc = ETP * Kc			109.11	97.53	101.50	99.73	96.62	85.91	92.11	105.37	102.65	127.12	124.05	107.58						
Desviación Estándar para cada mes (SD).			32.34	37.26	31.81	14.02	9.46	10.06	9.79	10.06	11.64	11.68	13.61	25.47						
Precipitación media mensual (PM).			130.38	121.76	105.35	44.17	23.56	17.71	17.91	17.41	22.62	32.87	36.70	73.30						
Precipitación confiable o Depend. (PD) mm PD = -0.6745*SD + PM			108.56	96.62	83.90	34.71	17.18	10.92	11.31	10.63	14.77	24.99	27.52	56.12						
Requerimiento hídrico / Deficit de humedad (mm/día)			0.02	0.03	0.57	2.17	2.56	2.50	2.61	3.06	2.93	3.29	3.22	1.66						
Eficiencia de aplicacion (%)			0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75						
Numero de días del mes			31.00	28.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00						
Requerimiento o demanda unitaria neta (mm/día)			0.02	0.04	0.76	2.89	3.42	3.33	3.48	4.07	3.91	4.39	4.29	2.21						
Requerimiento o demanda unitaria neta m3/ha/día.			0.24	0.43	7.57	28.90	34.17	33.33	34.75	40.75	39.06	43.93	42.90	22.13						
Requerimiento o demanda unitaria neta m3/ha/mes.			7.29	12.12	234.75	866.90	1059.14	999.84	1077.32	1263.19	1171.74	1361.80	1287.03	686.11						
Número de horas de riego			4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00						
Modulo de Riego (l/s/ha)			0.02	0.03	0.53	2.01	2.37	2.31	2.41	2.83	2.71	3.05	2.98	1.54						
Volumen demandado (l/s)			0.01	0.02	0.32	1.20	1.42	1.39	1.45	1.70	1.63	1.83	1.79	0.92						
Volumen demandado (m3/mes)			4.37	7.27	140.85	520.14	635.48	599.91	646.39	757.92	703.05	817.08	772.22	411.66						

REQUERIMIENTO DE CAUDAL DE DISEÑO (l/s)

1.83

MEDICIÓN DE LA INFILTRACIÓN EN EL SUELO MEDIANTE INFILTRÓMETROS DOBLE ANILLO

N	TIEMPO PARCIAL (min)	TIEMPO ACUMULADO (min)	RELLENO (cm)	LECTURA ACHIQUE (cm)	LAMINA PARCIAL (cm)	LAMINA ACUMULADA (cm)	INFILTRACION INSTANTANEA (cm/min)	X (min)	Y (cm)	X*Y (cm/min)	Y <sup>2</sup> (min <sup>2</sup> )	Zinf(cm)	i		
													cm/min	cm/h	
	0.00		15.00												
1	5.00	5.00		13.00	2.00	2.00	24.00	0.70	0.30	0.21	0.49	1.401	0.108	4.43	
2	5.00	10.00		11.40	1.60	3.60	9.60	1.00	0.20	0.20	1.00	1.681	0.065	2.66	
3	5.00	15.00		10.40	1.00	4.60	4.00	1.18	0.00	0.00	1.38	1.871	0.048	1.97	
4	5.00	20.00		8.55	1.85	6.45	5.55	1.30	0.27	0.35	1.69	2.018	0.039	1.60	
5	5.00	25.00	15.00	6.55	2.00	8.45	4.80	1.40	0.30	0.42	1.95	2.141	0.033	1.35	
6	5.00	30.00		11.00	4.00	12.45	8.00	1.48	0.60	0.89	2.18	2.246	0.029	1.18	
7	10.00	40.00	15.00	5.20	5.80	18.25	8.70	1.60	0.76	1.22	2.57	2.423	0.023	0.96	
8	10.00	50.00		11.40	3.60	21.85	4.32	1.70	0.56	0.95	2.89	2.570	0.020	0.81	
9	10.00	60.00	15.00	8.20	3.20	25.05	3.20	1.78	0.51	0.90	3.16	2.696	0.017	0.71	
10	10.00	70.00		10.00	5.00	30.05	4.29	1.85	0.70	1.29	3.40	2.808	0.015	0.63	
11	10.00	80.00	15.00	6.80	3.20	33.25	2.40	1.90	0.51	0.96	3.62	2.909	0.014	0.57	
12	10.00	90.00		11.00	4.00	37.25	2.67	1.95	0.60	1.18	3.82	3.000	0.013	0.53	
13	10.00	100.00	15.00	6.50	4.50	41.75	2.70	2.00	0.65	1.31	4.00	3.085	0.012	0.49	
14	10.00	110.00		11.50	3.50	45.25	1.91	2.04	0.54	1.11	4.17	3.163	0.011	0.45	
15	10.00	120.00	15.00	7.90	3.60	48.85	1.80	2.08	0.56	1.16	4.32	3.237	0.010	0.43	
16	10.00	130.00		12.70	2.30	51.15	1.06	2.11	0.36	0.76	4.47	3.306	0.010	0.40	
17	10.00	140.00		10.20	2.50	53.65	1.07	2.15	0.40	0.85	4.61	3.371	0.009	0.38	
18	10.00	150.00	15.00	8.00	2.20	55.85	0.88	2.18	0.34	0.75	4.74	3.433	0.009	0.36	
19	10.00	160.00		12.30	2.70	58.55	1.01	2.20	0.43	0.95	4.86	3.492	0.008	0.35	
20	10.00	170.00		8.70	3.60	62.15	1.27	2.23	0.56	1.24	4.97	3.548	0.008	0.33	
21	10.00	180.00	15.00	5.40	3.30	65.45	1.10	2.26	0.52	1.17	5.09	3.602	0.008	0.32	
22	10.00	190.00		11.50	3.50	68.95	1.11	2.28	0.54	1.24	5.19	3.653	0.007	0.30	
23	10.00	200.00		8.50	3.00	71.95	0.90	2.30	0.48	1.10	5.29	3.703	0.007	0.29	
24	10.00	210.00	15.00	6.90	1.60	73.55	0.46	2.32	0.20	0.47	5.39	3.751	0.007	0.28	
25	15.00	225.00	15.00	11.00	4.00	77.55	1.07	2.35	0.60	1.42	5.53	3.820	0.007	0.27	
19	15.00	240.00		10.80	4.20	81.75	1.05	2.38	0.62	1.48	5.67	3.885	0.006	0.26	
<b>SUMATORIA</b>															
								<b>48.71</b>	<b>12.12</b>	<b>23.58</b>	<b>96.46</b>				

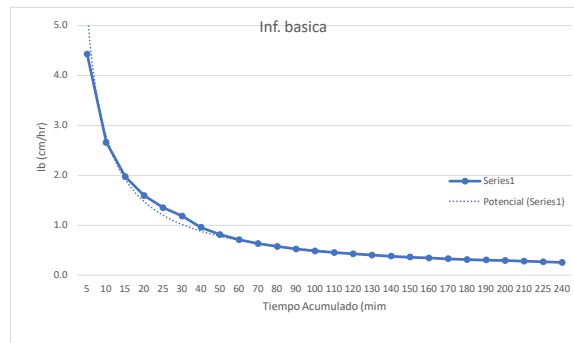
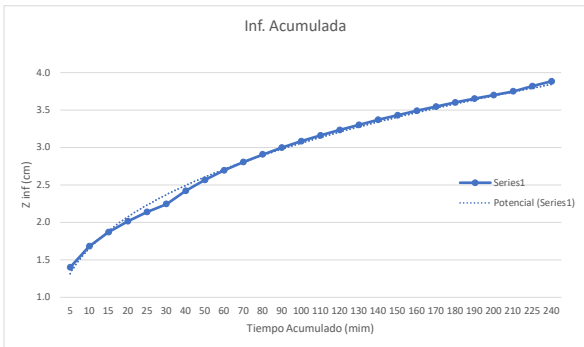
A	-0.03793
B	0.26357

a	0.91637
n	-0.73643

k	14.49178
---	----------

Tb	441
----	-----

lb	0.16 cm/h
lb	1.64 mm/h



PRUEBA N°01

VELOCIDAD DE INFILTRACION BASICA

N	TIEMPO PARCIAL (min)	TIEMPO ACUMULADO (min)	RELLENO (cm)	LECTURA ACHIQUE (cm)	LAMINA PARCIAL (cm)	LAMINA ACUMULADA (cm)	INFILTRACION INSTANTANEA (cm/min)	X (min)	Y (cm)	X*Y (cm/min)	Y <sup>2</sup> (min <sup>2</sup> )	Zinf(cm)	i	
													cm/min	cm/h
	0		15	0										
1	5	5.00		12.1	2.90	2.90	34.80	0.70	0.46	0.32	0.49	1.515	0.109	4.89
2	5	10.00		9.2	2.90	5.80	17.40	1.00	0.46	0.46	1.00	1.825	0.066	2.95
3	5	15.00	15	7.6	1.60	7.40	6.40	1.18	0.20	0.24	1.38	2.035	0.049	2.19
4	5	20.00		13	2.00	9.40	6.00	1.30	0.30	0.39	1.69	2.199	0.040	1.77
5	5	25.00		11.1	1.90	11.30	4.56	1.40	0.28	0.39	1.95	2.335	0.034	1.51
6	5	30.00		9.7	1.40	12.70	2.80	1.48	0.15	0.22	2.18	2.453	0.029	1.32
7	10	40.00	15	7.7	2.00	14.70	3.00	1.60	0.30	0.48	2.57	2.650	0.024	1.07
8	10	50.00		12.1	2.90	17.60	3.48	1.70	0.46	0.79	2.89	2.814	0.020	0.91
9	10	60.00	15	10	2.10	19.70	2.10	1.78	0.32	0.57	3.16	2.955	0.018	0.79
10	30	90.00	15	9.8	5.20	24.90	3.47	1.95	0.72	1.40	3.82	3.296	0.013	0.59
11	30	120.00	15	10.7	4.30	29.20	2.15	2.08	0.63	1.32	4.32	3.561	0.011	0.48
12	30	150.00		10.6	4.40	33.60	1.76	2.18	0.64	1.40	4.74	3.781	0.009	0.41
<b>SUMATORIA</b>								<b>18.34</b>	<b>4.93</b>	<b>7.98</b>	<b>30.19</b>			

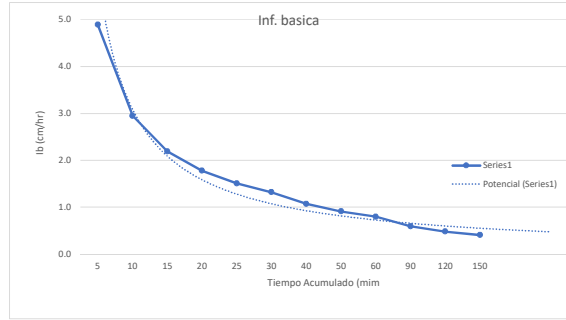
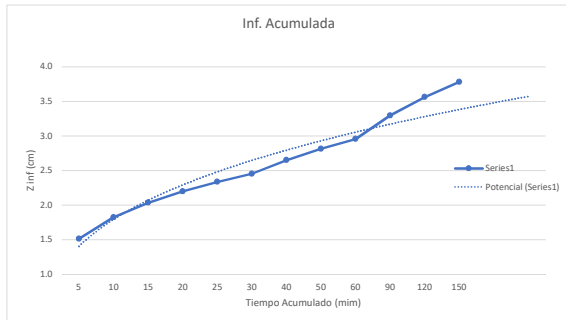
A	-0.00772
B	0.26900

a	0.98237
n	-0.73100

k	15.85545
---	----------

Tb	438
----	-----

lb	0.19 cm/h
lb	1.86 mm/h



3.8 Informe de análisis de suelo



LABORATORIO DE ANALISIS  
QUIMICO, FISICO DE SUELOS  
AGUAS Y PLANTAS

CALLE ALMAGRO N° 190  
TELF.: 277471 - CEL: 984 163025  
SAN JERÓNIMO - CUSCO



INFORME DE ANALISIS

TIPO DE ANALISIS : FERTILIDAD Y FISICO MECANICO  
PROCEDENCIA DE MUESTRAS : C.C. SARAYCA, YANACA, AYMARAES – APURIMAC.  
INSTITUCION SOLICITANTE : PROYECTO DE TESIS EFICIENCIA DE APLICACIÓN DEL ASPERSOR VYR-60 EN EL METODO DE RIEGO PRESURIZADO EN LA COMUNIDAD DE SARAYCA, DISTRITO DE YANACA, PROVINCIA DE AYMARAES – APURIMAC.

