

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL  
DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**



**TESIS:**

**“Evaluación del coeficiente de uniformidad del riego por goteo en laderas con cinta de goteo en tres parcelas demostrativas - La Libertad, 2024”**

Para optar el título profesional de:

**INGENIERO AGRÍCOLA**

PRESENTADO POR:

**Bach. Anthony Anderson Alberto SANCA ROJAS**

ASESOR:

**Mtro. Richard Alex OSCCO PECEROS**

**AYACUCHO - PERÚ**

**2025**

*Dedicado a mis queridos padres, Alberto y Amalia, quienes han sido los pilares fundamentales de mi trayectoria académica y personal. Su amor incondicional, sacrificio y profunda confianza en mis capacidades han sido el motor que me impulsa a superarme constantemente.*

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, que ha sido base de mi trayectoria académica.

A la Facultad de Ciencias Agrarias y a la prestigiosa Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola, espacios académicos que fueron fundamentales en mi formación profesional.

Al Mtro. Richard Alex Oscoco Peceros, cuya guía experta, dedicación incondicional y permanente acompañamiento fueron fundamentales para la exitosa realización de este trabajo de investigación.

Al Ing. Efraín Chuchón Prado, al Ing. Orlando Fidel Sulca Castilla y al Ing. Hoover Núñez Alfaro miembros de la comisión revisora, por su valiosa colaboración en la mejora de este trabajo de investigación.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
ÍNDICE GENERAL .....	iv
ÍNDICE DE TABLAS .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	ix
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xi
RESUMEN .....	xii
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I .....	5
MARCO TEÓRICO .....	5
1.1. Antecedentes de la investigación .....	5
1.2. Riego por goteo en el Perú y a nivel global .....	10
1.3. Métodos de riego .....	10
1.3.1. Riego por gravedad .....	11
1.3.2. Riego por aspersión.....	11
1.3.3. Riego localizado .....	12
1.4. Riego tecnificado o presurizado .....	14
1.4.1. Riego por aspersión.....	15
1.4.2. Riego por Microjet y Microaspersores.....	15
1.4.3. Riego por goteo .....	15
1.4.4. Componentes de las instalaciones de riego por goteo .....	16
1.5. Coeficiente de uniformidad (CU).....	29
1.5.1. Método para evaluar la uniformidad del riego.....	30
1.5.2. Coeficiente de uniformidad del caudal (CUc).....	30
1.5.3. Coeficiente de uniformidad de presiones (CUp).....	31
1.6. Ecuación y curva característica de los emisores .....	31
1.7. Goteros autocompensados .....	33
1.8. El coeficiente de variación (CV) .....	34
CAPÍTULO II .....	35
METODOLOGÍA .....	35
2.1. Descripción de la zona de estudio .....	35
2.1.1. Ubicación política .....	35

2.1.2.	<i>Ubicación geográfica</i> .....	35
2.1.3.	<i>Coordenadas UTM</i> .....	36
2.1.4.	<i>Ubicación satelital del proyecto</i> .....	36
2.1.5.	<i>Accesibilidad a la zona de estudio</i> .....	36
2.2.	<i>Materiales y equipos</i> .....	37
2.2.1.	<i>Materiales</i> .....	37
2.2.2.	<i>Equipos</i> .....	37
2.2.3.	<i>Softwares tecnológicos</i> .....	38
2.3.	<i>Problemas específicos</i> .....	38
2.4.	<i>Proceso metodológico</i> .....	38
2.4.1.	<i>Fase preparatoria</i> .....	38
2.4.2.	<i>Fase de campo</i> .....	39
2.4.3.	<i>Fase de análisis en gabinete</i> .....	45
2.5.	<i>Análisis estadístico</i> .....	49
<b>CAPÍTULO III</b> .....		<b>51</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....		<b>51</b>
3.1.	<i>Del análisis del coeficiente de uniformidad de caudales (CUc)</i> .....	<b>51</b>
3.1.1.	<i>Parcela demostrativa 01 (pendiente 60.81%)</i> .....	<b>51</b>
3.1.2.	<i>Parcela demostrativa 02 (pendiente 14.24%)</i> .....	<b>55</b>
3.1.3.	<i>Parcela demostrativa 03 (pendiente 24.69%)</i> .....	<b>58</b>
3.1.4.	<i>Análisis estadístico</i> .....	<b>62</b>
3.2.	<i>Del coeficiente de uniformidad de presiones (CUp)</i> .....	<b>64</b>
3.2.1.	<i>Parcela demostrativa 01 (pendiente 60.81%)</i> .....	<b>64</b>
3.2.2.	<i>Parcela demostrativa 02 (pendiente 14,24%)</i> .....	<b>66</b>
3.2.3.	<i>Parcela demostrativa 03 (pendiente 24,69%)</i> .....	<b>69</b>
3.2.4.	<i>Análisis estadístico</i> .....	<b>72</b>
3.3.	<i>Análisis de la ecuación y curva característica de los emisores</i> .....	<b>74</b>
3.4.	<i>Análisis comparativo entre los caudales obtenida en campo y la especificada en el diseño por el fabricante en las parcelas demostrativas</i> .....	<b>76</b>
3.4.1.	<i>Análisis estadístico de la parcela demostrativa 01</i> .....	<b>76</b>
3.4.2.	<i>Intervalo de confianza para la media (95%)</i> .....	<b>76</b>
3.4.3.	<i>Análisis estadístico de la parcela demostrativa 02</i> .....	<b>78</b>
3.4.4.	<i>Intervalo de confianza para la media (95%)</i> .....	<b>78</b>
3.4.5.	<i>Análisis estadístico de la parcela demostrativa 03</i> .....	<b>80</b>

3.4.6. <i>Intervalo de confianza para la media (95%)</i> .....	80
CONCLUSIONES .....	83
RECOMENDACIONES.....	85
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	86
ANEXOS .....	89

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1</b> <i>Valores recomendados de coeficiente de uniformidad</i> .....	29
<b>Tabla 2</b> <i>Clasificación de indicadores de desempeño en riego por goteo</i> .....	31
<b>Tabla 3</b> <i>Coeficientes de descarga de emisores</i> .....	32
<b>Tabla 4</b> <i>Clasificación de la uniformidad en función del coeficiente de variación</i> .....	34
<b>Tabla 5</b> <i>Vía de acceso al distrito de la Carabamba – Sector Santa Cruz</i> .....	37
<b>Tabla 6</b> <i>Datos técnicos del emisor</i> .....	39
<b>Tabla 7</b> <i>Formato para de llenado de datos obtenidos en campo, para elaborar CUC</i> .....	44
<b>Tabla 8</b> <i>Formato para de llenado de datos obtenidos en campo, para elaborar CUP</i> .....	44
<b>Tabla 9</b> <i>Características de las subunidades a estudiar</i> .....	51
<b>Tabla 10</b> <i>Datos aforados de caudales obtenidos en campo de la parcela 01</i> .....	52
<b>Tabla 11</b> <i>Datos de caudales obtenidos en campo de la recopilación 02.</i> .....	53
<b>Tabla 12</b> <i>Datos de caudales obtenidos en campo de la recopilación 03</i> .....	54
<b>Tabla 13</b> <i>Resumen de los cálculos de la parcela demostrativa 01</i> .....	55
<b>Tabla 14</b> <i>Datos de caudales obtenidos en campo de la recopilación 01</i> .....	55
<b>Tabla 15</b> <i>Datos de caudales obtenidos en campo de la recopilación 02</i> .....	56
<b>Tabla 16</b> <i>Datos de caudales obtenidos en campo de la recopilación 03</i> .....	57
<b>Tabla 17</b> <i>Resumen de los cálculos de la parcela demostrativa 02</i> .....	58
<b>Tabla 18</b> <i>Datos de caudales obtenidos en campo de la recopilación 01</i> .....	58
<b>Tabla 19</b> <i>Datos de caudales obtenidos en campo de la recopilación 02</i> .....	59
<b>Tabla 20</b> <i>Datos de caudales obtenidos en campo de la recopilación 03</i> .....	60
<b>Tabla 21</b> <i>Resumen de los cálculos de la parcela demostrativa 03</i> .....	61
<b>Tabla 22</b> <i>Datos para en varianza (ANOVA) de CUC</i> .....	62
<b>Tabla 23</b> <i>Análisis de varianza</i> .....	62
<b>Tabla 24</b> <i>Comparaciones por pares por prueba de Tukey empleando tres parcelas demostrativas</i> .....	62
<b>Tabla 25</b> <i>Resumen de los tratamientos</i> .....	63
<b>Tabla 26</b> <i>Datos de presiones obtenidos en campo de la recopilación 01</i> .....	64
<b>Tabla 27</b> <i>Datos de presiones obtenidos en campo de la recopilación 02</i> .....	65
<b>Tabla 28</b> <i>Datos de presiones obtenidos en campo de la recopilación 03</i> .....	65
<b>Tabla 29</b> <i>Resumen parcela demostrativa 01</i> .....	66

<b>Tabla 30</b> Datos de presiones obtenidos en campo de la recopilación 01 .....	67
<b>Tabla 31</b> Datos de presiones obtenidos en campo de la recopilación 02 .....	67
<b>Tabla 32</b> Datos de presiones obtenidos en campo de la recopilación 03 .....	68
<b>Tabla 33</b> Resumen parcela demostrativa 02 .....	69
<b>Tabla 34</b> Datos de presiones obtenidos en campo de la recopilación 01 .....	69
<b>Tabla 35</b> Datos de presiones obtenidos en campo de la recopilación 02 .....	70
<b>Tabla 36</b> Datos de presiones obtenidos en campo de la recopilación 03 .....	71
<b>Tabla 37</b> Resumen parcela demostrativa 03 .....	72
<b>Tabla 38</b> Datos para en varianza (ANOVA) de CUP.....	72
<b>Tabla 39</b> Análisis de varianza (ANOVA).....	73
<b>Tabla 40</b> Comparaciones por pares por prueba de Tukey empleando tres parcelas demostrativas .....	73
<b>Tabla 41</b> Resumen de los tratamientos.....	74
<b>Tabla 42</b> Resumen de los tratamientos.....	76
<b>Tabla 43</b> Análisis estadísticos principales de la parcela 01 .....	77
<b>Tabla 44</b> Comparación con las especificaciones del fabricante .....	77
<b>Tabla 45</b> Muestras medias de la parcela 02.....	78
<b>Tabla 46</b> Análisis estadísticos principales de la parcela 02 .....	79
<b>Tabla 47</b> Comparación con las especificaciones del fabricante .....	79
<b>Tabla 48</b> Muestras medias de la parcela 03.....	80
<b>Tabla 49</b> Análisis estadísticos principales de la parcela 03 .....	81
<b>Tabla 50</b> Comparación con las especificaciones del fabricante .....	81