ANALISIS DE FERTILIDAD :

N°	CLAVE	mmhos/cm C.E.	pH	% CaCO <sub>3</sub>	% M.ORG.	% N.TOTAL	ppm P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	ppm K <sub>2</sub> O
01	SARAYCA	0.62	7.10	--	3.73	0.19	31.6	115

ANALISIS FISICO MECANICO :

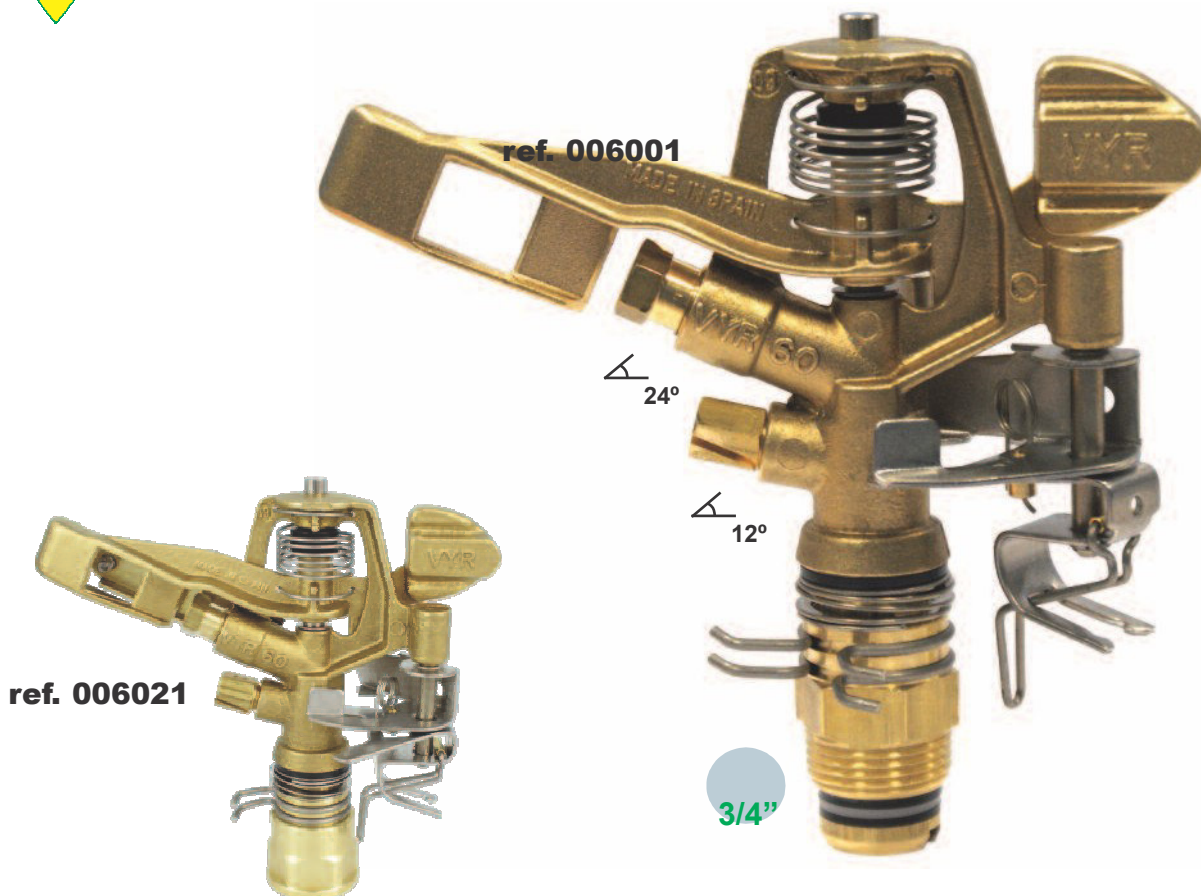
N°	CLAVE	% ARENA	% LIMO	% ARCILLA	CLASE-TEXTURAL
01	SARAYCA	45	26	29	FRANCO-ARCILLOSO-ARENOSO

CUSCO, 28 DE FEBRERO DEL 2,020.

ING. AGRO. Marco Antonio Yapura Cayo  
CIP - 217801  
QUIMICA DE SUELOS Y FERTILIZANTES



FAUSTO YAPURA CONDORI  
ANALISTA: QUIMICA DE SUELOS AGUAS Y PLANTAS



## VYR-60

### Agrícolas sectoriales

#### Características generales:

- Aspersor de impacto sectorial agrícola de medio caudal.
- Conexión macho ó hembra de 3/4".
- Fabricado en latón y acero inox.
- Juntas de rotación de alta resistencia.
- Ángulos de la boquillas de 24° y 12°.
- Sistema mecánico sectorial mediante omegas muy fácil y rápido de ajustar.
- Utilizado en riegos de cobertura con caudales medios para cubrir los marcos de cobertura de los laterales y esquinas.
- Gran diseño mecánico e hidráulico que nos proporciona un ahorro energético muy importante y un óptimo coeficiente de cobertura en su reparto.

#### Especificaciones técnicas:

- Alcance: 12-19 m.
- Caudal: 800 - 3,270 l/h.
- Presión de trabajo: 1,75 - 5 BAR.
- Sector: Sectorial ó circular.
- Boquillas: Una principal de largo alcance y otra secundaria deflectora de corto alcance.
- Ángulos de trayectoria: 24° y 12°.
- Altura máxima de chorro: 3,8 m.
- Tiempo de rotación: Dependiendo de la presión y boquillas es uniforme y continuo.
- Coeficiente de Uniformidad superior al 90% en marcos de 15x18R, 18x18T y 18x20T.

#### Aplicaciones:

- Plantaciones hortícolas, cereales, tuberculosas, leguminosas y frutales.

#### Dimensiones:

- Atura: 16 cm.
- Ancho: 18 cm.
- Peso: 608 grs.
- Unidades por caja: 25.

#### Opciones:

- Chapa con tornillo difusor para chorro principal.
- Trípode plegable para instalación móvil.

#### Modelos:

- Ref. 006001: Sin tornillo difusor. Macho 3/4".
- Ref. 006003: Con tornillo difusor. Macho 3/4".
- Ref. 006020: Sin tornillo difusor. Hembra 3/4".
- Ref. 006021: Con tornillo difusor. Hembra 3/4".
- Ref. 106000: Conjunto tornillo difusor

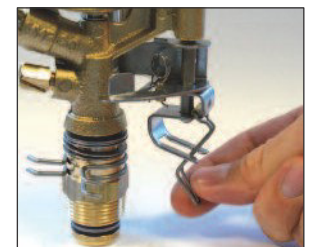
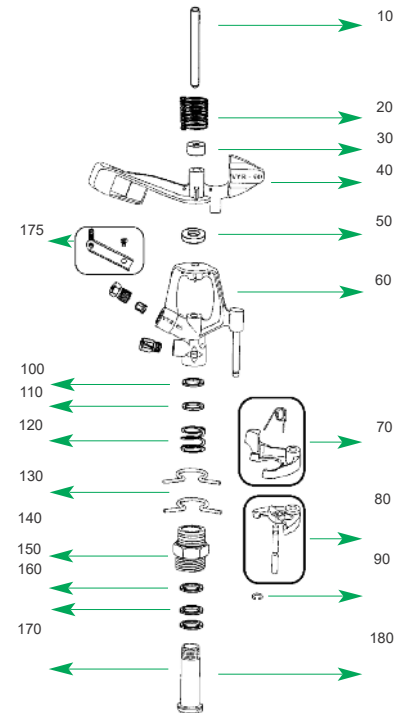
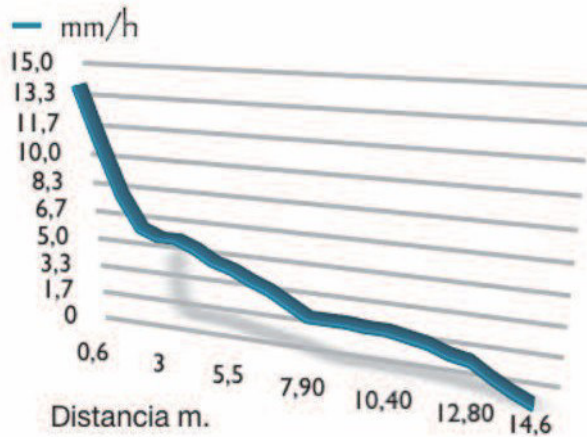




## VYR-60

### Despiece y tablas

BAR	3,5
Caudal	1680 L/h
Boquillas	4,4 X 2,4 mm
Centro	C.I.T
Veloc. Rot.	0,73 min/rev.
Altura	60 cm
Duración	60m
T°	20°C
Veloc. viento	0 m/seg.
Fecha	10/06/2010



Tablas de caudales y alcance del VYR-60

Sencillo desbloqueo del sector de riego

### Boquilla radio largo (vaina larga) + tapón

Bars	1/8" 3,2 mm.		9/64" 3,6 mm.		5/32" 4,0 mm.		11/64" 4,4 mm.		3/16" 4,8 mm.		13/64" 5,2 mm.		7/32" 5,6 mm.	
	Lit./h.	Ø mts.	Lit./h.	Ø mts.	Lit./h.	Ø mts.	Lit./h.	Ø mts.	Lit./h.	Ø mts.	Lit./h.	Ø mts.	Lit./h.	Ø mts.
2,5	620	26,0	790	26,5	970	27,5	1.160	30,0	1.390	32,0	1.640	32,5	1.720	34,0
3,0	680	26,0	860	26,5	1.050	28	1.270	30,5	1.510	32,0	1.790	33,5	1.880	35,0
3,5	740	26,5	930	27,0	1.140	29,5	1.380	31,5	1.640	33,0	1.930	34,5	2.140	36,0
4,0	790	26,5	1.000	28,0	1.220	29,5	1.470	32,5	1.750	34,0	2.060	35,5	2.240	37,0
4,5	840	27,0	1.060	29,0	1.290	30,0	1.550	33,5	1.860	35,0	2.180	36,0	2.410	38,5
5,0	880	27,50	1.120	29,5	1.360	30,5	1.640	34,0	1.960	36,0	2.290	37,5	2.520	39,5
5,5	930	28,0	1.170	30,0	1.430	31,0	1.720	35,0	2.060	36,5	2.380	38,0	2.640	40,0

(\*Aspersor a 1 metro de altura)



### Boquilla radio largo (vaina larga) + boquilla radio corto

Bars	15°		15°		15°		15°		15°		15°		7°		7°		7°	
	Lit./h.	Ø mts.	Lit./h.	Ø mts.	Lit./h.	Ø mts.	Lit./h.	Ø mts.	Lit./h.	Ø mts.	Lit./h.	Ø mts.	Lit./h.	Ø mts.	Lit./h.	Ø mts.	Lit./h.	Ø mts.
2,5	980	26,0	1.150	26,5	1.320	27,5	1.520	30,0	1.730	30,0	1.895	32,0	2.050	32,0	2.310	32,5	2.460	34,0
3,0	1.070	26,0	1.250	26,5	1.450	28	1.670	30,5	1.800	30,5	2.100	32,0	2.240	32,0	2.520	33,5	2.730	35,0
3,5	1.160	26,5	1.350	27,0	1.560	29,5	1.800	31,5	1.915	31,5	2.255	33,0	2.420	33,0	2.720	34,5	2.915	36,0
4,0	1.240	26,5	1.450	28,0	1.670	29,5	1.920	32,5	2.070	32,5	2.400	34,0	2.590	34,0	2.910	35,5	3.035	37,0
4,5	1.320	27,0	1.540	29,0	1.770	30,0	2.030	33,5	2.165	33,5	2.545	35,0	2.750	35,0	3.070	36,0	3.170	38,5
5,0	1.360	27,50	1.620	29,5	1.870	30,5	2.140	34,0	2.300	34,0	2.680	36,0	2.880	36,0	3.230	37,5	3.300	39,5
5,5	1.460	28,0	1.700	30,0	1.960	31,0	2.240	35,0	2.400	35,0	2.810	36,5	3.010	36,5	3.360	38,0	3.430	40,0

(\*Aspersor a 1 metro de altura)



#### ESTÁNDAR

Ø mts. : Diámetro de cobertura

- Las zonas sombreadas no son recomendables para una distribución óptima.
- Los aspersores se suministrarán con boquillas estándar si no se especifica nada en contra.
- Para calcular el caudal, sumar el de las dos boquillas. El alcance de la boquilla posterior deberá ser inferior a la boquilla principal.
- Estos resultados han sido obtenidos en laboratorio con velocidad de viento de 0 m/seg. En campo abierto el alcance y derivas por viento modificarán notablemente el diámetro de cobertura.

## DATA TOPOGRAFICA

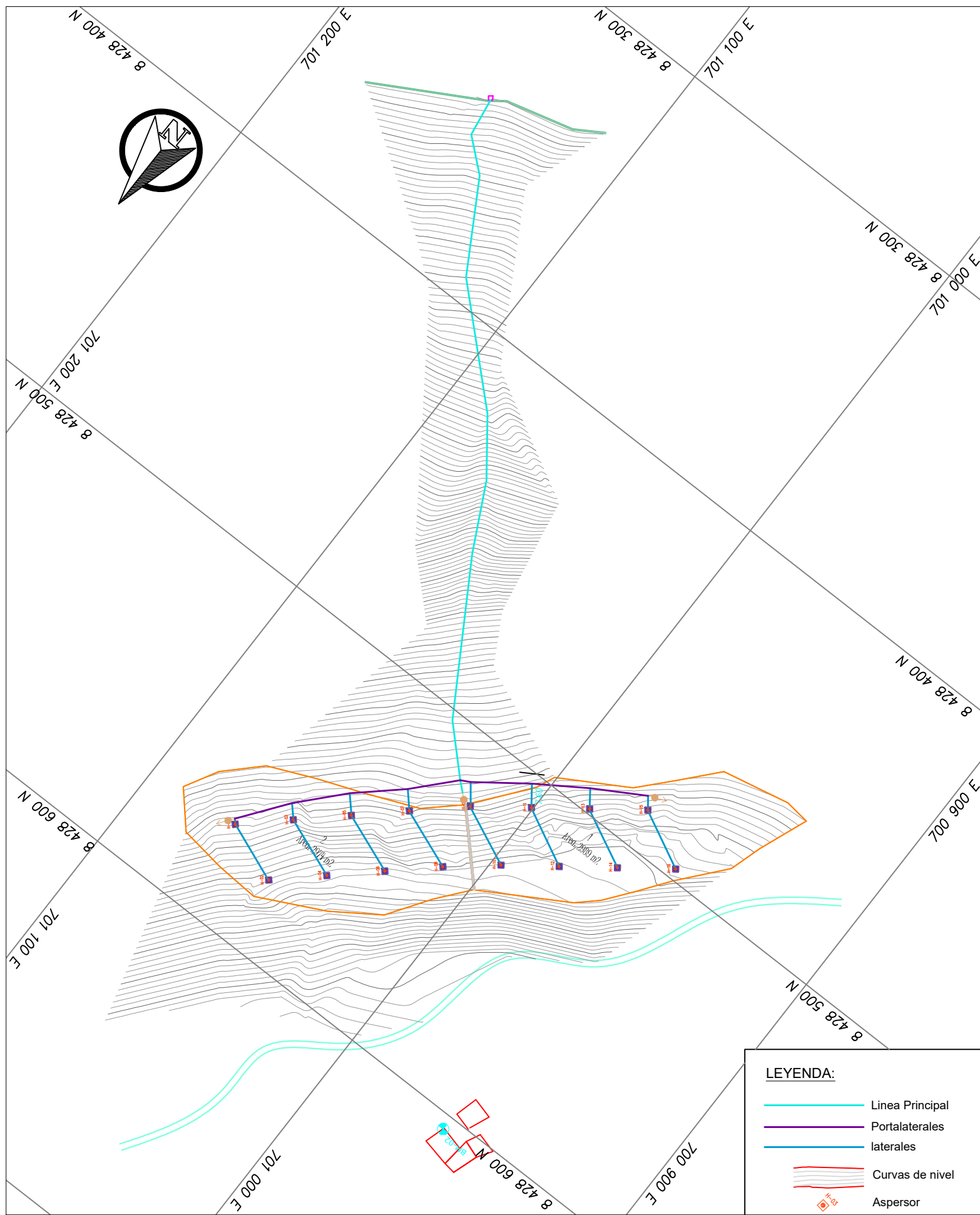
N°	NORTE	ESTE	COTA	DESCRIPCION
1	8428608.243	700882.4289	2732.83	
2	8428608.243	700882.4289	2734.272	
3	8428628.17	700884.3203	2732.4274	
4	8428609.826	700881.6049	2735.0822	
5	8428608.147	700882.9077	2735.445	
6	8428611.602	700885.6604	2734.8945	
7	8428598.957	700882.3186	2735.4045	
8	8428598.072	700886.7534	2730.6299	
9	8428613.522	700879.1708	2737.0324	
10	8428598.072	700886.7534	2730.6299	BM 1
11	8428598.072	700886.7534	2730.6517	
12	8428598.072	700886.7534	2730.6684	
13	8428613.351	700879.2545	2736.9977	
14	8428344.222	701144.715	2842.7701	
15	8428344.271	701144.7502	2842.7726	
16	8428345.017	701145.7372	2843.0595	
17	8428344.069	701146.4383	2843.3377	
18	8428343.159	701145.2444	2843.356	
19	8428341.643	701141.2761	2843.2784	CANAL
20	8428335.934	701119.785	2843.4583	CANAL
21	8428330.502	701110.9789	2843.4281	CANAL
22	8428347.719	701150.582	2842.8314	CANAL
23	8428363.92	701179.3693	2842.512	CANAL
24	8428356.638	701143.4319	2837.0206	EJE
25	8428361.828	701155.8685	2838.2729	
26	8428352.336	701138.5017	2837.3998	
27	8428365.095	701133.5275	2830.5913	EJE
28	8428358.839	701120.4912	2830.6768	
29	8428366.937	701137.689	2830.4974	
30	8428391.381	701130.7621	2818.5026	EJE
31	8428393.329	701135.5488	2818.7953	
32	8428387.563	701122.0298	2818.2055	
33	8428403.005	701123.5231	2812.3411	EJE
34	8428394.125	701109.663	2812.2501	
35	8428411.368	701112.7534	2806.3971	
36	8428408.251	701091.8029	2803.6114	EJE

37	8428422.487	701085.6035	2795.918	
38	8428418.112	701080.6974	2794.516	
39	8428437.373	701073.9488	2781.9085	EJE
40	8428429.813	701051.8591	2781.223	
41	8428457.661	701072.1776	2770.3592	
42	8428467.389	701078.8362	2770.0537	EJE
43	8428450.44	701056.63	2768.3128	
44	8428464.876	701060.1192	2758.156	EJE
45	8428460.791	701053.3886	2758.3414	
46	8428472.941	701063.8086	2757.0319	
47	8428475.637	701054.4986	2749.4435	EJE
48	8428466.72	701045.2259	2749.6384	
49	8428484.953	701060.5087	2748.3795	
50	8428491.639	701044.002	2738.9613	EJE
51	8428482.367	701036.5565	2739.5339	
52	8428499.775	701052.3559	2738.7559	
53	8428503.745	701035.2769	2731.8384	EJE
54	8428494.364	701024.7961	2732.3403	
55	8428511.081	701046.1127	2731.4814	
56	8428518.541	701017.5218	2723.3366	EJE- LLEGADA
57	8428500.61	701004.5421	2724.4334	
58	8428524.571	701029.2628	2724.7267	
59	8428503.617	701003.3972	2721.768	CERCO
60	8428521.369	701017.5951	2721.0863	CERCO
61	8428530.582	701027.575	2720.1107	CERCO
62	8428537.472	701044.0046	2722.1507	CERCO
63	8428543.14	701058.7297	2724.6416	CERCO
64	8428549.447	701073.1722	2727.2348	CERCO
65	8428559.981	701083.6573	2727.2625	CERCO
66	8428570.352	701089.4369	2726.6176	CERCO
67	8428580.919	701080.0797	2720.2878	CERCO
68	8428582.898	701065.2737	2712.2858	CERCO
69	8428583.682	701051.4043	2707.9764	CERCO
70	8428573.29	701030.6095	2701.5332	CERCO
71	8428563.412	701016.0852	2701.9433	CERCO
72	8428538	700997.0124	2707.298	CERCO
73	8428524.353	700972.2234	2708.028	CERCO
74	8428509.678	700959.2102	2709.1002	CERCO
75	8428518.534	700966.0119	2708.4884	CERCO

76	8428500.205	700952.2591	2710.6027	CERCO
77	8428485.983	700940.3281	2712.7672	CERCO
78	8428475.769	700937.1857	2715.5169	CERCO
79	8428433.804	700703.8868	2722.0467	CERCO
80	8428432.875	700711.8704	2722.7288	CERCO
81	8428437.423	700733.2605	2724.0449	CERCO
82	8428474.941	700970.3862	2722.6706	CERCO
83	8428485.041	700979.6268	2721.5551	CERCO
84	8428497.429	701000.7306	2723.694	CERCO
85	8428528.36	701006.7333	2713.3252	
86	8428519.257	701001.082	2714.2455	
87	8428507.966	700992.9435	2714.7384	
88	8428495.604	700978.4195	2715.3858	
89	8428486.489	700966.1246	2715.5525	
90	8428479.155	700952.0284	2715.496	
91	8428481.768	700948.9105	2714.9889	
92	8428486.637	700959.8767	2714.7444	
93	8428493.248	700970.032	2714.8785	
94	8428502.745	700983.0926	2714.7075	
95	8428510.387	700990.6362	2714.1038	
96	8428518.312	700996.7887	2713.7284	
97	8428523.208	700998.3124	2711.4817	
98	8428513.416	700992.0385	2712.2863	
99	8428503.745	700982.1953	2712.3556	
100	8428494.733	700969.612	2712.2971	
101	8428486.388	700957.8173	2713.707	
102	8428482.381	700944.7585	2713.8421	
103	8428499.861	700954.0306	2710.855	
104	8428499.124	700968.3788	2711.6813	
105	8428507.592	700981.0961	2711.7185	
106	8428518.225	700988.4904	2711.0498	
107	8428520.554	700988.6704	2708.8716	
108	8428509.963	700980.8828	2709.6225	
109	8428501.013	700970.6481	2710.0095	
110	8428499.603	700959.3062	2710.2337	
111	8428532.955	701007.6236	2711.6479	
112	8428536.456	701004.583	2708.8398	
113	8428533.854	701014.5308	2713.4193	
114	8428540.539	701010.6282	2709.7904	

115	8428553.717	701012.0344	2705.3769	
116	8428537.15	701008.2699	2710.9043	
117	8428535.072	700955.4393	2692.5181	
118	8428559.113	701038.678	2709.5427	
119	8428548.715	701027.4938	2710.4907	
120	8428545.533	701035.2032	2715.6757	
121	8428558.731	701053.9381	2715.4707	
122	8428544.56	701031.0693	2716.2698	
123	8428554.207	701051.1155	2718.352	
124	8428573.355	701074.2741	2718.1336	
125	8428558.921	701066.2891	2721.249	
126	8428552.685	701058.2361	2719.7877	
127	8428534.611	701029.7433	2719.8177	
128	8428536.449	701004.5406	2708.8751	
129	8428550.616	701058.6947	2722.3785	
130	8428575.884	701051.6477	2709.5201	
131	8428549.652	700977.45	2688.9191	
132	8428568.882	701064.6917	2717.202	
133	8428582.414	700986.4089	2687.9881	RIO
134	8428605.94	701001.2336	2685.7407	PUENTE
135	8428563.126	701068.3376	2719.8895	PUENTE
136	8428604.051	701004.8392	2685.046	PUENTE
137	8428604.574	701014.7229	2685.7325	CARRETERA
138	8428609.825	701025.5651	2686.171	CARRETERA
139	8428603.751	701025.3038	2686.5774	CARRETERA
140	8428620.42	701040.5588	2687.8943	CARRETERA
141	8428615.613	701039.9285	2687.6502	CARRETERA
142	8428576.943	701073.1912	2717.0925	
143	8428574.938	701079.1358	2720.5852	
144	8428578.566	701012.3176	2691.6564	
145	8428564.842	700998.6628	2690.7714	
146	8428581.362	701064.9687	2712.4928	
147	8428579.7	701055.1058	2709.8754	
148	8428569.601	701046.2631	2709.0655	
149	8428603.902	700960.938	2695.5338	CASA-TEJA
150	8428610.471	700962.8387	2695.6351	CASA-TEJA
151	8428612.399	700953.9354	2695.7374	CASA-TEJA
152	8428598.366	700889.193	2730.7315	CASA-TEJA
153	8428566.239	701032.1626	2705.561	