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1</b> <i>Tipos de riego por superficie</i> .....	11
<b>Figura 2</b> <i>Medida de presión en el emisor con manómetro (riego por aspersión)</i> .....	12
<b>Figura 3</b> <i>Medida del caudal que suministra el riego por goteo</i> .....	13
<b>Figura 4</b> <i>Aplicación en forma de lluvia por microaspersores</i> .....	14
<b>Figura 5</b> <i>Esquema de instalación de riego por goteo</i> .....	17
<b>Figura 6</b> <i>Reservorio para el almacenamiento del agua</i> .....	18
<b>Figura 7</b> <i>Cabezal de riego tipo de filtrado (filtro de anillas)</i> .....	19
<b>Figura 8</b> <i>Componentes de los sistemas de distribución de riego</i> .....	20
<b>Figura 9</b> <i>Distribución de agua por tuberías</i> .....	21
<b>Figura 10</b> <i>Características de un buen emisor</i> .....	21
<b>Figura 11</b> <i>Comportamiento de cada tipo de emisor</i> .....	22
<b>Figura 12</b> <i>Gotero insertado</i> .....	23
<b>Figura 13</b> <i>Gotero pinchado en una tubería lateral de riego</i> .....	23
<b>Figura 14</b> <i>Goteros integrados en el proceso de fabricación</i> .....	23
<b>Figura 15</b> <i>Emisor autocompensado utilizado en este proyecto</i> .....	24
<b>Figura 16</b> <i>Difusores instalados en un invernadero</i> .....	24
<b>Figura 17</b> <i>Elementos de la red de riego</i> .....	25
<b>Figura 18</b> <i>Medidor de caudal tipo Woltman instalado en la red de riego localizado</i> .	26
<b>Figura 19</b> <i>Clasificación de las válvulas según el tipo de accionamiento</i> .....	28
<b>Figura 20</b> <i>Curvas características de los emisores</i> .....	33
<b>Figura 21</b> <i>Ubicación del sector Santa Cruz, distrito, Provincial y departamental</i> .....	35
<b>Figura 22</b> <i>Ubicación satelital al Sector Santa Cruz</i> .....	36
<b>Figura 23</b> <i>Levantamiento topográfico detallado del área de estudio</i> .....	40
<b>Figura 24</b> <i>Uniformidad de la subunidad de riego localizado</i> .....	40
<b>Figura 25</b> <i>Calibración de válvulas (arcos de riego) con la ayuda del manómetro</i> .....	41
<b>Figura 26</b> <i>Laterales y emisores se seleccionan para evaluar la subunidad de riego localizado</i> .....	42
<b>Figura 27</b> <i>Parcelas a estudio y los emisores seleccionados para obtención de muestras</i> .....	42
<b>Figura 28</b> <i>Medida del caudal que suministran los emisores de riego localizado</i> .....	43
<b>Figura 29</b> <i>Medida de la presión del agua (utilizando un manómetro) en un tubo de inserción de un gotero</i> .....	45

<b>Figura 30</b>	<i>Plano detallado con curvas de nivel y la disposición de la parcela 01 de estudio .....</i>	46
<b>Figura 31</b>	<i>Plano detallado con curvas de nivel y la disposición de la parcela 02 de estudio .....</i>	47
<b>Figura 32</b>	<i>Plano detallado con curvas de nivel y la disposición de la parcela 03 de estudio .....</i>	48
<b>Figura 33</b>	<i>Coficiente de uniformidad de caudales (CUc) en las tres parcelas demostrativas .....</i>	63
<b>Figura 34</b>	<i>Coficiente de uniformidad de presiones (CUp) en las tres parcelas demostrativas .....</i>	74
<b>Figura 35</b>	<i>Relación Presión- Caudal de la subunidad 01 .....</i>	75
<b>Figura 36</b>	<i>Relación Presión- Caudal de la subunidad 02 .....</i>	75
<b>Figura 37</b>	<i>Relación Presión- Caudal de la subunidad 03 .....</i>	75

## ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
<b>Anexo 1.</b> <i>Panel fotográfico</i> .....	90
<b>Anexo 2.</b> <i>Ficha técnica del emisor autocompensado de la fábrica de NETAFIM</i> .....	98
<b>Anexo 3.</b> <i>Cálculo del coeficiente de uniformidad de Caudales (CUc)</i> .....	100
<b>Anexo 4.</b> <i>Cálculo del coeficiente de variación de los emisores</i> .....	105
<b>Anexo 5.</b> <i>Cálculo estadístico del intervalo de confianza para la media (95%)</i> .....	108
<b>Anexo 6.</b> <i>Cálculo de coeficiente de uniformidad de presiones (CUp)</i> .....	111
<b>Anexo 7.</b> <i>Ecuación y curva característica de los emisores</i> .....	116
<b>Anexo 8.</b> <i>Planos</i> .....	119

## RESUMEN

La presente investigación experimental tuvo como objetivo principal evaluar la uniformidad de caudales y presiones en sistemas de riego por goteo instalados en laderas, utilizando cinta de goteo autocompensada en tres parcelas demostrativas, y comparando los resultados de campo con las especificaciones del fabricante en La Libertad, 2024. La metodología se realizó en los siguientes trayectos primero la planificación; recopilación de datos del sistema existente. Segundo trabajo de campo que incluyó levantamiento topográfico, por consiguiente, se realizaron mediciones del caudal en cada punto de muestreo durante un 1 minuto y presiones con un manómetro de 2.5 bares, seleccionando 16 emisores por parcela. El tercero, trabajo en gabinete se empleó la metodología de Merriam y Keller (1978) para calcular coeficientes de uniformidad de caudales (CUC) y presiones (CUP), estadísticos descriptivos e intervalo de confianza del 95%. Los emisores con caudal nominal de 1 L/h mostraron CUC superior al 90% en todas las parcelas, indicando uniformidad excelente. El coeficiente de variación fue inferior a 0.1 en dos parcelas (excelente) y 0.1 en la tercera (muy bueno). La media del caudal obtenida se encuentra dentro de las especificaciones técnicas con 95% de confianza. El CUP superó 90% en todas las parcelas. Se concluyó que existe excelente uniformidad de caudales en dos parcelas y muy buena en la tercera, mientras que la uniformidad de presiones fue excelente en todas según criterios de Merriam y Keller, atribuible al exponente  $x$  de las cintas autocompensadas que mantienen rendimiento óptimo en condiciones de ladera.

**Palabras clave:** Riego por goteo, uniformidad de caudales, uniformidad de presiones, cinta autocompensada, coeficiente de uniformidad.

## INTRODUCCIÓN

El Desde 1954, la eficiencia del uso del agua en la agricultura ha experimentado transformaciones significativas con la implementación de un innovador sistema de riego basado en máquinas de pivote. A lo largo del tiempo, los avances tecnológicos han permitido optimizar estos sistemas, logrando un uso más eficiente del recurso hídrico. Un sistema de riego por goteo programado según las condiciones del suelo puede reducir hasta en un 90% el consumo de agua y energía, (Cisneros et al., 2021). El agua, como recurso natural, ha sido objeto de estudio durante décadas, abordando problemáticas relacionadas con su calidad y disponibilidad, lo que incide directamente en su eficiencia en el sector agrícola. En este contexto, resulta fundamental desarrollar estrategias que permitan satisfacer la creciente demanda alimentaria. La prioridad radica en diseñar sistemas que contribuyan a mejorar la eficiencia del uso del agua en la agricultura, (Pérez et al., 2019).

A nivel global, los efectos del riego han sido ampliamente analizados en distintos escenarios. Un caso destacado es el de Ruanda, donde se aplicó un modelo de discontinuidad de regresión espacial (RDD) en un estudio que abarcó a 969 agricultores durante cuatro años. Los hallazgos indican que el acceso a un sistema de riego por goteo ha mejorado la eficiencia del riego, lo que ha llevado a un incremento del 70% en las ganancias en efectivo. Por otro lado, en Israel, el 80% del recurso hídrico se destina al riego de cultivos. En la misma región del Medio Oriente, Cisjordania emplea aguas residuales para el riego agrícola, al igual que en el territorio palestino, donde esta práctica se ha convertido en una estrategia habitual para el aprovechamiento del agua, (Craddock et al., 2021).

La presente tesis contribuye directamente al cumplimiento del Objetivo 6: Agua limpia y saneamiento de la Agenda 2030, específicamente en su meta de “mejorar la eficiencia del uso del agua en todos los sectores” (meta 6.4). Al evaluar la uniformidad

del riego por goteo en laderas, una práctica que puede reducir el consumo de agua y optimizar su aplicación, se promueve una gestión hídrica más responsable y sostenible. Además, indirectamente, se aporta al Objetivo 12: Producción y consumo responsables al fomentar tecnologías que reduzcan pérdidas y mejoren los rendimientos agrícolas, lo cual aborda la eficiencia en los sistemas de producción.

El riego por goteo moderno, tal como lo conocemos hoy en día, tiene sus raíces en innovaciones tecnológicas desarrolladas en Israel durante la década de 1950 y 1960. El riego por goteo moderno, desarrollado en Israel en 1959 gracias a las innovaciones de Simcha Blass y la empresa Netafim, representa uno de los avances más importantes en la historia de la agricultura. Este sistema se convirtió en una solución revolucionaria para mejorar la eficiencia del uso del agua en la agricultura, especialmente en regiones áridas o semiáridas donde los recursos hídricos son escasos, (Netafim, s.f.).

En los últimos 20 años, América Latina ha enfrentado 74 episodios de sequía, lo que ha generado pérdidas económicas de aproximadamente 13.000 millones de dólares, principalmente debido a los efectos adversos del cambio climático en la agricultura. En el caso de México, de sus 31.190.100 hectáreas de superficie agrícola, solo 22.136.742 están cultivadas. No obstante, según el Instituto Nacional de Estadística e Informática, el país ocupa el sexto lugar a nivel mundial en infraestructura de riego, con 6,5 millones de hectáreas equipadas para este fin, de las cuales 3,5 millones pertenecen a distritos de riego. Estos sistemas benefician a 1,3 millones de usuarios. Por su parte, Argentina ha registrado un 90% de pérdidas agrícolas a causa de las variaciones climáticas. En Ecuador, existen regiones donde los cultivos de ciclo corto son manejados de manera empírica, lo que los hace vulnerables a la falta de humedad en el suelo, así como a otros factores como plagas y temperaturas inadecuadas (Pérez et al., 2019).