154	8428558.468	701020.4545	2705.7923	
155	8428550.33	701007.2411	2705.3914	
156	8428547.589	701015.0527	2707.5384	
157	8428553.405	701023.9682	2707.05	
158	8428561.611	701032.8973	2706.7992	
159	8428581.254	701030.3824	2698.1792	CAMINO
160	8428588.685	701051.6132	2704.4227	CAMINO
161	8428598.315	700889.3831	2730.6835	
162	8428571.616	701032.6411	2703.4705	
163	8428604.098	701015.3387	2685.6587	CARRETERA
164	8428643.134	701063.673	2688.4521	CARRETERA
165	8428679.303	701095.54	2688.7214	CARRETERA
166	8428730.444	701103.216	2681.7866	CARRETERA
167	8428604.318	700960.9431	2694.4028	BM 2
168	8428598.314	700889.3724	2730.6887	BM 3

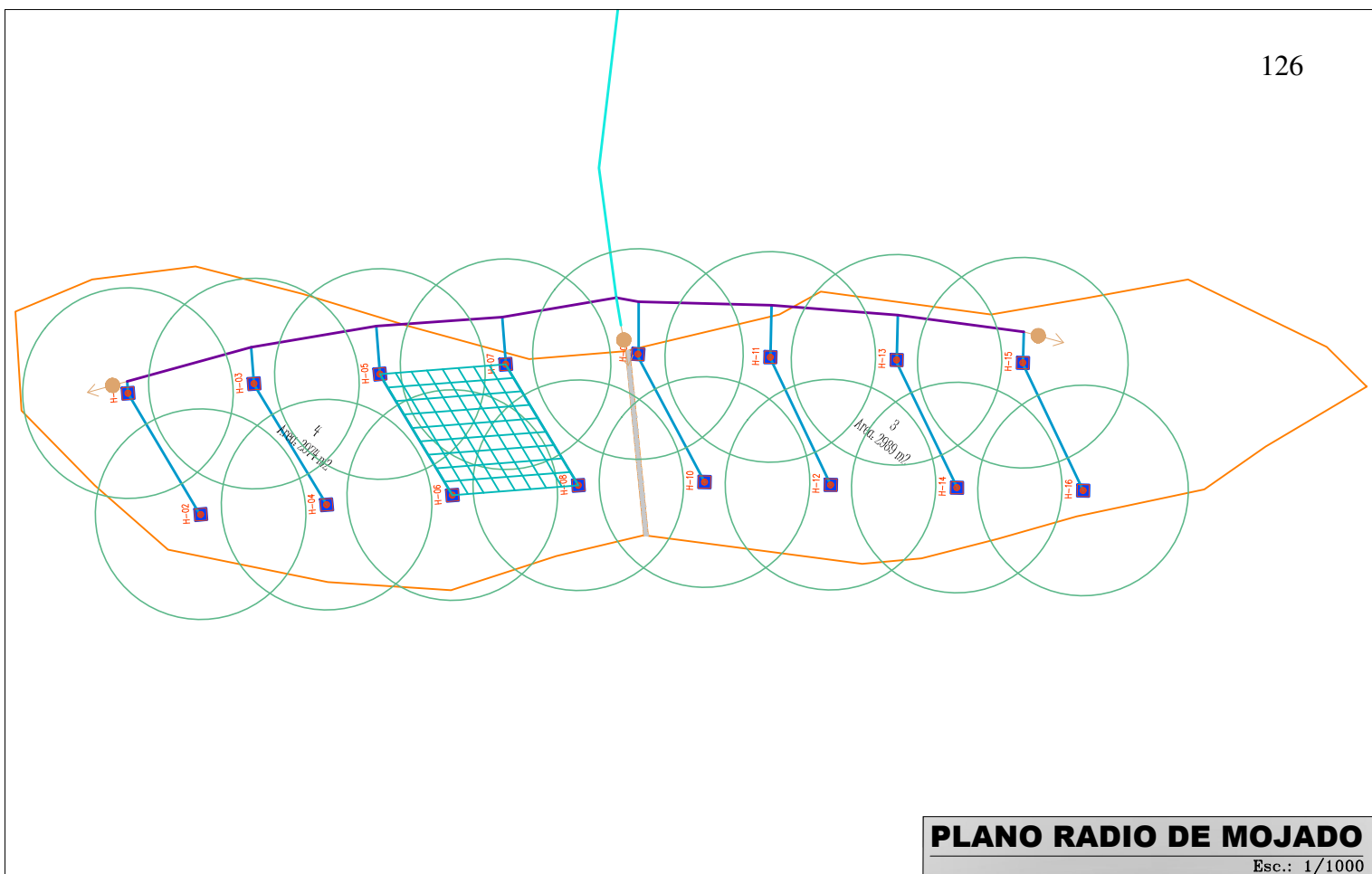


**LEYENDA:**

- Línea Principal
- Portalaterales
- laterales
- Curvas de nivel
- Aspersor

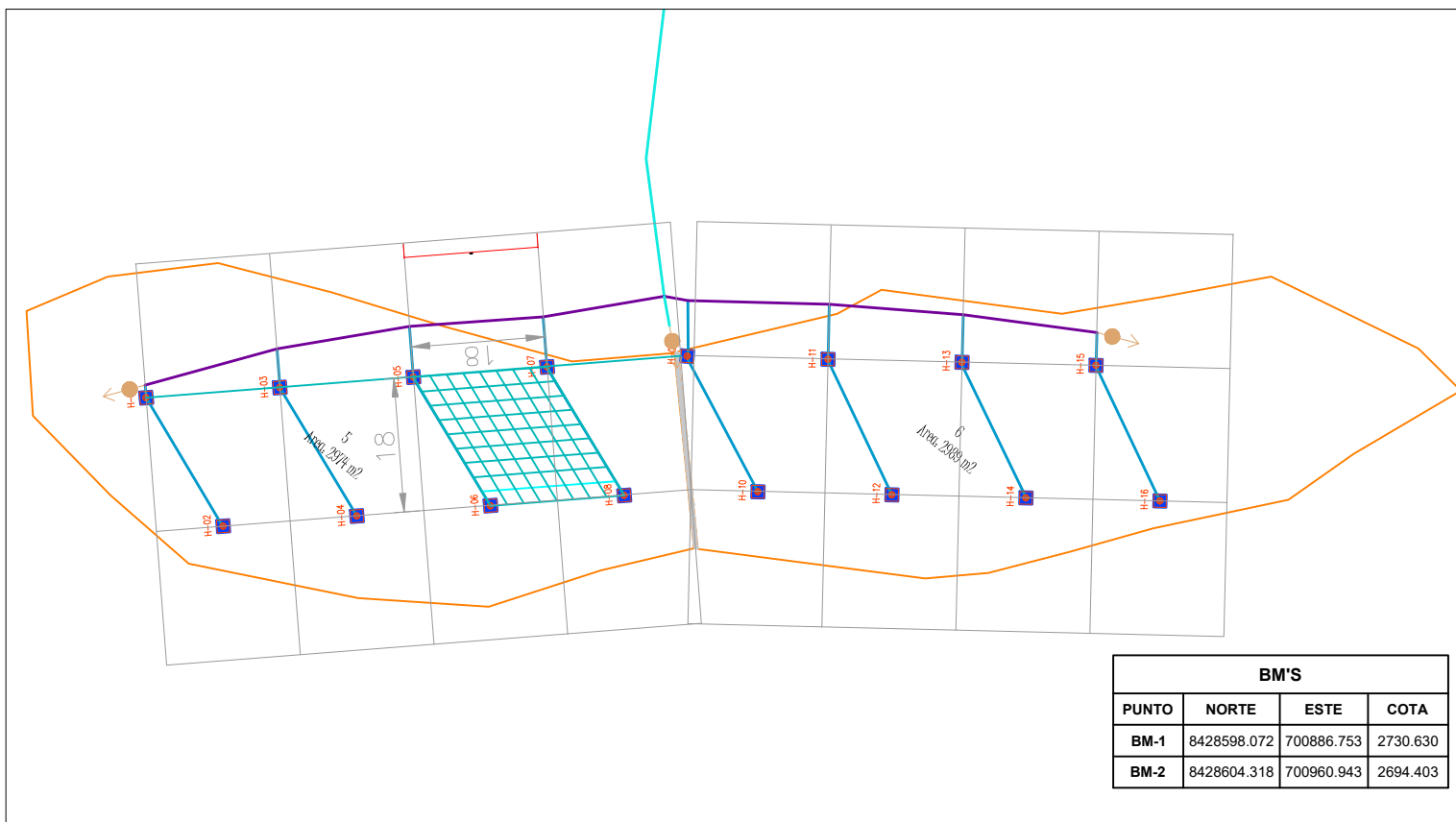
**PLANO CLAVE**

Esc.: 1/1500



**PLANO RADIO DE MOJADO**

Esc.: 1/1000



**BM'S**

PUNTO	NORTE	ESTE	COTA
BM-1	8428598.072	700886.753	2730.630
BM-2	8428604.318	700960.943	2694.403

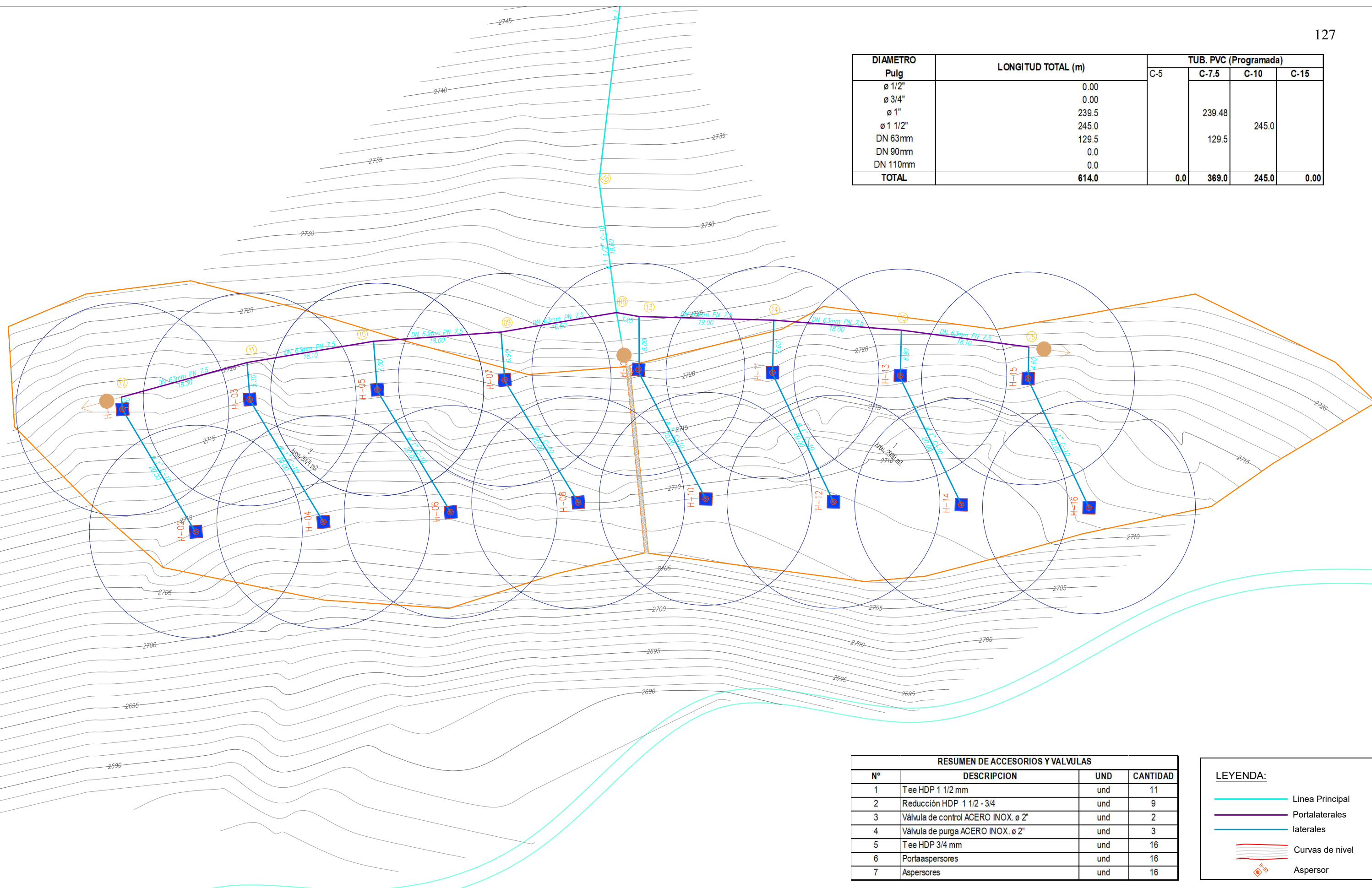
**MARCO DE RIEGO**

Esc.: 1/1000

<p><b>PROYECTO DE TESIS</b></p> <p>EFICIENCIA DE APLICACIÓN DEL ASPERSOR</p> <p>VYR 60 EN EL MÉTODO DE RIEGO</p> <p>PRESURIZADO EN LA COMUNIDAD DE SARAICA, DISTRITO DE YANACA, PROVINCIA DE AYMARAEAS, REGIÓN APURÍMAC - 2020</p>	UNIVERSIDAD: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES - UTEA		DISEÑO: Bach. Nick FLORES TORBISCO	
	FACULTAD: INGENIERIA CIVIL		DIBUJO: Bach. Nick FLORES TORBISCO	
	PLANO: PLANO CLAVE		ACERSON: Ing. Ángel MALDONADO MENDIVIL	
	UBICACIÓN: APURIMAC	SECTOR: SARAICA/HUALLAHUALLA		DICTAMINANTE:
N° DEL PLANO: 1/2	ESCALA: INDICADA	FECHA: 18/06/2022	REV. N°: 0	DICTAMINANTE:



DIAMETRO Pulg	LONGITUD TOTAL (m)	TUB. PVC (Programada)			
		C-5	C-7.5	C-10	C-15
ø 1/2"	0.00				
ø 3/4"	0.00				
ø 1"	239.5		239.48		
ø 1 1/2"	245.0			245.0	
DN 63mm	129.5		129.5		
DN 90mm	0.0				
DN 110mm	0.0				
<b>TOTAL</b>	<b>614.0</b>	<b>0.0</b>	<b>369.0</b>	<b>245.0</b>	<b>0.00</b>



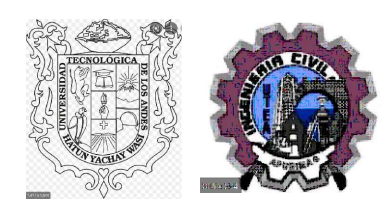
RESUMEN DE ACCESORIOS Y VALVULAS			
Nº	DESCRIPCION	UND	CANTIDAD
1	Tee HDP 1 1/2 mm	und	11
2	Reducción HDP 1 1/2 - 3/4	und	9
3	Válvula de control ACERO INOX. ø 2"	und	2
4	Válvula de purga ACERO INOX. ø 2"	und	3
5	Tee HDP 3/4 mm	und	16
6	Portaaspersores	und	16
7	Aspersores	und	16

**LEYENDA:**

- Línea Principal
- Portallaterales
- laterales
- Curvas de nivel
- Aspersor

**PLANTA GENERAL**  
Esc.: 1/500

<b>PROYECTO DE TESIS</b> EFICIENCIA DE APLICACIÓN DEL ASPERSOR VYR 60 EN EL MÉTODO DE RIEGO PRESURIZADO EN LA COMUNIDAD DE SARAICA, DISTRITO DE YANACA, PROVINCIA DE AYMARAEAS, REGIÓN APURÍMAC - 2020	UNIVERSIDAD:	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES - UTEA			DISEÑO:	Bach. Nick FLORES TORBISCO			
	FACULTAD:	INGENIERIA CIVIL			DEBUCO:	Bach. Nick FLORES TORBISCO			
	PLANO:	PLANTA GENERAL			ACESOR:	Ing. Ángel MALDONADO MENDIVIL			
	UBICACIÓN:	APURIMAC	SARAICA/HUALLAHUALLA		DICTAMINANTE:				
	Nº DEL PLANO:	1/1	ESCALA:	INDICADA	FECHA:	18/06/2022	REV. Nº:	0	
					DICTAMINANTE:				



## 3.12 Cálculo hidráulico

**CÁLCULO HIDRÁULICO DE REDES ABIERTAS MEDIANTE LA FÓRMULA DE HAZEN - WILLIAMS**

PROYECTO TESIS : EFICIENCIA DE APLICACIÓN DEL ASPERSOR VYR 60 EN EL MÉTODO DE RIEGO PRESURIZADO EN LA COMUNIDAD DE SARAICA, DISTRITO DE YANACA, PROVINCIA DE AYMARAE, REGIÓN APURÍMAC - 2020  
 SECTOR : HUALLAHUALLA  
 LOCALIDAD : SARAICA  
 DISTRITO : YANACA  
 PROVINCIA : AYMARAE  
 DEPARTAMENTO : APURIMAC

MÓDULO DE RIEGO : 3.05 lts/seg/ha 14.1  
 ÁREA TOTAL A IRRIGAR : 0.60 Has 0.3  
 FUENTE ABASTECIMIENTO: LINEA DE CONDUCCION LUCRE

**RED DE ADUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN**

TRAMO	COTA TERRENO		L (m)	S (o/oo)	Q (lps)	L (m)	D (pulg)			Qmax (lps)	V (m/s)	Hf (m)	COTA PIEZOMÉTRICA		PRESIONES		DESIVEL DISP.	ALTURA ESTÁTICA	OBSERVACIONES	ÁREA A IRRIGAR
	DE	A					INICIAL	FINAL	calc.				asum.	clase	INICIAL	FINAL				
CC N° 01	1	2842.93	2837.02	12.20	484.43	4.23	13.6	1.38	1.50	C-7.5	5.24	3.71	4.42	2842.93	2838.51	0.20	1.69	5.91		0.30
1	2	2837.02	2830.59	13.00	494.62	4.23	14.5	1.38	1.50	C-7.5	5.30	3.71	4.73	2837.02	2832.29	1.69	3.39	6.43	12.34	0.30
2	3	2830.59	2815.01	31.70	491.48	4.23	35.3	1.38	1.50	C-7.5	5.28	3.71	11.52	2830.59	2819.07	3.39	7.44	15.58	27.92	0.30
3	4	2815.01	2796.47	42.72	433.99	4.23	46.6	1.41	1.50	C-7.5	4.93	3.71	15.19	2815.01	2799.82	7.44	10.79	18.54	46.46	0.30
4	5	2796.47	2781.51	20.60	726.21	4.23	25.5	1.27	1.50	C-7.5	6.52	3.71	8.31	2796.47	2788.16	10.79	17.44	14.96	61.42	0.30
5	6	2781.51	2763.72	23.00	773.48	4.23	29.1	1.26	1.50	C-10	6.74	3.71	9.49	2781.51	2772.02	17.44	25.75	17.79	79.21	0.30
6	7	2763.72	2732.50	52.00	600.38	4.23	60.7	1.32	1.50	C-7.5	5.88	3.71	19.79	2763.72	2743.93	25.75	37.18	31.22	31.22	0.30
7	8	2732.50	2725.45	18.60	379.03	4.23	19.9	1.45	1.50	C-7.5	4.59	3.71	6.49	2732.50	2726.01	37.18	37.74	7.05	38.27	0.30
8	9	2725.45	2724.10	16.50	81.82	4.23	16.6	1.99	2.00	C-7.5	4.27	2.09	1.33	2725.45	2724.12	37.74	37.76	1.35	39.62	0.30
9	10	2724.10	2722.25	18.00	102.78	4.23	18.1	1.90	2.00	C-7.5	4.83	2.09	1.45	2724.10	2722.65	37.76	38.16	1.85	41.47	0.30
10	11	2722.25	2720.37	18.10	103.87	4.23	18.2	1.90	2.00	C-7.5	4.86	2.09	1.46	2722.25	2720.79	38.16	38.57	1.88	43.35 x	0.30
11	12	2720.37	2718.84	18.00	85.00	4.23	18.1	1.98	2.00	C-7.5	4.36	2.09	1.45	2720.37	2718.92	38.57	38.65	1.53	44.88	0.30
12	H-01	2718.84	2718.15	7.60	90.79	1.06	7.6	1.15	1.00	C-10	0.73	2.09	1.38	2718.84	2717.46	38.65	37.97	0.69	45.57	0.08
H-01	H-02	2718.15	2709.02	20.00	456.50	1.06	22.0	0.83	1.00	C-10	1.75	2.09	3.97	2718.15	2714.18	37.97	43.13	9.13	54.70	0.08
11	H-03	2720.37	2717.00	7.80	432.05	1.06	8.5	0.84	1.00	C-10	1.69	2.09	1.53	2720.37	2718.84	38.57	40.41	3.37	46.72	0.08
H-03	H-04	2717.00	2707.50	20.00	475.00	1.06	22.1	0.82	1.00	C-10	1.78	2.09	3.99	2717.00	2713.01	40.41	45.92	9.50	56.22	0.08
10	H-05	2722.25	2718.63	8.10	446.91	1.06	8.9	0.83	1.00	C-10	1.73	2.09	1.60	2722.25	2720.65	38.16	40.18	3.62	45.09	0.08
H-05	H-06	2718.63	2707.55	20.00	554.00	1.06	22.9	0.79	1.00	C-10	1.94	2.09	4.12	2718.63	2714.51	40.18	47.13	11.08	56.17	0.08
9	H-07	2724.10	2720.39	8.30	446.99	1.06	9.1	0.83	1.00	C-10	1.73	2.09	1.64	2724.10	2722.46	37.76	39.83	3.71	43.33	0.08
H-07	H-08	2720.39	2709.91	20.00	524.00	1.06	22.6	0.80	1.00	C-10	1.88	2.09	4.07	2720.39	2716.32	39.83	46.24	10.48	53.81	0.08

TRAMO		COTA TERRENO		L	S	Q	L	D (pulg)			Qmax	V	Hf	COTA PIEZOMETRICA		PRESIONES		DESNIVEL	ALTURA	OBSERVACIONES	AREA A IRRIGAR	
DE	A	INICIAL	FINAL	(m)	(o/oo)	(lps)	(m)	calc.	asum.	clase	(lps)	(m/s)	(m)	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	DISP.	ESTATICA			
8	13	2725.45	2725.18	3.20	84.37	4.23	3.2	1.98	2.00	C-7.5	4.34	2.09	0.26	2725.45	2725.19	37.74	37.75	0.27	38.54		0.30	
13	14	2725.18	2723.22	19.00	103.16	4.23	19.1	1.90	2.00	C-7.5	4.84	2.09	1.53	2725.18	2723.65	37.75	38.18	1.96	40.50		0.30	
14	15	2723.22	2721.45	18.00	98.33	4.23	18.1	1.92	2.00	C-7.5	4.72	2.09	1.45	2723.22	2721.77	38.18	38.49	1.77	42.27		0.30	
15	16	2721.45	2719.93	18.10	83.98	4.23	18.2	1.98	2.00	C-7.5	4.33	2.09	1.46	2721.45	2719.99	38.49	38.55	1.52	43.79		0.30	
13	H-09	2725.18	2720.36	7.50	642.67	1.06	8.9	0.77	1.00	C-10	2.10	2.09	1.61	2725.18	2723.57	37.75	40.96	4.82	43.36		0.08	
H-09	H-10	2720.36	2708.87	20.00	574.50	1.06	23.1	0.79	1.00	C-10	1.98	2.09	4.16	2720.36	2716.20	40.96	48.29	11.49	54.85		0.08	
14	H-11	2723.22	2718.48	8.30	571.08	1.06	9.6	0.79	1.00	C-10	1.97	2.09	1.72	2723.22	2721.50	38.18	41.19	4.74	45.24		0.08	
H-11	H-12	2718.48	2708.91	20.00	478.50	1.06	22.2	0.82	1.00	C-10	1.79	2.09	4.00	2718.48	2714.48	41.19	46.76	9.57	54.81		0.08	
15	H-13	2721.45	2717.31	7.70	537.66	1.06	8.7	0.80	1.00	C-10	1.91	2.09	1.58	2721.45	2719.87	38.49	41.06	4.14	46.41		0.08	
H-13	H-14	2717.31	2709.43	20.00	394.00	1.06	21.5	0.85	1.00	C-10	1.61	2.09	3.88	2717.31	2713.43	41.06	45.06	7.88	54.29		0.08	
16	H-15	2719.93	2717.45	5.50	450.91	1.06	6.0	0.83	1.00	C-10	1.73	2.09	1.09	2719.93	2718.84	38.55	39.95	2.48	46.27		0.08	
H-15	H-16	2717.45	2711.55	7.50	786.67	1.06	9.5	0.74	1.00	C-10	2.34	2.09	1.72	2717.45	2715.73	39.95	44.12	5.90	52.17		0.08	
LONGITUD TOTAL =				556.62	LONG REAL =				614.0													