En cuanto a Perú, con el IV Censo Nacional Agropecuario de 2012, el uso de sistemas de riego en tierras agrícolas aumentó de 32% en 1994 a 36% en 2012, alcanzando 2 millones 579 mil 900 hectáreas, un incremento de más de 850 mil hectáreas. Del total de superficie regada, el 88% (1.590.000 hectáreas) utiliza riego por gravedad, mientras que el 12% utiliza riego tecnificado (goteo, aspersión y exudación), tecnologías que promueven la conservación del agua (INEI, 2012). Así mismo, diversos estudios han evidenciado una relación positiva entre la inversión en sistemas de riego y el crecimiento

económico del sector agrícola. Se ha determinado que un mayor nivel de inversión en riego ha impulsado un incremento significativo en el PBI agrario, con una correlación inversión/producto del 0,21%. Sin embargo, esta tendencia podría verse afectada por el impacto del cambio climático, lo que resalta la necesidad de adoptar medidas urgentes para prevenir una crisis hídrica provocada por sequías, que pondría en riesgo la producción agrícola (Ruiton et al., 2022).

En este contexto, la presente investigación tiene como objetivo evaluar la uniformidad de caudales y presiones en sistemas de riego por goteo instalados en laderas, utilizando cinta de goteo en tres parcelas demostrativas, y comparar los resultados obtenidos en campo con los parámetros de diseño especificados por el fabricante en la Libertad. El coeficiente de uniformidad es un indicador que refleja la homogeneidad de la distribución del agua a lo largo de las líneas de goteo, lo cual impacta directamente en la eficiencia del sistema de riego y en el desarrollo de los cultivos.

El estudio se llevará a cabo en una zona representativa de la Sierra de La Libertad parte sierra con topografía irregular, caracterizada por presentar pendientes pronunciadas y condiciones climáticas propias de la región. Se analizarán variables como la presión, el caudal y el volumen de agua aplicado en diferentes puntos a lo largo de las líneas de goteo, con el fin de determinar el coeficiente de uniformidad y proponer, en caso de ser necesario, estrategias de mejora para optimizar el desempeño del sistema de riego.

El 03 de marzo del 2025, el pleno Congreso peruano aprobó por amplia mayoría el Proyecto de Ley 6759/2023-CR que crea la nueva Ley de Riego Tecnificado, derogando la Ley 28585. La nueva normativa busca optimizar el uso del agua mediante inversiones en sistemas modernos de riego, ampliar la frontera agrícola y mejorar sistemas existentes. Involucra a todos los niveles de gobierno, instituciones con fondos públicos, universidades, organizaciones de usuarios de agua, comunidades campesinas y comunidades nativas. Establece el riego tecnificado como recomendado en zonas con riego regulado y obligatorio en zonas no reguladas, (Congreso, 2025).

### **Objetivo general**

Evaluar la uniformidad de caudales y presiones en sistemas de riego por goteo instalados en laderas, utilizando cinta de goteo en tres parcelas demostrativas, y comparar

los resultados obtenidos en campo con los parámetros de diseño especificados por el fabricante - La Libertad, 2024.

### **Objetivos específicos**

1. Calcular el Coeficiente de Uniformidad de Caudales en el sistema de riego por goteo en laderas, mediante el uso de cinta de goteo, en tres parcelas demostrativas, utilizando una metodología estandarizada - La libertad, 2024.
2. Determinar en Coeficiente de Uniformidad de Presiones en el sistema de riego por goteo en laderas, mediante el uso de cinta de goteo, en tres parcelas demostrativas, utilizando una metodología estandarizada - La libertad, 2024.
3. Comparar los caudales obtenida en campo con la especificada en el diseño, según los parámetros del fabricante, en sistemas de riego por goteo en laderas, utilizando cinta de goteo en tres parcelas demostrativas - La Libertad, 2024.

## **CAPÍTULO I**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **1.1. Antecedentes de la investigación**

Condori (2024), en su investigación “Efecto de la pendiente del terreno y de las tuberías terciarias en la uniformidad del riego, bulbo húmedo y rendimiento del cultivo de arveja (*Pisum sativum*)”. la presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de la pendiente del terreno y la disposición de las tuberías terciarias en la uniformidad del riego, la formación del bulbo húmedo y el rendimiento del cultivo de arveja (*Pisum sativum*) en condiciones de ladera en la sierra del Perú. El estudio se desarrolló en tres parcelas agrícolas con pendientes de 10%, 20% y 40%, donde se instalaron subunidades de riego por goteo con 0, 2 y 6 válvulas de control en las tuberías terciarias, conformando nueve tratamientos experimentales. Se utilizaron cintas de riego con emisores de 1.6 L/h, espaciados a 20 cm entre goteros y 60 cm entre laterales, determinándose la uniformidad mediante el método de Keller y Karmeli y evaluando la distribución del bulbo húmedo a los 45 minutos de riego. El tratamiento con pendiente del 40% y seis válvulas obtuvo la mayor eficiencia de riego con un coeficiente de uniformidad (CU) de 96.30%, calificado como excelente; además, todos los tratamientos mostraron bulbos húmedos similares, con radios mayores o iguales a 10 cm y profundidades superiores a 30 cm en suelo franco arenoso. En términos de rendimiento, la mayor producción se registró en la pendiente del 10% con dos válvulas (10.75 t/ha). Se concluye que la pendiente del terreno y la disposición de las tuberías terciarias influyen significativamente en la eficiencia del riego, pudiendo optimizarse el manejo del agua en zonas de ladera mediante un adecuado diseño del sistema presurizado, lo que contribuye a mejorar la uniformidad de la humedad del suelo y el rendimiento del cultivo. Esta investigación aporta evidencia experimental sobre la factibilidad del riego por goteo en terrenos con pendientes pronunciadas, una condición común en la agricultura serrana del Perú. Los hallazgos ofrecen una alternativa tecnológica viable para mejorar la eficiencia del uso del agua y la productividad agrícola, contribuyendo al manejo sostenible de los

recursos hídricos y al aprovechamiento de suelos agrícolas actualmente subutilizados por limitaciones topográficas.

Moyano (2025), en su tesis titulada “Automatización del sistema de riego por goteo para el cultivo de limón, fundo Trapani, Olmos”, la investigación tuvo como objetivo desarrollar el diseño agronómico, hidráulico y la automatización de un sistema de riego tecnificado que optimice el uso del agua y la energía en el cultivo de limón en el fundo Trapani, ubicado en el distrito de Olmos, provincia de Chiclayo, región Lambayeque. Para ello, se recopiló información básica del fundo, se elaboró el balance hídrico y se diseñó un sistema de riego por goteo evaluando la uniformidad de aplicación, la percolación profunda, la eficiencia de riego y la calidad del agua, considerando la sensibilidad del cultivo a la salinidad. Se efectuaron los cálculos para determinar el diámetro de la conducción principal, así como los parámetros de presión y caudal requeridos en las subunidades y turnos de riego. De igual manera, se realizó la selección de los componentes del cabezal de control, las bombas y motores. El sistema alcanzó un coeficiente de uniformidad de 96%, una percolación profunda del 5% y una eficiencia de riego esperada de 91%, reducida a 49% al considerar el requerimiento de lavado del 50.7% por la calidad del agua; la eficiencia energética fue de 76.6% con motores de velocidad constante y de 75% con velocidad variable. La automatización permitió integrar el manejo de cuatro módulos de riego, el control del nivel de la poza de transición, el encendido y apagado de electrobombas y la aplicación precisa de fertilizantes. Se concluye que la automatización del riego por goteo en grandes extensiones agrícolas constituye una herramienta eficaz para mejorar la eficiencia hídrica y energética, reducir pérdidas y garantizar una distribución homogénea del agua y nutrientes, contribuyendo a incrementar la productividad y sostenibilidad del cultivo. La investigación constituye un referente técnico para la implementación de sistemas de riego automatizados en zonas áridas del norte peruano, donde la disponibilidad de agua es limitada y la eficiencia en su uso resulta crucial para la sostenibilidad agrícola. El modelo aplicado en el fundo Trapani demuestra la viabilidad de combinar ingeniería hidráulica, agronomía y automatización para lograr una gestión integral del recurso hídrico y energético, impulsando la modernización del sector agroexportador peruano.

Chávez (2025), en la tesis titulada “Evaluación del coeficiente de uniformidad en el sistema de riego por aspersión en ladera usando tres modelos de aspersores y tres

pendientes, en Llusco, 2024”, esta investigación tuvo como objetivo evaluar el coeficiente de uniformidad del riego por aspersión en terrenos con pendiente, utilizando tres modelos de aspersores (VYR 35, F30 y VYR 70) y tres grados de inclinación en la comunidad de San Sebastián Llusco Ccollana, distrito de Llusco, provincia de Chumbivilcas, región Cusco. El estudio se realizó en tres parcelas: “Huayllapata” con una pendiente del 3.5%, “Q’enqo” con 10.6% y “Lakitiyu” con 21.5%, donde se colocaron 144 recolectores de lluvia de un litro distribuidos uniformemente para evaluar la distribución del agua conforme al método propuesto por Salassier (2002) y determinar el coeficiente de uniformidad de Christiansen (CUC). Los resultados evidenciaron que la uniformidad del riego depende tanto del tipo de aspersor como de la pendiente del terreno, obteniendo el aspersor VYR 70 los valores más altos de CUC con un máximo de 91.17% en una pendiente del 10.8%, mientras que el VYR 35 alcanzó un valor de 45.65% en una pendiente del 21.5%. En general, las pendientes menores mostraron una mayor uniformidad (3.5%), seguidas por las intermedias (10.8%) y las más pronunciadas (21.5%), donde la eficiencia disminuyó considerablemente. Se concluye que la pendiente influye de manera directa en la uniformidad del riego por aspersión y que la selección adecuada del aspersor, junto con el diseño hidráulico adaptado a la topografía, es esencial para mejorar la eficiencia del riego y el aprovechamiento del agua en zonas altoandinas con condiciones de ladera. La investigación aporta evidencia técnica sobre el desempeño de diferentes modelos de aspersores en condiciones de ladera, un escenario común en la agricultura andina del sur del Perú. Sus resultados permiten orientar la selección y diseño de sistemas de riego por aspersión en terrenos con pendiente, promoviendo un uso más eficiente del agua y mejorando la productividad agrícola en regiones donde la topografía representa una limitante para la implementación de tecnologías de riego presurizado.