DIAMETRO Pulg	LONGITUD TOTAL (m)	TUB. PVC (Programada)			
		C-5	C-7.5	C-10	C-15
ø 1/2"	0.00				
ø 3/4"	0.00				
ø 1"	239.5		239.48		
ø 1 1/2"	245.0			245.0	
DN 63mm	129.5		129.5		
DN 90mm	0.0				
DN 110mm	0.0				
<b>TOTAL</b>	<b>614.0</b>	<b>0.0</b>	<b>369.0</b>	<b>245.0</b>	<b>0.00</b>

245.03

3.13. Cálculo del CUYUDci

DATOS DE INGRESO	
Lugar :	Saraica - Huallahuala
Fecha :	06/06/2021
Metodo :	Evaluación Pluviométrica (Pluviómetros caseros)
Observador :	NICK FLORES TORBISCO
Asistente :	S. FAUSTINO FLORES OLAZABAL
N°. De Prueba :	1
Hora inicio :	1:00
Hora Medio :	1:25
Hora Final :	1:30

Observaciones : Red pluviométrica instalada a 2 m

1 CONDICIONES INICIALES

Modelo y marca de emisores VYR-60  
 Separación entre emisores 18m  
 Condiciones meteorológicas Despejado(ver datos meteorológico)

2 PLUVIOMETROS Y MEDIDA DE PRESION EN LOS ASPERORES

Datos obtenidos en los aspersores evaluados

Presion Aspersor 1	Tiempo de medicion cada 10 min			
	0	10	20	30
P(bar)	3.91	3.93	3.92	3.91

H5 Aspersor 1

vol.boquilla		Vo.l total (mm)	Tiempo (s)	Caudal (l/s)
(a)	(b)			
24.000	13.000	37	72.4	0.511

Presion Aspersor 2	Tiempo de medicion cada 10 min			
	0	10	20	30
P(bar)	4.4	4.5	4.6	4.3

H6 Aspersor 2

vol.boquilla		Vol. total (mm)	Tiempo (s)	Caudal (l/s)
(a)	(b)			
24.000	12.000	36	73.5	0.490

Presion Aspersor 2	Tiempo de medicion cada 10 min			
	0	10	20	30
P(bar)	3.87	3.95	3.96	3.94

H7 Aspersor 3

vol.boquilla		Vol. total (mm)	Tiempo (s)	Caudal (l/s)
(a)	(b)			
23.000	11.000	34	70.5	0.482

Presion Aspersor 2	Tiempo de medicion cada 10 min			
	0	10	20	30
P(bar)	4.1	4.3	4.3	4.4

H8 Aspersor 4

vol.boquilla		Vol. total (mm)	Tiempo (s)	Caudal (l/s)
(a)	(b)			
24.000	12.000	36	69.5	0.518

Aspersor	Presion (bar)	caudal (l/s)
1ro	3.92	0.511
2do	4.45	0.490
3ro	3.93	0.482
4to	4.28	0.518

pluviometro de evaporacion

volumen inicial	60 mm
volumen final	58 mm
diferencia	2 mm

Lamina aplicada-red pluviometrica

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	90	62	66	52	58	87	95	75	70	
2	82	56	112	182	78	45	72	65	92	
3	113	123	86	89	62	113	152	154	65	
4	45	62	110	95	112	95	58	87	72	
5	89	82	78	185	85	65	152	116	52	
6	56	54	116	78	69	80	48	98	42	
7	58	120	68	85	53	101	75	86	92	
8	83	95	198	125	74	53	85	199	61	
9	92	35	144	112	58	120	74	35	85	
10	72	78	45	95	63	65	95	41	65	

Aspersor Vyr 60

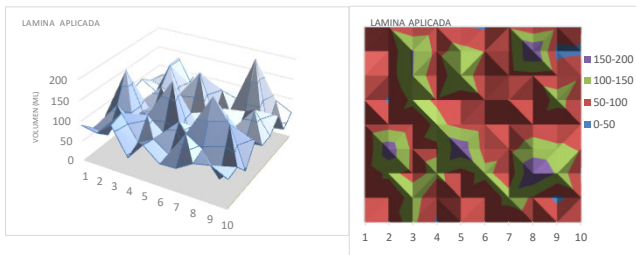


Diagrama del volumen aplicado

Ordenando los datos de menor a mayor  
 La uniformidad del sistema

conociendo que los pluviómetros tienen un diámetro de



$$vol = A * h \rightarrow h = \frac{vol}{A} \rightarrow \frac{Vol}{\pi(r^2)}$$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0.796	0.548	0.584	0.460	0.513	0.769	0.840	0.663	0.619	
2	0.725	0.495	0.990	1.609	0.690	0.398	0.637	0.575	0.813	
3	0.999	1.088	0.760	0.787	0.548	0.999	1.344	1.362	0.575	
4	0.398	0.548	0.973	0.840	0.990	0.840	0.513	0.769	0.637	
5	0.787	0.725	0.690	1.636	0.752	0.575	1.344	1.026	0.460	
6	0.495	0.477	1.026	0.690	0.610	0.707	0.424	0.867	0.371	
7	0.513	1.061	0.601	0.752	0.469	0.893	0.663	0.760	0.813	
8	0.734	0.840	1.751	1.105	0.654	0.469	0.752	1.760	0.539	
9	0.813	0.309	1.273	0.990	0.513	1.061	0.654	0.309	0.752	
10	0.637	0.690	0.398	0.840	0.557	0.575	0.840	0.363	0.575	

A 113.097312 3.141592

Calculo de la lamina promedio

Lamina promedio =	0.76	cm
	7.63	mm

0.716

Calculo de la lamina medida del cuarto inferior

Lamina media del c.i. =	0.46	cm
	4.58	mm
UDci =	60.04	%

$$UDci = \frac{(Z)_{25\%}}{Z} * 100$$

Calculo de la uniformidad de distribución en el cuarto inferior

Coefficientes de uniformidad

Nº	Hi	Hm	(Hi-Hm)
1	1.760	0.763	0.997
2	1.751	0.763	0.988
3	1.636	0.763	0.873
4	1.609	0.763	0.847
5	1.362	0.763	0.599
6	1.344	0.763	0.581
7	1.344	0.763	0.581
8	1.273	0.763	0.511
9	1.105	0.763	0.343
10	1.088	0.763	0.325
11	1.061	0.763	0.298
12	1.061	0.763	0.298
13	1.026	0.763	0.263
14	1.026	0.763	0.263
15	0.999	0.763	0.237
16	0.999	0.763	0.237
17	0.990	0.763	0.228
18	0.990	0.763	0.228
19	0.990	0.763	0.228
20	0.973	0.763	0.210
21	0.893	0.763	0.130
22	0.867	0.763	0.104
23	0.840	0.763	0.077
24	0.840	0.763	0.077
25	0.840	0.763	0.077
26	0.840	0.763	0.077
27	0.840	0.763	0.077
28	0.840	0.763	0.077
29	0.813	0.763	0.051
30	0.813	0.763	0.051
31	0.813	0.763	0.051
32	0.796	0.763	0.033
33	0.787	0.763	0.024
34	0.787	0.763	0.024
35	0.769	0.763	0.007
36	0.769	0.763	0.007
37	0.760	0.763	0.002
38	0.760	0.763	0.002
39	0.752	0.763	0.011
40	0.752	0.763	0.011
41	0.752	0.763	0.011
42	0.752	0.763	0.011
43	0.734	0.763	0.029
44	0.725	0.763	0.038
45	0.725	0.763	0.038
46	0.707	0.763	0.055
47	0.690	0.763	0.073
48	0.690	0.763	0.073
49	0.690	0.763	0.073
50	0.690	0.763	0.073
51	0.663	0.763	0.099
52	0.663	0.763	0.099
53	0.654	0.763	0.108
54	0.654	0.763	0.108
55	0.637	0.763	0.126
56	0.637	0.763	0.126
57	0.637	0.763	0.126
58	0.619	0.763	0.144
59	0.610	0.763	0.152
60	0.601	0.763	0.161
61	0.584	0.763	0.179
62	0.575	0.763	0.188
63	0.575	0.763	0.188
64	0.575	0.763	0.188
65	0.575	0.763	0.188
66	0.575	0.763	0.188
67	0.557	0.763	0.206
68	0.548	0.763	0.214
69	0.548	0.763	0.214
70	0.548	0.763	0.214
71	0.539	0.763	0.223
72	0.513	0.763	0.250
73	0.513	0.763	0.250
74	0.513	0.763	0.250
75	0.513	0.763	0.250
76	0.495	0.763	0.267
77	0.495	0.763	0.267
78	0.477	0.763	0.285
79	0.469	0.763	0.294
80	0.469	0.763	0.294
81	0.460	0.763	0.303
82	0.460	0.763	0.303
83	0.424	0.763	0.338
84	0.398	0.763	0.365
85	0.398	0.763	0.365
86	0.398	0.763	0.365
87	0.371	0.763	0.391
88	0.363	0.763	0.400
89	0.309	0.763	0.453
90	0.309	0.763	0.453
Media	0.763	0.763	0.224
Suma	68.631	68.631	20.163
Desv. Stan	0.307	0.000	0.208
Desv. Prom	0.224	0.000	0.146

calculo del coefiente de uniformidad

$$CU = 100 * (1 - \frac{\sum(Hi-Hm)}{Hi})$$

<sup>1</sup> sapir 2005

$$CU = 1 - \frac{DESVPROM}{H_i}$$

<sup>2</sup>

CU 70.62 %

Calculo mediante la formula (1)

CU 0.7062

Calculo mediante la formula (2)

DATOS DE INGRESO	
Lugar :	Saraica - Huallahualla
Fecha :	6/07/2021
Metodo :	Evaluación Pluviométrica (Pluviómetros caseros)
Observador :	NICK FLORES TORBISCO
Asistente :	S. FAUSTINO FLORES OLAZABAL
N°. De Prueba :	2
Hora inicio :	18:00
Hora Medio :	18:22
Hora Final :	18:45

Observaciones : Red pluviométrica instalada a 2 m

**1 CONDICIONES INICIALES**

Modelo y marca de emisores VYR-60  
 Separación entre emisores 18m  
 Condiciones meteorológicas Despejado(ver datos meteorológico)

**2 PLUVIOMETROS Y MEDIDA DE PRESION EN LOS ASPERSORES**

Datos obtenidos en los aspersores evaluados

Presion	Tiempo de medicion cada 10 min			
Aspersor 1	0	10	20	30
P(bar)	3.93	3.93	3.9	3.91

H5

Aspersor 1

vol.boquilla		Vo.l total	Tiempo	Caudal
(a)	(b)	(mm)	(s)	(l/s)
24.000	13.000	37	73.99	0.500

Presion	Tiempo de medicion cada 10 min			
Aspersor 2	0	10	20	30
P(bar)	4.6	4.5	4.2	4.3

H6

Aspersor 2

vol.boquilla		Vol. total	Tiempo	Caudal
(a)	(b)	(mm)	(s)	(l/s)
22.000	11.500	33.5	74.56	0.449

Presion	Tiempo de medicion cada 10 min			
Aspersor 2	0	10	20	30
P(bar)	3.82	3.95	3.96	3.97

H7

Aspersor 3

vol.boquilla		Vol. total	Tiempo	Caudal
(a)	(b)	(mm)	(s)	(l/s)
23.000	10.000	33	70.5	0.468

Presion	Tiempo de medicion cada 10 min			
Aspersor 2	0	10	20	30
P(bar)	4	4.3	4.6	4.4