Barboza (2020), en su tesis titulada “Cálculo de la uniformidad de distribución de riego por goteo, en los lotes “Rosso 1 y 2” de palta Hass (4.93 ha) y “Catita” de mango (1.03 ha) del fundo Palo Blanco, Motupe, Lambayeque”, el objetivo de su investigación fue evaluar la uniformidad de distribución del riego por goteo en las parcelas “Rosso 1 y 2” y “Catita” del fundo Palo Blanco, con el fin de determinar la eficiencia del sistema y su impacto en la productividad de los cultivos de palta y mango. La metodología consistió en una evaluación técnica del sistema de riego mediante el inventario de sus componentes como bombeo, filtrado, fertiirrigación, control y medición, la verificación de la red de distribución y la elaboración del esquema hidráulico del fundo; además, se midieron los

caudales y presiones de los goteros seleccionados aplicando la metodología de Merriam y Keller (1978) para calcular los coeficientes de uniformidad de caudal (CUC) y de presión (CUP). Los resultados mostraron que la parcela “Rosso 1 y 2” obtuvo un CUC de 77.1% y la parcela “Catita” de 77.7%, ambos clasificados como “pobres”, mientras que los valores de CUP fueron de 93.7% y 96.3%, clasificados como “bueno” y “excelente” respectivamente. Se concluye que, aunque el sistema presenta presiones adecuadas, la uniformidad de caudal es deficiente, lo que podría afectar la eficiencia del riego y la homogeneidad de los cultivos, recomendándose realizar mantenimiento periódico, limpieza de emisores y ajustes en la red hidráulica para optimizar la uniformidad del sistema. La investigación aporta evidencia práctica sobre la importancia de monitorear la uniformidad de los sistemas de riego presurizado en condiciones reales de campo, demostrando que un diseño y mantenimiento adecuados son esenciales para optimizar el uso del agua y garantizar una producción agrícola sostenible y eficiente en cultivos de alto valor económico como la palta y el mango.

Palacios (2018), en su tesis titulada “Evaluación de la Uniformidad del riego por goteo en el proyecto Agrícola Huarmey, Distrito y Provincia de Huarmey – Áncash”, el objetivo de la investigación fue evaluar la uniformidad del riego por goteo en el proyecto Agrícola Huarmey, ubicado en el distrito y provincia de Huarmey, Áncash, analizando los caudales y presiones en campo durante diferentes turnos de riego, así como comparar la uniformidad observada con la establecida en el diseño y los parámetros del fabricante. La metodología consistió en realizar evaluaciones de la uniformidad al inicio y al final de una campaña completa del cultivo de espárragos, considerando siete turnos diarios de riego en áreas de 2.09 a 4.16 hectáreas, con una dotación de 6 mm de agua por día. Se efectuaron mediciones en 16 puntos de muestreo por turno, y los datos fueron procesados mediante una prueba T-Student para comparar las diferencias entre ambos momentos de evaluación, utilizando el software estadístico R. Los resultados mostraron que el coeficiente de uniformidad (CU) promedio fue de 92.05% al inicio del cultivo considerado muy bueno, y disminuyó a 85.69% al final de la campaña, mientras que el coeficiente de variación (CV) aumentó de 0.0660 a 0.1136, diferencia estadísticamente significativa al 95% de confianza. Se concluye que el sistema de riego mantiene una alta uniformidad inicial acorde con las especificaciones técnicas, pero presenta una reducción al final del ciclo productivo debido al desgaste de los equipos y a factores como la salinidad del agua. Este estudio aporta un valioso referente metodológico para la

evaluación del coeficiente de uniformidad de caudales y destaca la importancia de comparar el desempeño real del sistema con los valores de diseño, lo que permite identificar oportunidades de mejora en la gestión y mantenimiento del riego tecnificado.

Chilet (2022), en su investigación “Diseño del Sistema de riego por goteo en ladera para el cultivo de mandarina en la Agrícola Campo Verde S.A.C.”, su objetivo fue diseñar un sistema de riego por goteo eficiente y tecnológicamente optimizado para el cultivo de mandarina en condiciones de ladera, considerando los aspectos agronómicos, hidráulicos y de automatización en el fundo Campo Verde S.A.C., ubicado en el distrito de Huacho, provincia de Huaura, región Lima. La metodología consistió en un diseño integral que abarcó la planificación agronómica del sistema de riego con base en la topografía irregular del terreno, estableciendo 10 turnos de riego con dos líneas laterales por hilera y goteros autocompensados de 3.6 L/h a 0.40 m de separación. El diseño hidráulico se elaboró con el software Irricad, diferenciando materiales según las condiciones del suelo: tuberías de HDPE para el sector sur (arenoso y pedregoso) y de PVC para el sector norte (franco arenoso), con diámetros desde 200 mm en conducción hasta 50 mm en líneas terciarias. Se diseñó un sistema de bombeo de 64 m de altura dinámica total, caudal máximo de 53 L/s y eficiencia del 78%, utilizando un motor de 75 HP, complementado con un sistema de filtrado de seis tanques de grava de 36 pulgadas y un caudal de retrolavado de 45 m<sup>3</sup>/h. La automatización se implementó mediante un controlador Wiseconn con nodos RF-X1 y RF-C1, que permiten la operación y monitoreo remoto del sistema. Los resultados demostraron que el diseño propuesto optimiza la distribución del agua en terrenos de ladera, garantizando una presión y caudal uniformes en todo el sistema, con una eficiencia hidráulica adecuada para las condiciones topográficas del área. Se concluye que la integración del diseño hidráulico y la automatización mejora la eficiencia del riego y reduce las pérdidas energéticas, promoviendo una gestión hídrica sostenible. Este estudio aporta un modelo técnico replicable para el diseño de sistemas de riego presurizado en terrenos con topografía irregular, combinando ingeniería hidráulica y control automatizado para maximizar la productividad agrícola, garantizando al mismo tiempo un uso eficiente y sostenible del recurso hídrico en zonas de ladera.

## **1.2. Riego por goteo en el Perú y a nivel global**

La historia del riego tecnificado moderno se remonta a 1959, cuando el ingeniero israelí Simcha Blass revolucionó las técnicas de irrigación. El gran avance de Blass se materializó en la década de los 60 cuando logró patentar el primer sistema de goteo verdaderamente práctico basado en materiales plásticos. Durante su estancia en el kibutz Hatzerim, Blass colaboró con su hijo en el desarrollo de sistemas de riego por goteo, expandiendo su implementación tanto dentro como fuera de Israel. Este trabajo llevó a la creación de Netafim, la primera compañía dedicada al riego por goteo a nivel mundial, fundada por Blass junto con su hijo Yeshayahu y con el respaldo del kibutz Hatzerim, (Riego Netafim, s. f.).

En el transcurso de más de sesenta años, desde entonces, esta innovación ha evolucionado hasta convertirse en lo que hoy conocemos como "riego tecnificado". Esta tecnología no solo ha permitido incrementar la productividad agrícola y mejorar la calidad de los cultivos, sino que también ha introducido un enfoque más sostenible y responsable en el uso del agua en la agricultura, (Riego Netafim, s. f.).

En contexto al Perú, con el IV Censo Nacional Agropecuario de 2012, el uso de sistemas de riego en tierras agrícolas aumentó de 32% en 1994 a 36% en 2012, alcanzando 2 millones 579 mil 900 hectáreas, un incremento de más de 850 mil hectáreas. Del total de superficie regada, el 88% (1.590.000 hectáreas) utiliza riego por gravedad, mientras que el 12% utiliza riego tecnificado (goteo, aspersión y exudación), tecnologías más eficientes y promueven la conservación del recurso hídrico, (INEI, 2012).

## **1.3. Métodos de riego**

Para una buena alternativa de elegir un método de riego se debe tener en cuenta, (SEPOR, s.f.):

- Topografía del terreno: la forma del terreno influye en la eficiencia del riego.
- Características del suelo: su capacidad de retención de agua es clave.
- Tipo de cultivo: determina requerimientos hídricos y respuesta ante la escasez.
- Accesibilidad y costo del agua: afectan la viabilidad del sistema de riego.
- Calidad del agua: incide en la salud del cultivo y en la eficiencia del sistema.
- Disponibilidad de mano de obra: define la gestión y operación del riego.

- Costo de las instalaciones: considera inversión, operación y mantenimiento.
- Impacto ambiental: evalúa los efectos del sistema sobre el entorno.

Una vez elegido el sistema de riego, se deben evaluar las variantes específicas teniendo en cuenta aspectos más particulares, los siguientes métodos son:

### 1.3.1. Riego por gravedad

El riego por gravedad o superficie, es el método más antiguo y no requiere energía adicional. En este sistema, el agua se suministra al inicio de la parcela o cantero y se desplaza a lo largo de éste impulsada por la fuerza gravitatoria, infiltrándose simultáneamente en el suelo a medida que avanza. A diferencia de los métodos de aspersión y goteo, que necesitan agua a presión y un sistema de distribución con tuberías y emisores, el riego por gravedad utiliza la superficie aprovechando desniveles de terreno para distribuir el agua. Por esta razón, el terreno debe estar bien preparado y nivelado, eliminando cualquier obstáculo o irregularidad que pueda interferir con el flujo del agua, (Castañón, 2000).

### Figura 1

*Tipos de riego por superficie*



Nota: (IFAPA, 2010)

### 1.3.2. Riego por aspersión

El riego por aspersión es un método que distribuye el agua simulando precipitación natural sobre los cultivos. A diferencia del riego por gravedad, donde el agua se desplaza por la superficie del suelo, en el riego por aspersión el agua se transporta a través de tuberías bajo presión hasta los aspersores. Desde estos, el agua se proyecta por el aire y cae como lluvia sobre la parcela, infiltrándose directamente en el suelo sin

desplazarse sobre la superficie. Para que este sistema funcione de manera eficiente, es necesario instalar equipos de riego en la parcela y asegurar que el agua alcance una presión adecuada, conocida como presión de trabajo del aspersor, (Castañón, 2000).

## **Figura 2**

*Medida de presión en el emisor con manómetro (riego por aspersión)*



### **1.3.3. Riego localizado**

El riego localizado es el método más avanzado, impulsado por los recientes avances tecnológicos, especialmente en el uso de plásticos. Este método utiliza una red fija de distribución de agua bajo presión para suministrar pequeñas cantidades de agua de manera continua o frecuente directamente a las áreas específicas próximo a los cultivos. Esto permite que la infiltración del agua se limite a una pequeña fracción de la superficie del suelo, humedeciendo solo una porción limitada del terreno, (Castañón, 2000).

El riego localizado aplica agua de manera precisa sobre o bajo la superficie, Para ello utiliza un sistema de tuberías presurizadas y formas diversas de emisores de modo que, humedece exclusivamente una parte del suelo y más proximidad a la planta, el agua aplicada por cada emisor produce una humedad lo que se conoce como "bulbo húmedo", (IFAPA, 2010)

Dentro del riego localizado existen tres tipos de aplicación:

### a. Riego por goteo

El riego por goteo distribuye agua de manera precisa a través de emisores llamados goteros, que depositan el agua gota a gota sobre la superficie del terreno. Debido a su bajo caudal y la pequeña superficie mojada por cada gotero, se requiere un gran número de ellos, especialmente en la horticultura, lo que también implica una mayor cantidad mayor de tuberías. Este sistema es el más extendido y recibe mayor atención en la agricultura moderna, (Castañon, 2000).