H8

Aspersor 4

vol.boquilla		Vol. total	Tiempo	Caudal
(a)	(b)	(mm)	(s)	(l/s)
23.500	8.000	31.5	69.5	0.453

Aspersor	Presion (bar)	caudal (l/s)
1ro	3.92	0.500
2do	4.4	0.449
3ro	3.925	0.468
4to	4.33	0.453

pluviometro de evaporacion

volumen inicial	60 mm
volumen final	58 mm
diferencia	2 mm

Lamina aplicada-red pluviometrica

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	120	98	123	96	87	111	95	75	73
2	85	96	156	435	96	210	100	89	92
3	115	65	200	102	100	113	148	154	86
4	123	115	203	258	82	92	163	87	182
5	150	125	78	195	123	91	152	116	176
6	53	102	116	78	156	153	115	98	85
7	85	107	146	85	148	101	75	86	92
8	96	74	201	125	162	98	115	200	85
9	130	175	85	112	185	120	200	75	63
10	125	78	45	95	63	145	95	41	65

Aspersor Vyr 60

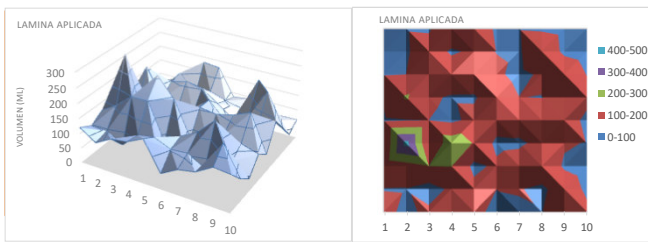


Diagrama del volumen aplicado

Ordenando los datos de menor a mayor  
 La uniformidad del sistema

conociendo que los pluviómetros tienen un diametro de



$$vol = A * h \rightarrow h = \frac{vol}{A} \rightarrow \frac{Vol}{\pi(r^2)}$$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1.061	0.867	1.088	0.849	0.950	0.981	0.840	0.663	0.645
2	0.752	0.849	1.379	3.846	0.849	1.857	0.884	0.787	0.813
3	1.017	0.575	1.768	0.902	0.884	0.999	1.309	1.362	0.760
4	1.088	1.017	1.795	2.281	0.725	0.813	1.441	0.769	1.609
5	1.326	1.105	0.690	1.724	1.088	0.805	1.344	1.026	1.556
6	0.469	0.902	1.026	0.690	1.379	1.353	1.017	0.867	0.752
7	0.752	0.946	1.291	0.752	1.309	0.893	0.663	0.760	0.813
8	0.849	0.654	1.777	1.105	1.432	0.867	1.017	1.768	0.752
9	1.149	1.547	0.752	0.990	1.636	1.061	1.768	0.663	0.557
10	1.105	0.690	0.398	0.840	0.557	1.282	0.840	0.363	0.575

A 113.097312 3.141592

Calculo de la lamina promedio

Lamina promedio =	1.06	cm
	10.60	mm

0.924

Calculo de la lamina medida del cuarto inferior

Lamina media del c.i. =	0.65	cm
	6.45	mm
Udci =	60.92	%

$$UDci = \frac{(Z)_{25\%}}{Z} * 100$$

Calculo de la uniformidad de distribución en el cuarto inferior

Coefficientes de uniformidad

Nº	Hi	Hm	(Hi-Hm)
1	3.846	1.060	2.787
2	2.281	1.060	1.222
3	1.857	1.060	0.797
4	1.795	1.060	0.735
5	1.777	1.060	0.718
6	1.768	1.060	0.709
7	1.768	1.060	0.709
8	1.768	1.060	0.709
9	1.724	1.060	0.665
10	1.636	1.060	0.576
11	1.609	1.060	0.550
12	1.556	1.060	0.497
13	1.547	1.060	0.488
14	1.441	1.060	0.382
15	1.432	1.060	0.373
16	1.379	1.060	0.320
17	1.379	1.060	0.320
18	1.362	1.060	0.302
19	1.353	1.060	0.293
20	1.344	1.060	0.284
21	1.326	1.060	0.267
22	1.309	1.060	0.249
23	1.309	1.060	0.249
24	1.291	1.060	0.231
25	1.282	1.060	0.222
26	1.149	1.060	0.090
27	1.105	1.060	0.046
28	1.105	1.060	0.046
29	1.105	1.060	0.046
30	1.088	1.060	0.028
31	1.088	1.060	0.028
32	1.088	1.060	0.028
33	1.061	1.060	0.001
34	1.061	1.060	0.001
35	1.026	1.060	0.034
36	1.026	1.060	0.034
37	1.017	1.060	0.043
38	1.017	1.060	0.043
39	1.017	1.060	0.043
40	1.017	1.060	0.043
41	0.999	1.060	0.060
42	0.990	1.060	0.069
43	0.981	1.060	0.078
44	0.950	1.060	0.110
45	0.946	1.060	0.114
46	0.902	1.060	0.158
47	0.902	1.060	0.158
48	0.893	1.060	0.167
49	0.884	1.060	0.175
50	0.884	1.060	0.175
51	0.867	1.060	0.193
52	0.867	1.060	0.193
53	0.867	1.060	0.193
54	0.849	1.060	0.211
55	0.849	1.060	0.211
56	0.849	1.060	0.211
57	0.849	1.060	0.211
58	0.840	1.060	0.220
59	0.840	1.060	0.220
60	0.840	1.060	0.220
61	0.813	1.060	0.246
62	0.813	1.060	0.246
63	0.813	1.060	0.246
64	0.805	1.060	0.255
65	0.787	1.060	0.273
66	0.769	1.060	0.290
67	0.760	1.060	0.299
68	0.760	1.060	0.299
69	0.752	1.060	0.308
70	0.752	1.060	0.308
71	0.752	1.060	0.308
72	0.752	1.060	0.308
73	0.752	1.060	0.308
74	0.752	1.060	0.308
75	0.725	1.060	0.335
76	0.690	1.060	0.370
77	0.690	1.060	0.370
78	0.690	1.060	0.370
79	0.663	1.060	0.396
80	0.663	1.060	0.396
81	0.663	1.060	0.396
82	0.654	1.060	0.405
83	0.645	1.060	0.414
84	0.575	1.060	0.485
85	0.575	1.060	0.485
86	0.557	1.060	0.503
87	0.557	1.060	0.503
88	0.469	1.060	0.591
89	0.398	1.060	0.662
90	0.363	1.060	0.697
Media	1.060	1.060	0.333
Suma	95.364	95.364	29.930
Desv. Stan	0.479	0.000	0.343
Desv. Prom	0.333	0.000	0.200

calculo del coefiente de uniformidad

$$CU = 100 * \left(1 - \frac{\sum(Hi-Hm)}{Hi}\right)$$

<sup>1</sup> sapir 2005

$$CU = 1 - \frac{DESVPROM}{H_i}$$

<sup>2</sup>

CU 68.62 %

Calculo mediante la formula (1)

CU 0.6862

Calculo mediante la formula (2)

DATOS DE INGRESO	
Lugar :	Saraica - Huallahualla
Fecha :	6/07/2021
Metodo :	Evaluación Pluviométrica (Pluviómetros caseros)
Observador :	NICK FLORES TORBISCO
Asistente :	S. FAUSTINO FLORES OLAZABAL
N°. De Prueba :	3
Hora inicio :	06:00
Hora Medio :	06:30
Hora Final :	07:00

Observaciones : Red pluviométrica instalada a 2 m

**1 CONDICIONES INICIALES**

Modelo y marca de emisores VYR-60  
 Separación entre emisores 18m  
 Condiciones meteorológicas Despejado(ver datos meteorológico)

**2 PLUVIOMETROS Y MEDIDA DE PRESION EN LOS ASPERSORES**

Datos obtenidos en los aspersores evaluados

Presion Aspersor 1	Tiempo de medicion cada 10 min			
	0	10	20	30
P(bar)	3.93	3.93	3.9	3.91

H5 Aspersor 1

vol.boquilla		Vo.l total (mm)	Tiempo (s)	Caudal (l/s)
(a)	(b)			
24.000	13.000	37	73.99	0.500

Presion Aspersor 2	Tiempo de medicion cada 10 min			
	0	10	20	30
P(bar)	4.6	4.5	4.2	4.3

H6 Aspersor 2

vol.boquilla		Vol. total (mm)	Tiempo (s)	Caudal (l/s)
(a)	(b)			
22.000	11.500	33.5	74.56	0.449

Presion Aspersor 2	Tiempo de medicion cada 10 min			
	0	10	20	30
P(bar)	3.82	3.95	3.96	3.97

H7 Aspersor 3

vol.boquilla		Vol. total (mm)	Tiempo (s)	Caudal (l/s)
(a)	(b)			
23.000	10.000	33	70.5	0.468

Presion Aspersor 2	Tiempo de medicion cada 10 min			
	0	10	20	30
P(bar)	4	4.3	4.6	4.4

H8 Aspersor 4

vol.boquilla		Vol. total (mm)	Tiempo (s)	Caudal (l/s)
(a)	(b)			
23.500	8.000	31.5	69.5	0.453

Aspersor	Presion (bar)	caudal (l/s)
1ro	3.92	0.500
2do	4.4	0.449
3ro	3.925	0.468
4to	4.33	0.453

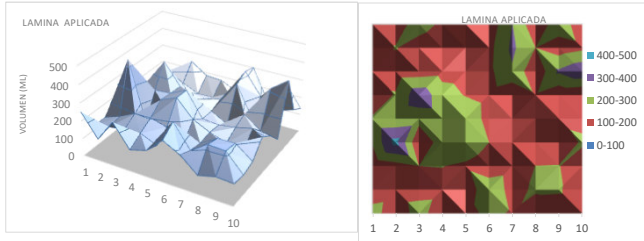
pluviometro de evaporacion

volumen inicial	60 mm
volumen final	58 mm
diferencia	2 mm

Lamina aplicada-red pluviométrica

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	250	123	123	206	213	111	154	125	156
2	125	145	156	435	221	210	143	205	153
3	249	158	200	102	243	365	148	154	245
4	123	165	203	258	250	246	163	113	182
5	150	125	178	296	293	194	152	116	176
6	235	285	116	201	156	153	175	167	132
7	186	158	145	156	148	101	289	320	302
8	105	220	201	125	162	188	115	200	122
9	130	215	204	112	185	120	315	142	265
10	125	115	134	217	172	100	385	175	135

Aspersor Vyr 60



**Diagrama del volumen aplicado**

Ordenando los datos de menor a mayor  
 La uniformidad del sistema

conociendo que los pluviómetros tienen un diametro de



$$vol = A * h \rightarrow h = \frac{vol}{A} \rightarrow \frac{Vol}{\pi(r^2)}$$

A 113.097312 3.141592

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2.210	1.088	1.088	1.821	0.950	0.981	1.362	1.105	1.379
2	1.105	1.282	1.379	3.846	1.954	1.857	1.264	1.813	1.353
3	2.202	1.397	1.768	0.902	2.149	3.227	1.309	1.362	2.166
4	1.088	1.459	1.795	2.281	2.210	2.175	1.441	0.999	1.609
5	1.326	1.105	1.574	2.617	2.591	1.715	1.344	1.026	1.556
6	2.078	2.520	1.026	1.777	1.379	1.353	1.547	1.477	1.167
7	1.645	1.397	1.282	1.379	1.309	0.893	2.555	2.829	2.670
8	0.928	1.945	1.777	1.105	1.432	1.662	1.017	1.768	1.079
9	1.149	1.901	1.804	0.990	1.636	1.061	2.785	1.256	2.343
10	1.105	1.017	1.185	1.919	1.521	0.884	3.404	1.547	1.194