### Figura 3

*Medida del caudal que suministra el riego por goteo*



### b. Tuberías o cintas

La distribución del agua del agua a lo largo de toda su extensión mediante orificios; Pueden clasificarse de dos maneras, (Castañon, 2000):

- **Perforadas:** los emisores presentan perforaciones a distancias constantes.
- **Porosas:** resumen agua de forma continua.

La fabricación es más sencilla que la de los goteros. Su principal desventaja es la falta de uniformidad en la aplicación del agua, lo que destaca una baja eficiencia de riego. Sin embargo, su bajo costo hace que las instalaciones sean más económicas que las de riego por goteo. En general son menos utilizados, (Castañon, 2000).

### **c. Riego por microaspersión y microdifusión**

Este sistema emplea microaspersores o difusores para distribuir el agua, con un radio de alcance menor a 6 metros. Inclusive una pequeña parte del agua se desplaza por el aire, no suele haber problemas significativos de evaporación. La superficie mojada es mayor que en el caso de los goteros, por lo que se utiliza exclusivamente para el riego de árboles, donde un microaspersor puede reemplazar a varios goteros. Además, puede crear un microclima favorable para ciertas especies, mejorando ampliamente la producción, (Castañón, 2000).

#### **Figura 4**

*Aplicación en forma de lluvia por microaspersores*



*Nota: (IFAPA, 2010)*

#### **1.4. Riego tecnificado o presurizado**

El riego presurizado engloba todos aquellos métodos de irrigación donde el agua se distribuye mediante un sistema que requiere presión para funcionar. Esta presión puede generarse de dos maneras principales: de forma natural, aprovechando la diferencia de altura o desnivel del terreno (energía gravitacional), o artificialmente mediante sistemas de bombeo que utilizan energía eléctrica o motores de combustión, una de las ventajas de este sistema es que elimina la necesidad de nivelar la superficie a regar, (MINAGRI, 2017).

Los sistemas de riego presurizado se caracterizan por utilizar una red de tuberías y válvulas como medio principal para transportar y controlar el flujo del agua. Estos sistemas permiten integrar la fertilización con el riego, proceso conocido como fertirriego. Los sistemas más implementados de riego presurizado en provincia son (MINAGRI, 2017).

#### ***1.4.1. Riego por aspersión***

Es un método de riego que funciona de forma presurizado, que requiere mecanismos específicos para generar la fuerza necesaria que genere presión para mover agua a través de emisores especializados que son los aspersores. Una de las ventajas más significativas de este sistema es su capacidad de operar eficientemente en terrenos con topografía irregular y no es necesario la nivelación del terreno (MINAGRI, 2017).

Los aspersores, estratégicamente ubicados, distribuyen el agua de manera uniforme sobre el cultivo, creando un patrón de precipitación artificial para ello el agua tiene que fluir en las tuberías con presión, (MINAGRI, 2017).

#### ***1.4.2. Riego por Microjet y Microaspersores***

Cuando se utiliza estos emisores, se aclara las diferencias entre estos dos tipos, (Osorio y otros, 1999)

- En ambos el agua se aplica en forma de gotas finas a baja altura, similar a una lluvia.
- Proporcionan un riego localizado a las plantas disminuyendo la expansión de las malezas.
- La diferencia entre ambos es que los microaspersores tienen un chorro rotatorio, mientras que los microjets el chorro de agua permanece estáticos.
- Los caudales de descarga de estos emisores suelen ser altos, entre 25 y 120 l/h, por ende, el costo de la red de tuberías es menor que en un riego por aspersión y similar al riego por goteo.
- El microjet tiene un diámetro de humedecimiento pequeño (menor a 8,5 m).

#### ***1.4.3. Riego por goteo***

El riego por goteo representa un sistema de irrigación altamente eficiente,

específicamente diseñado para optimizar el aprovechamiento del agua y nutrientes en regiones donde el recurso hídrico es escaso. Su principio fundamental se basa en la aplicación localizada del agua directamente en la zona donde se desarrollan las raíces de las plantas. Este método se caracteriza por utilizar una red de tuberías equipadas con dispositivos emisores, conocidos como goteros, que operan a baja presión. Estos goteros están diseñados para dispensar el agua de manera precisa y controlada, con caudales que oscilan entre 0,5 y 4 litros por hora, funcionando bajo presiones moderadas de 0,2 a 1 kilogramo por centímetro cuadrado, (MINAGRI, 2017).

#### ***1.4.4. Componentes de las instalaciones de riego por goteo***

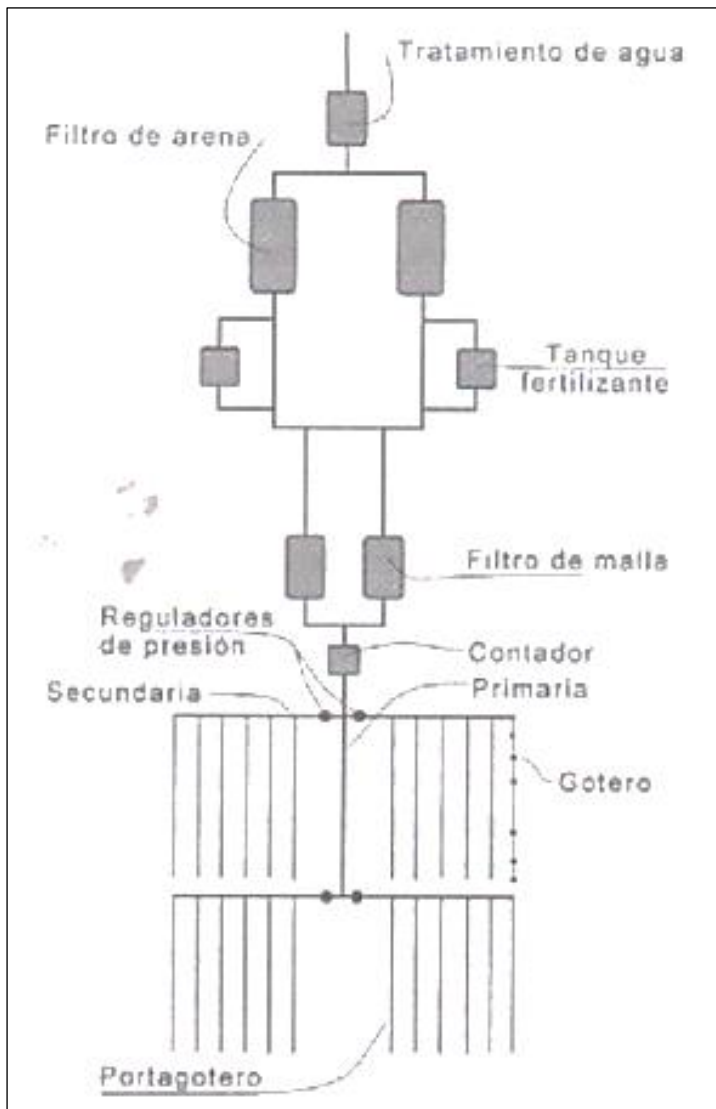
Los componentes básicos de una instalación de riego localizado son: el cabezal de riego, las tuberías (principales, secundarias y laterales) y los emisores", (Pizarro, 1996).

El sistema de riego por goteo se compone como mínimo de componentes siguientes: Fuente de energía, cabezal de control, red de tuberías, goteros o emisores y dispositivos de control, (Mendoza, 2013).

El equipo necesario que puedan entrar para un sistema de riego por goteo incluye los siguientes elementos: fuente de agua, bomba, cabezal de riego, sistema de distribución y aplicación del agua, junto con los accesorios correspondientes, (Blair, 1979).

**Figura 5**

*Esquema de instalación de riego por goteo*



**Nota:** (Castañón, 2000)

### **a. Fuente de agua**

El agua para sistemas de riego por goteo puede derivar de distintas fuentes ya sea (río, acequia, estanque, pozo excavado o pozo profundo), pero lo fundamental debe estar libre de sólidos en suspensión, tener baja concentración de bacterias y un nivel de sales dentro de los límites permisibles. Si el agua contiene sólidos, se deben instalar filtros para eliminar partículas sólidas. Si la concentración de bacterias es alta y puede obstruir los emisores, se requieren filtros de arena o equipos de cloración para controlarlas, (Blair, 1979).

## **Figura 6**

*Reservorio para el almacenamiento del agua*



### **b. Unidad de bombeo**

La unidad de bombeo suele consistir en una bomba centrífuga, impulsada por un motor eléctrico o de combustión interna. Su tamaño se determina según la carga total necesaria para transportar y distribuir el agua, así como el caudal requerido para regar el área en el tiempo disponible. En situaciones excepcionales, si hay una diferencia de nivel suficiente entre la fuente de agua y superficies a regar, esta diferencia puede generar la presión necesaria para el riego, lo que permite prescindir de la bomba y ofrecer ventajas económicas de reducción de costos de instalación más operación, (Blair, 1979).

### **c. Cabezal de riego**

Comprende un conjunto de componentes cada uno de ellos cumplen diferentes funciones esenciales como: filtración de agua, tratamiento de agua, medir caudal y el suministro controlado hacia la red de distribución, (IFAPA, 2010).

El cabezal riego comprende los siguientes componentes como: sistema de filtrado en la que se encuentran diferentes tipos (filtros de arena, filtros de malla y filtros de anillas), sistema de fertirriego los equipos más usados son (Tanques de fertilización, inyector tipo Venturi e inyectores), (IFAPA, 2010).

El cabezal de riego incluye los siguientes elementos: válvula de retención, filtro

desarenador, filtro de malla, filtro de arena, válvulas de control, medidor de volúmenes, equipo clorador, manómetros e inyector de fertilizantes, (Blair, 1979).

Sin embargo, no es necesario que todos estos componentes estén presentes, esto dependerá de las características particulares del agua disponible, los requisitos del cultivo, y las condiciones del terreno a regar.

### **Figura 7**

*Cabezal de riego tipo de filtrado (filtro de anillas)*



#### **d. Red de distribución**

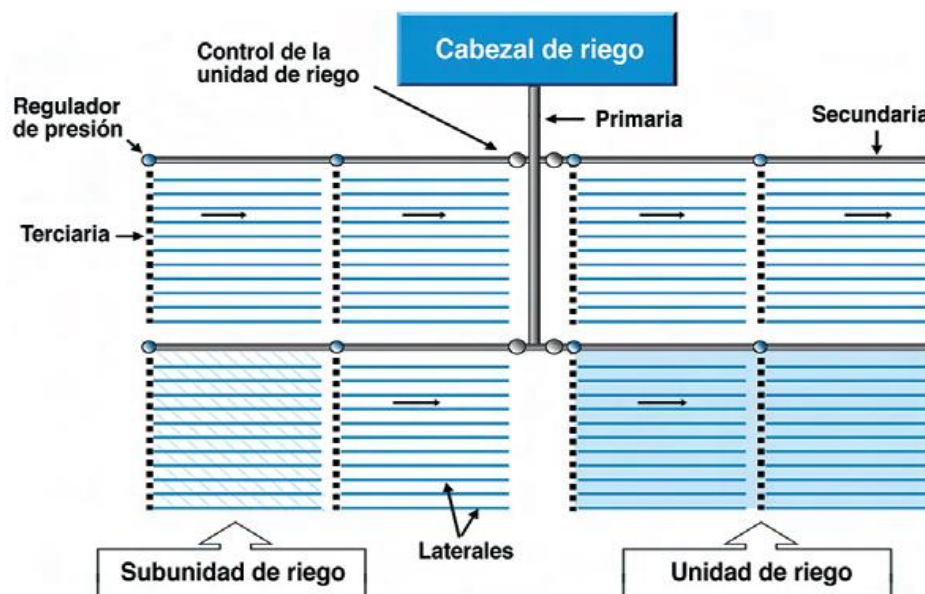
La red de distribución está compuesta por las tuberías que transportan el agua filtrada y tratada desde el cabezal, junto con los accesorios necesarios para adaptar la red de tuberías a la forma de la parcela, como juntas. Según el tipo de tubería, se les designa un nombre (IFAPA, 2010):

- La red comienza con la tubería principal (también llamada primaria o matriz) que sale del cabezal y transporta el agua filtrada y tratada.
- El área a regar se divide en unidades de riego basadas en criterios como superficie, tipo de cultivo o suelo.
- Unidad de riego, conjunto de subunidades que riegan en forma simultánea desde un único punto.
- Las subunidades de riego, se le llama a la superficie regada por conjunto de laterales, que captan agua de una tubería de portal lateral.

- Las tuberías secundarias, abastecen cada unidad de riego.
- Las tuberías terciarias (portalaterales), alimentan a las tuberías laterales.
- Los laterales (Portaemisores), llevan conectados los emisores.
- Los emisores de riego localizado se colocan en las tuberías llamadas laterales.
- La superficie regada por cada tubería terciaria se conoce como subunidad de riego.

**Figura 8**

*Componentes de los sistemas de distribución de riego*

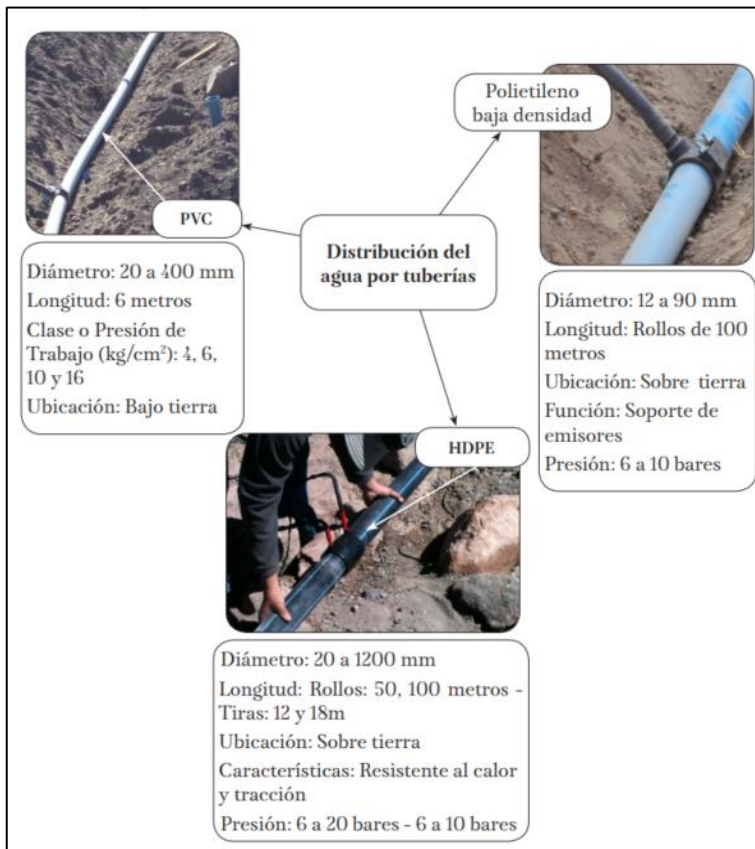


Nota: IFAPA, 2010

Por distribución comprende a la red de tuberías de diferentes materiales (PVC, polietileno baja densidad, HDPE), que constituyen las matrices y submatrices, y cuyo propósito es transportar el agua desde la caseta de riego hacia los cultivos (Viña, 2019).

**Figura 9**

*Distribución de agua por tuberías*



Nota: (Viña, 2019)

**e. Emisores**

Son los encargados de producir y controlar la salida de agua desde los laterales. generalmente, los emisores se colocan a cierta distancia, lo que permite que el agua salga de manera discreta, formando bulbos húmedos en el suelo. Sin embargo, también es posible aplicar el agua de forma continua, creando una franja humedecida a lo largo de la línea de riego, las características que deben cumplir un buen emisor ver la Figura 10, (IFAPA, 2010).

**Figura 10**

*Características de un buen emisor*

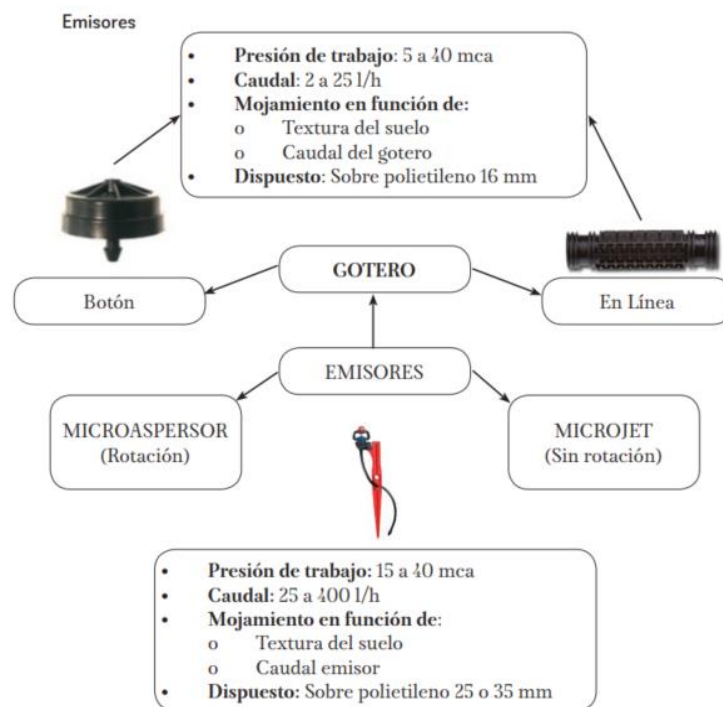


Nota: (IFAPA, 2010)

Los *emisores* ofrecen tasas de flujo variables cuando operan a presiones distintas de la especificada como estándar. Esta correlación (ilustrada mediante la **curva característica de descarga**) varía según el modelo de emisor y **es responsabilidad del fabricante proporcionar esta información** para determinar con precisión el volumen de agua que el emisor suministra de acuerdo con la presión operativa (IFAPA, 2010).

**Figura 11**

*Comportamiento de cada tipo de emisor*



**Nota:** (Osorio y otros, 1999)

Los emisores de riego localizado se clasifican en tres categorías principales según cómo aplican el agua al suelo: goteros, microaspersores y difusores más tuberías emisoras, (IFAPA, 2010):

- **Goteros:** representan los emisores más comunes en sistemas de riego localizado. Fabricados principalmente de plástico, estos dispositivos se instalan en las líneas laterales y reducen la presión del agua, permitiendo que esta salga casi sin impulso, en forma de gotas. Operan generalmente a presiones próximas a 1 kilos/centímetro cuadrado = 0.980665 Bar". Para lograr esta reducción de presión, suelen incorporar internamente un pasaje sinuoso o laberíntico con múltiples curvas y obstáculos (IFAPA, 2010).

Dependiendo de su método de instalación en las tuberías laterales, los goteros se clasifican en diferentes categorías (IFAPA, 2010):

- **Interlineales o insertados:** requieren cortar la tubería para su colocación, conectándose por ambos extremos.

### Figura 12

*Gotero insertado*



- **De pinchados:** se insertan en agujeros previamente perforados en la tubería.

### Figura 13

*Gotero pinchado en una tubería lateral de riego*



**Nota:** Eisenhauer et al. (2021)

- **Integrados:** se incorporan directamente durante el proceso de fabricación de la tubería.

### Figura 14

*Goteros integrados en el proceso de fabricación*



**Nota:** IFAPA, 2010

Según la relación entre el caudal suministrado y la presión operativa, los goteros se clasifican en (IFAPA, 2010):

- **No compensantes:** su flujo varía en función de la presión aplicada. Un incremento en la presión resulta en mayor volumen de agua liberada.
- **Autocompensantes:** mantienen un caudal prácticamente constante dentro de un rango específico de presiones, el cual debe ser especificado por el fabricante. Este rango se denomina intervalo de compensación.

**Figura 15**

*Emisor autocompensado utilizado en este proyecto*



**Nota:** (Netafim, s.f.)

- **Microaspersores y difusores (microjets):** los microaspersores son dispositivos que dispersan el agua sobre el terreno simulando una ligera precipitación, sin llegar a mojar la totalidad del área cultivada (razón por la cual se clasifican como parte de los sistemas de riego localizado).

**Figura 16**

*Difusores instalados en un invernadero*



**Nota:** Imagen tomada en un fundo

- **Tuberías emisoras:** estas son conducciones que transportan y distribuyen el agua de manera simultánea mediante perforaciones realizadas durante su fabricación o a través de su estructura porosa. Generalmente elaboradas con polietileno (PE), se emplean comúnmente en cultivos con espaciamiento muy reducido que requerirían una alta concentración de emisores, o en plantaciones lineales para crear una franja ininterrumpida de humedad en el suelo. Aunque existe una amplia diversidad de tuberías emisoras, las más frecuentemente empleadas son: Tubería perforada, goteadora y tubería porosa o exudante.