Calculo de la lamina promedio

Lamina promedio =	1.62	cm
	16.21	mm

1.437

Calculo de la lamina medida del cuarto inferior

Lamina media del c.i. =	1.03	cm
	10.30	mm
Udci =	63.53	%

$$UDci = \frac{(Z)_{25\%}}{Z} * 100$$

Calculo de la uniformidad de distribución en el cuarto inferior

Coefficientes de uniformidad

Nº	Hi	Hm	(Hi-Hm)
1	3.846	1.621	2.225
2	3.404	1.621	1.783
3	3.227	1.621	1.606
4	2.829	1.621	1.208
5	2.785	1.621	1.164
6	2.670	1.621	1.049
7	2.617	1.621	0.996
8	2.591	1.621	0.969
9	2.555	1.621	0.934
10	2.520	1.621	0.898
11	2.343	1.621	0.722
12	2.281	1.621	0.660
13	2.210	1.621	0.589
14	2.210	1.621	0.589
15	2.202	1.621	0.580
16	2.175	1.621	0.554
17	2.166	1.621	0.545
18	2.149	1.621	0.527
19	2.078	1.621	0.456
20	1.954	1.621	0.333
21	1.945	1.621	0.324
22	1.919	1.621	0.297
23	1.901	1.621	0.280
24	1.857	1.621	0.235
25	1.821	1.621	0.200
26	1.813	1.621	0.191
27	1.804	1.621	0.182
28	1.795	1.621	0.173
29	1.777	1.621	0.156
30	1.777	1.621	0.156
31	1.768	1.621	0.147
32	1.768	1.621	0.147
33	1.715	1.621	0.094
34	1.662	1.621	0.041
35	1.645	1.621	0.023
36	1.636	1.621	0.014
37	1.609	1.621	0.012
38	1.574	1.621	0.048
39	1.556	1.621	0.065
40	1.547	1.621	0.074
41	1.547	1.621	0.074
42	1.521	1.621	0.101
43	1.477	1.621	0.145
44	1.459	1.621	0.163
45	1.441	1.621	0.180
46	1.432	1.621	0.189
47	1.397	1.621	0.224
48	1.397	1.621	0.224
49	1.379	1.621	0.242
50	1.379	1.621	0.242
51	1.379	1.621	0.242
52	1.379	1.621	0.242
53	1.362	1.621	0.260
54	1.362	1.621	0.260
55	1.353	1.621	0.269
56	1.353	1.621	0.269
57	1.344	1.621	0.277
58	1.326	1.621	0.295
59	1.309	1.621	0.313
60	1.309	1.621	0.313
61	1.282	1.621	0.339
62	1.282	1.621	0.339
63	1.264	1.621	0.357
64	1.256	1.621	0.366
65	1.194	1.621	0.428
66	1.185	1.621	0.437
67	1.167	1.621	0.454
68	1.149	1.621	0.472
69	1.105	1.621	0.516
70	1.105	1.621	0.516
71	1.105	1.621	0.516
72	1.105	1.621	0.516
73	1.105	1.621	0.516
74	1.088	1.621	0.534
75	1.088	1.621	0.534
76	1.088	1.621	0.534
77	1.079	1.621	0.543
78	1.061	1.621	0.560
79	1.026	1.621	0.596
80	1.026	1.621	0.596
81	1.017	1.621	0.605
82	1.017	1.621	0.605
83	0.999	1.621	0.622
84	0.990	1.621	0.631
85	0.981	1.621	0.640
86	0.950	1.621	0.671
87	0.928	1.621	0.693
88	0.902	1.621	0.720
89	0.893	1.621	0.728
90	0.884	1.621	0.737
Media	1.621	1.621	0.468
Suma	145.931	145.931	42.092
Desv. Stan	0.603	0.000	0.377
Desv. Prom	0.468	0.000	0.267

calculo del coefiente de uniformidad

$$CU = 100 * \left(1 - \frac{\sum(Hi-Hm)}{Hi}\right)$$

<sup>1</sup> sapir 2005

$$CU = 1 - \frac{DESVPROM}{H_i}$$

<sup>2</sup>

CU	71.16	%
----	-------	---

Calculo mediante la formula (1)

CU	0.7116
----	--------

Calculo mediante la formula (2)

## 3.14 Control de la velocidad del viento

## DATOS DE INGRESO

Lugar Saraica - Huallahualla  
 Anemómetro MS6252A  
 N°. De Prueba 1  
 Fecha 06/07/2021  
 Hora inicio 1:10  
 Hora Final 1:40

N <sup>a</sup>	Tiempo (Mim)	Tiempo acumulado	Lectura (m/s)
1	0		1.83
2	5	5	2.36
3	5	10	1.43
4	5	15	1.15
5	5	20	1.52
6	5	25	1.23
7	5	30	1.12
<b>Promedio</b>			<b>1.52</b>



## DATOS DE INGRESO

Lugar Saraica - Huallahualla  
 Anemómetro MS6252A  
 N°. De Prueba 2  
 Fecha 06/07/2021  
 Hora inicio 18:00  
 Hora Final 18:45

N <sup>a</sup>	Tiempo (Mim)	Tiempo acumulado	Lectura (m/s)
1	0		2.35
2	5	5	2.76
3	5	10	1.52
4	5	15	1.82
5	5	20	2.03
6	5	25	1.52
7	5	30	1.45
8	5	35	1.92
9	5	40	1.36
10	5	45	1.90
<b>Promedio</b>			<b>1.86</b>

## DATOS DE INGRESO

Lugar Saraica - Huallahualla  
 Anemómetro MS6252A  
 N°. De Prueba 3  
 Fecha 06/07/2021  
 Hora inicio 6:00  
 Hora Final 7:00

N <sup>a</sup>	Tiempo (Mim)	Tiempo acumulado	Lectura (m/s)
1	0		2.85
2	5	5	2.45
3	5	10	1.52
4	5	15	1.76
5	5	20	1.92
6	5	25	1.78
7	5	30	1.26
8	5	35	2.56
9	5	40	1.59
10	5	45	1.55
11	5	50	1.98
12	5	55	2.13
13	5	60	2.38
<b>Promedio</b>			<b>1.98</b>

Anexo 4. Evidencias

**PANEL FOTOGRAFICO**

**PRUEBA DE INFILTRACION BASICA**



Nivelación del terreno para la prueba de infiltración básica -  
Prueba infiltrómetros doble anillo



Colocado y nivelación de los anillos -  
Prueba infiltrómetros doble anillo



Llenado de agua de los anillos de infiltración -  
Prueba infiltrómetros doble anillo



Infiltración del agua mediante los anillos de infiltración -  
Prueba infiltrómetros doble anillo



Medición del nivel de agua Infiltrada -  
Prueba infiltrómetros doble anillo



Lectura de datos de prueba -  
Prueba infiltrómetros doble anillo

PRUEBA DE PLUVIOMERIA:



Pluviómetros en campo –  
Prueba de pluviometría



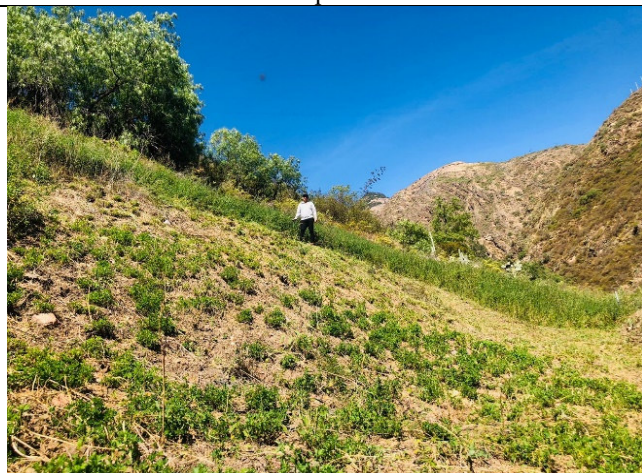
Medición de presión de aspersores –  
Prueba de pluviometría



Medición de presión de aspersores –  
Prueba de pluviometría



Pluviómetros en campo después de la evaluación –  
Prueba de pluviometría



Parcela experimental



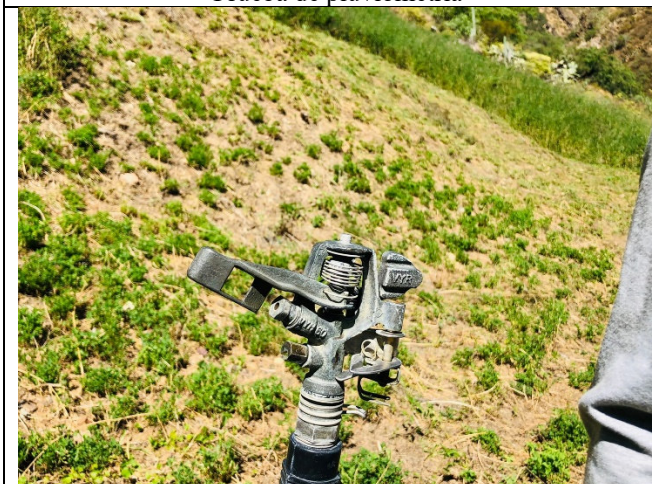
Parcela experimental y cultivo de aplicación



Aspersor evaluado N° 01 –  
Prueba de pluviometría



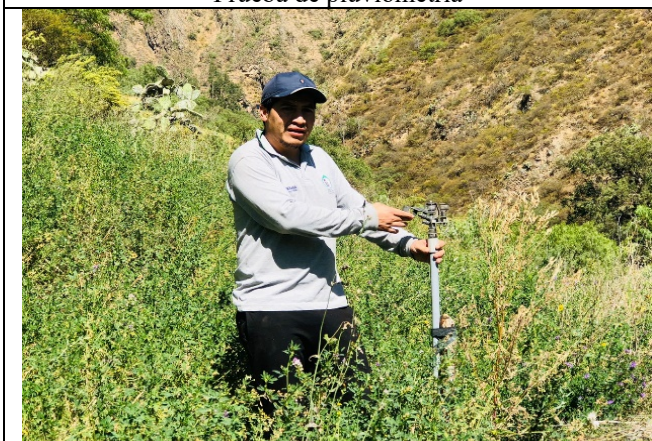
Aspersor evaluado N° 02–  
Prueba de pluviometría



Aspersor evaluado N° 03 –  
Prueba de pluviometría



Aspersor evaluado N° 04 –  
Prueba de pluviometría



Colocado de Aspersor –  
Prueba de pluviometría



Aspersor en funcionamiento con  
medida de presión

## Anexo 5. Glosario

**Glosario**

ETP: Evapotranspiración potencial / referencia	qc: Caudal característico
Kc: Coeficiente de cultivo	Vt: Volumen total
ETc: Evapotranspiración del cultivo	Qd: Caudal de diseño
RSM: Radiación solar incidente mensual en su equivalente de evaporación	Ia: Pluviometría o intensidad de aplicación del aspersor
PD: Precipitación confiable o dependiente	Mr: módulo de riego
SD: Desviación estándar	Ps: Pluviometría del sistema
CC: Capacidad de campo	hf: Perdida de presión admisible-tub, horizontal
PMP: Punto de marchites permanente	hs: Pérdida de carga secundarias
HD: Humedad disponible	Po: Carga o altura dinámica total
Nn: Necesidad neta	Ea: Eficiencia de aplicación
Ln: Lamina neta	CU: Coeficiente de uniformidad de Christiansen
Lb: Lamina bruta	UD: Uniformidad de distribución
Drp: Dosis de riego por parcela	EDa: Eficiencia de distribución en aplicacion
Fmr: Frecuencia máxima de riego	Pe: Proporción efectiva de agua que llega al suelo
Lnj: Lamina neta ajustada	Pd: Pérdidas por fugas en conducciones
Lbj: Lamina bruta ajustada	PM: Precipitación media mensual
Tr: Tiempo de riego	Dc: Diametro calculado
Vi: Velocidad de infiltración	Da: Diametro asumido
HDPE: Polietileno de alta densidad	GPS: Sistema de posicionamiento global
PVC: Policloruro de vinilo	RMM: Radiación solar mensual al tope de la atmósfera

Anexo 6. Declaración personal de autenticidad y de no plagio

**DECLARACIÓN PERSONAL DE AUTENTICIDAD Y DE NO PLAGIO**

**Yo, Nick Flores Torbisco Identificado con D.N.I.47604165**

De la Escuela Profesional de ingeniería civil, autor de la Tesis titulada:

*Eficiencia de aplicación del aspersor VYR 60 en el método de riego presurizado en la comunidad de Saraica, distrito de Yanaca, provincia de Aymaraes, región Apurímac - 2020*

**DECLARO QUE**

El tema de tesis es auténtico, siendo resultado de mi trabajo personal, que no se ha copiado, que no se ha utilizado ideas, formulaciones, citas integrales e ilustraciones diversas, obtenidas de cualquier tesis, obra, artículo, memoria, etc., sin mencionar de forma clara y exacta su origen o autor, tanto en el cuerpo del texto, figuras, cuadros, tablas u otros que tengan derechos de autor.

Abancay, 06 de julio de 2022

---

Tesista: Nick Flores Torbisco

DNI:47604165