### Elementos de la red de riego

Dependiendo del papel que desempeñan dentro del sistema de distribución, se pueden distinguir (IFAPA, 2010).

**Figura 17**

*Elementos de la red de riego*



**Nota:** (IFAPA, 2010)

#### ➤ Elementos de medida:

##### a) Medidores de caudal

Hay una amplia gama de medidores de agua, aunque no todos cumplen con un requerimiento fundamental: además de indicar el caudal instantáneo, deben acumular el volumen total. Otros factores importantes a considerar al seleccionar un contador son su exactitud, la resistencia a burbujas de aire y partículas suspendidas, la pérdida de presión que generan y, naturalmente, su precio. Entre los numerosos modelos disponibles, describiremos los siguientes: Contador Woltman, Contador proporcional, Rotámetro, Contador de ultrasonidos y Contador electromagnético (Pizarro, 1996).

## **Figura 18**

*Medidor de caudal tipo Woltman instalado en la red de riego localizado*



### **b) Medidores de presión**

Los medidores de presión permiten detectar si algún elemento está operando bajo presiones superiores a las especificadas, con el consiguiente riesgo de ruptura, si está experimentando una significativa pérdida de carga (como sucede con un filtro obstruido que requiere limpieza) o si carece de la presión necesaria para funcionar adecuadamente (por ejemplo, una línea lateral de goteo sin presión suficiente para que los emisores suministren el caudal nominal), (IFAPA, 2010).

Los dispositivos utilizados para medir la presión se conocen como manómetros, siendo los más populares los de tipo Bourdon, que funcionan mediante un sistema mecánico (IFAPA, 2010). Los manómetros deben ubicarse estratégicamente en el cabezal de riego. También es importante monitorear la presión en el comienzo de las subunidades, después del regulador de presión. Para ajustar correctamente los reguladores y evaluar el funcionamiento del sistema, resulta muy útil medir la presión al final de los laterales, lo cual puede realizarse fácilmente insertando la toma del manómetro directamente en la tubería, adaptando previamente dicha toma al diámetro específico de los laterales (Pizarro, 1996).

#### **➤ Elementos de control:**

##### **a) Reguladores de presión**

El regulador de presión es un componente vital que mantiene la estabilidad en los

sistemas de distribución de agua para riego, compensando las fluctuaciones causadas por distintas operaciones como la aplicación de fertilizantes o el mantenimiento de filtros, lo que garantiza una irrigación eficiente. En instalaciones de mayor envergadura, el diseño puede requerir o recomendar la colocación adicional de estos dispositivos al inicio de cada zona de riego independiente (Castañón, 2000).

La regulación de la presión cumple dos propósitos fundamentales, (Pizarro, 1996):

- Asegurar un riego uniforme: El ejemplo característico es la instalación de reguladores al comienzo de cada subunidad de riego, lo que garantiza que todas las zonas reciban agua con presión constante.
- Proteger la infraestructura: Evita que componentes del sistema sufran daños por presiones demasiado elevadas, lo que representa un ahorro económico al permitir usar materiales con menor resistencia a la presión en lugar de instalar elementos más costosos de mayor timbraje.

#### **b) Reguladores de caudal**

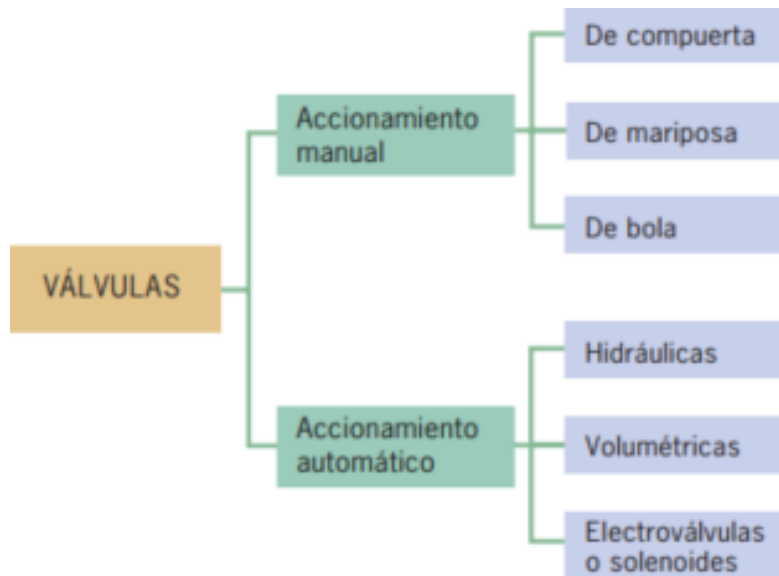
Los reguladores de flujo cumplen la función específica de controlar la cantidad exacta de agua que circula por el sistema, permitiendo ajustar el volumen suministrado según las necesidades de aplicación. Es particularmente recomendable instalar uno de estos dispositivos en el punto de ingreso de cada sección de riego, asegurando así que las tuberías terciarias y ramales laterales reciban precisamente el volumen de agua planificado para ellos (IFAPA, 2010).

#### **c) Válvulas**

Las válvulas de control deben distribuirse estratégicamente a lo largo del sistema de irrigación para facilitar la operación independiente de cada sector. Esta configuración previene pérdidas innecesarias durante averías o fallos, permitiendo que las áreas no afectadas continúen funcionando normalmente sin interrupciones en el suministro de agua. También estos componentes desempeñan un papel crucial para la gestión eficiente de toda la instalación. Como mínimo, se requiere instalar una válvula por cada unidad operativa de riego (Castañón, 2000).

**Figura 19**

*Clasificación de las válvulas según el tipo de accionamiento*



**Nota:** (IFAPA, 2010)

- **Elementos de protección:** Los elementos de protección tienen como función principal proteger los componentes del sistema de riego contra presiones excesivas o vacíos que suelen ocurrir durante los momentos de arranque o detención del sistema. Estos fenómenos coinciden típicamente con operaciones como la apertura y cierre de válvulas o el encendido y apagado de equipos de bombeo (IFAPA, 2010).

Si bien existen varios mecanismos para contrarrestar estos efectos, en los sistemas de riego por goteo los más comúnmente empleados son las ventosas (para eliminar aire) y los calderines (para absorber sobrepresiones), que actúan como amortiguadores hidráulicos (IFAPA, 2010).

- **Dispositivos de regulación, programación y automatización**

Los sistemas de automatización, aunque no son elementos esenciales, se vuelven cada vez más relevantes conforme aumenta el tamaño del área irrigada. En parcelas pequeñas, es perfectamente viable sustituirlos por trabajo manual, pero su implementación se hace más común y justificada a medida que se incrementa la extensión de la superficie bajo riego (Castañón, 2000).

### 1.5. Coeficiente de uniformidad (CU)

La uniformidad es un parámetro fundamental que caracteriza a todo sistema de riego y que además influye en su diseño, en un enfoque agronómico, pues actúa al cálculo de las necesidades totales de agua (Nt), también en el hidráulico, pues en función de ella se demarcan los límites entre los que se permite que alteren los gastos de los emisores, (Pizarro, 1996).

El coeficiente de uniformidad. Está alterado por diferentes factores: constructivos (durante la fabricación, los emisores pueden presentar pequeñas diferencias debido a variaciones en el proceso constructivo y los materiales utilizados, lo que resulta en distintos caudales aun cuando se aplique la misma presión, esta variabilidad se cuantifica mediante el coeficiente de variación de fabricación); hidráulicos (los emisores operan bajo diferentes presiones debido a las pérdidas de carga en el sistema y las diferencias de la superficie de nivel en el terreno); Con el paso del tiempo, el deterioro natural de los componentes incluso la acumulación de obstrucciones afectan el funcionamiento del sistema y por ultimo diferencias de temperatura pueden causar variaciones en el comportamiento de los emisores, (Pizarro, 1996).

En la siguiente (tabla 1) se muestran valores recomendados de CU.

**Tabla 1**

*Valores recomendados de coeficiente de uniformidad*

Emisores	Pendientes	CU	
		Clima árido	Clima húmedo
Emisores espaciados más de 4m en cultivos permanentes	Uniforme ( $i < 2\%$ )	0.90 - 0.95	0.80 - 0.85
	Uniforme ( $i > 2\%$ ) u ondulada	0.85 - 0.90	0.75 - 0.80
Emisores espaciados menos de 2.5m en cultivos permanentes o semi permanentes	Uniforme ( $i < 2\%$ )	0.85 - 0.90	0.75 - 0.80
	Uniforme ( $i > 2\%$ ) u ondulada	0.80 - 0.90	0.70 - 0.80
Mangueras o cintas de exudación en cultivos anuales	Uniforme ( $i < 2\%$ )	0.80 - 0.90	0.70 - 0.80
	Uniforme ( $i > 2\%$ ) u ondulada	0.70 - 0.85	0.65 - 0.75

*Nota: (Pizarro, 1996)*

### 1.5.1. Método para evaluar la uniformidad del riego

Para evaluar la uniformidad de riego en un sistema de riego habitualmente se calcula el coeficiente de uniformidad. No obstante, para los sistemas localizados de alta frecuencia en la que se encuentra el riego por goteo, se debería utilizar un coeficiente de uniformidad más predecible (Fontela et al., 2009). Varios autores han realizado investigaciones al respecto, siendo el más aceptado el coeficiente establecido por, (Merriam & Keller, 1978).

### 1.5.2. Coeficiente de uniformidad del caudal (CUc)

Este método es ampliamente utilizado y aceptado por (Pizarro, 1996), Consiste en seleccionar una subunidad representativa del equipo y sobre ésta, efectuar mediciones de caudales y presiones de emisores. La ecuación (1) se refiere al cálculo del coeficiente de uniformidad de caudales.

El CU se calcula como el cociente entre el caudal promedio de los 25% de los emisores con menor caudal y el caudal promedio de todos los emisores. Un CU alto (cercano al 100%) indica una distribución del agua más uniforme, lo que se traduce en un mejor aprovechamiento del recurso hídrico y un desarrollo más homogéneo de los cultivos, (Merriam & Keller, 1978).

$$CUc = \frac{q_{25\%}}{\bar{q}} * 100 \dots \dots \dots (1)$$

**Donde:**

CUc: Coeficiente de uniformidad del caudal (%)

q<sub>25%</sub>: caudal promedio de la cuarta parte de más bajo caudal de emisor (L/h)

$\bar{q}$ : caudal promedio de todos los emisores medidos (L/h)

Los rangos de valores de CU para cada nivel de clasificación se muestran en la Tabla 2, (Merriam & Keller, 1978).

**Tabla 2**

*Clasificación de indicadores de desempeño en riego por goteo*

<b>Clasificación</b>	<b>CU (%)</b>
Excelente	>90
Bueno	80-90
Regular	70-80
Pobre	60-70
Inaceptable	<60

*Nota: (Merriam & Keller, 1978)*

### **1.5.3. Coeficiente de uniformidad de presiones (CU<sub>p</sub>)**

Coeficiente de Uniformidad de Presiones (CU<sub>p</sub>), Se desarrolla este método como una forma práctica de evaluar la uniformidad del sistema de riego basándose en las mediciones de presión, considerando la existencia de una relación entre presión y caudal (Merriam & Keller, 1978), plantearon la siguiente ecuación (2).

$$CU_p = 100 * \left( \frac{P_{25\%}}{\bar{P}} \right)^x \dots\dots\dots(2)$$

**Donde:**

CU<sub>p</sub>: Coeficiente de Uniformidad de Presiones (%)

P<sub>25%</sub>: Promedio aritmético de la cuarta parte de los emisores con el valor más bajo de presión (bar)

$\bar{P}$ : Presión promedio de todos los emisores medidos (bar)

El exponente x, es una variable de descarga, trata de una característica del emisor que debe ser facilitada por el fabricante u obtenida en pruebas en cargas de presión y de registrar valores de caudal.

### **1.6. Ecuación y curva característica de los emisores**

La ecuación del emisor establece una relación matemática que conecta dos variables fundamentales en los sistemas de riego: el caudal que sale por el emisor y la presión con la que trabaja el sistema. Esta relación es válida para todo tipo de emisores de riego, con la única excepción de las cintas de exudación que funcionan bajo un principio diferente, la ecuación se representa de la siguiente manera, (Pizarro, 1996).

$$q = Kh^x \dots\dots\dots(3)$$

**Donde:**

q: caudal del emisor, que generalmente se mide en litros/hora (L/h)

K: coeficiente de descarga

x: exponente de descarga

h: presión a la entrada del emisor (Bar), que generalmente se mide en metros de columna de agua (m.c.a.)

Cada tipo de emisor de riego tiene sus propios valores específicos de K y x que lo caracterizan y definen su comportamiento hidráulico. Sin embargo, es común que los fabricantes suministren la información completa, x en un coeficiente de descarga es un patrón de medida de los emisores varía de acuerdo a la presión. Se muestra algunos valores de x en la tabla 3, (Pizarro, 1996).

**Tabla 3**

*Coefficientes de descarga de emisores*

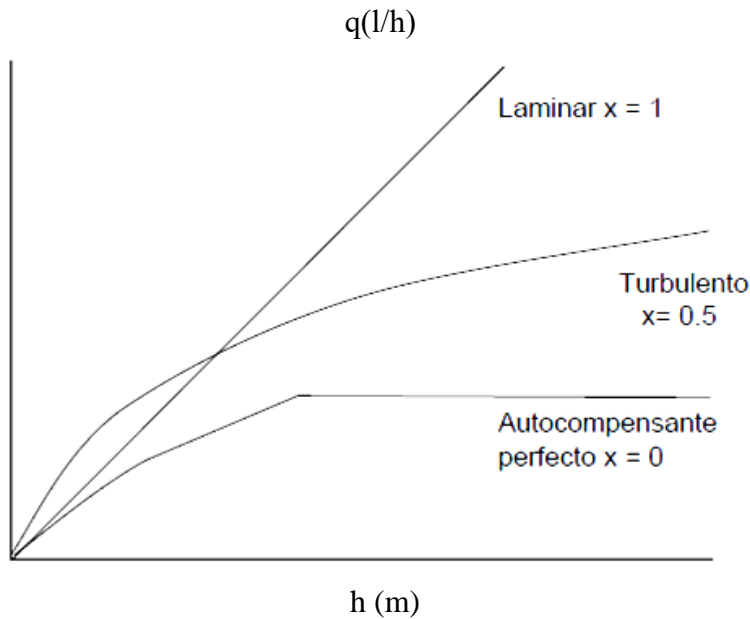
<b>Emisor</b>	<b>x</b>
De régimen laminar	1
Microtubos	0.75 - 1
Helicoidal	0.65 - 0.75
De régimen turbulento (orificio de laberinto)	0.5
Vortex	0.4
Autocompensante	0.0 - 0.4
Teórico perfectamente autocompensado	0

**Nota:** (Pizarro, 1996)

La relación q – h también se describe en un esquema de curvas características de los emisores, figura 2.

**Figura 20**

*Curvas características de los emisores*



**Nota:** (Pizarro, 1996)

Para determinar el exponente de descarga manualmente, lo simple es operar el emisor con distintas presiones y medir los caudales correspondientes, aplicas estos valores en la fórmula de cálculo siguiente planteado por (Pizarro, 1996):

$$x = \frac{\log[q^1/q^2]}{\log[P^1/P^2]} \dots\dots\dots(4)$$

$$K = \frac{q_1}{h_1^x} \dots\dots\dots(5)$$

**Donde:**

X =Exponente de descarga del emisor (adimensional)

q1 y q2= Registros de caudal del emisor con un gradiente de presión aplicado (L/h)

P1 y P2=Presión aplicada a los emisores, donde P1 es el valor mínimo (m.c.a.)

K=Coeficiente de descarga

h1=presión a la entrada del emisor (Bar)

**1.7. Goteros autocompensados**

Para una máxima uniformidad de riego se emplean los goteros autocompensantes, por lo cual se obtienen caudales constantes no varía sin importar la presión con un valor

x cercano a 0. Son utilizadas en ramales de extensas longitudes incluso en terrenos con topografía irregular o pendientes pronunciadas, (Castañón, 2000).

Los goteros autocompensantes son más costosos y tienen una uniformidad de fabricación menor debido a sus piezas móviles. Además, las membranas elásticas pueden verse afectada por la temperatura y el tiempo, perdiendo su capacidad autocompensante. Sin embargo, son útiles en terrenos muy ondulados o en laterales de gran longitud, donde la presión varía significativamente entre los emisores más cercanos y los más alejados de la tubería principal, (IFAPA, 2010).

**1.8. El coeficiente de variación (CV)**

Bralts y Kesner (1983), proponen hallar para el diagnóstico del equipo de riego en funcionamiento el coeficiente de variación total de caudales (CVq) utilizando la metodología a campo llevada a cabo por (Merriam & Keller, 1978). El coeficiente se calcula como se muestra en la ecuación (3).

$$CV = \left(\frac{S}{\bar{x}}\right) \dots\dots\dots(6)$$

**Donde:**

- CV: Coeficiente de variación total de caudales
- S: desviación estándar de la muestra (L/h)
- $\bar{x}$ : media aritmética de la muestra (L/h)

Los valores del CV pueden interpretarse de la siguiente manera, (Bralts & Kesner, 1983):

**Tabla 4**

*Clasificación de la uniformidad en función del coeficiente de variación*

<b>CV</b>	<b>Uniformidad</b>
Inaceptable	>0.4
Baja	0.4 - 0.3
Aceptable	0.3 - 0.2
Muy buena	0.2 - 0.1
Excelente	0.1 - 0.0

*Nota:* Bralts y Kesner (1983).

## CAPÍTULO II METODOLOGÍA

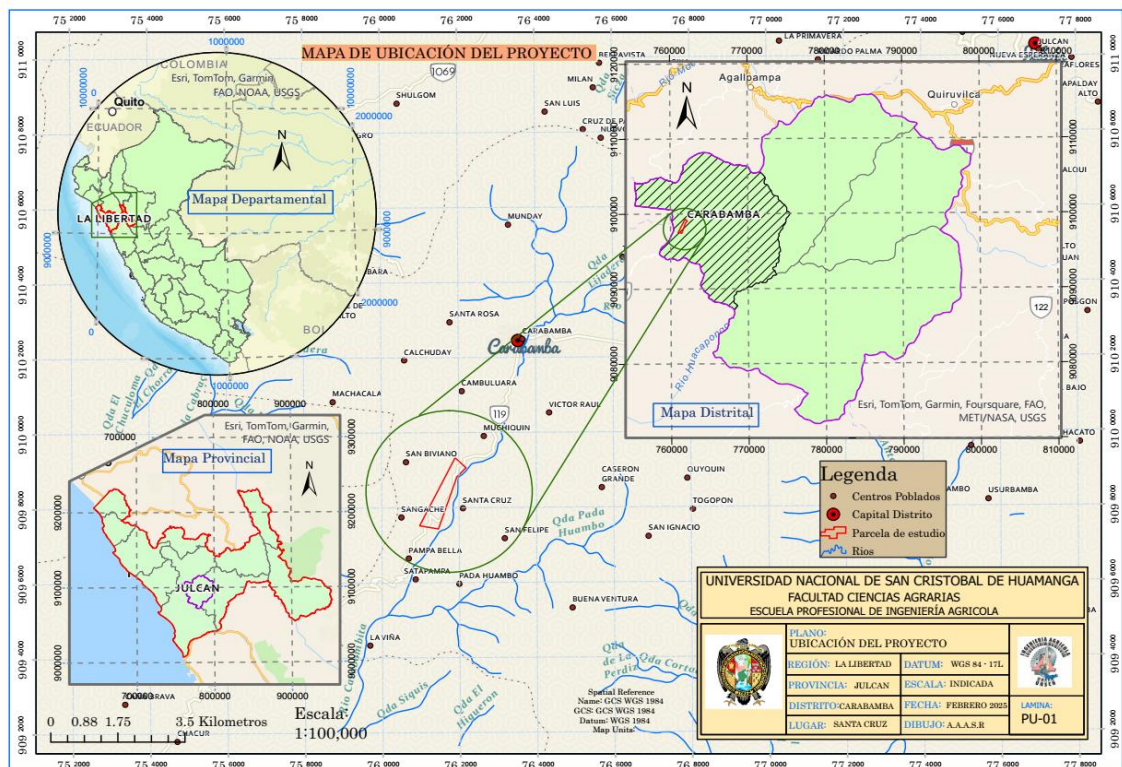
### 2.1. Descripción de la zona de estudio

#### 2.1.1. Ubicación política

Departamento : La Libertad  
Provincia : Julcán  
Distrito : Carabamba  
Lugar : Sector Santa Cruz.

**Figura 21**

*Ubicación del sector Santa Cruz, distrito, Provincial y departamental*



#### 2.1.2. Ubicación geográfica

El Sector Santa Cruz, se encuentra localizado en las coordenadas geográficas  $8^{\circ} 8'31.50''$  Latitud Sur y  $78^{\circ}37'18.12''$  Longitud Oeste del meridiano de Greenwich.

### 2.1.3. *Coordenadas UTM*

Este : 762068.27 m E

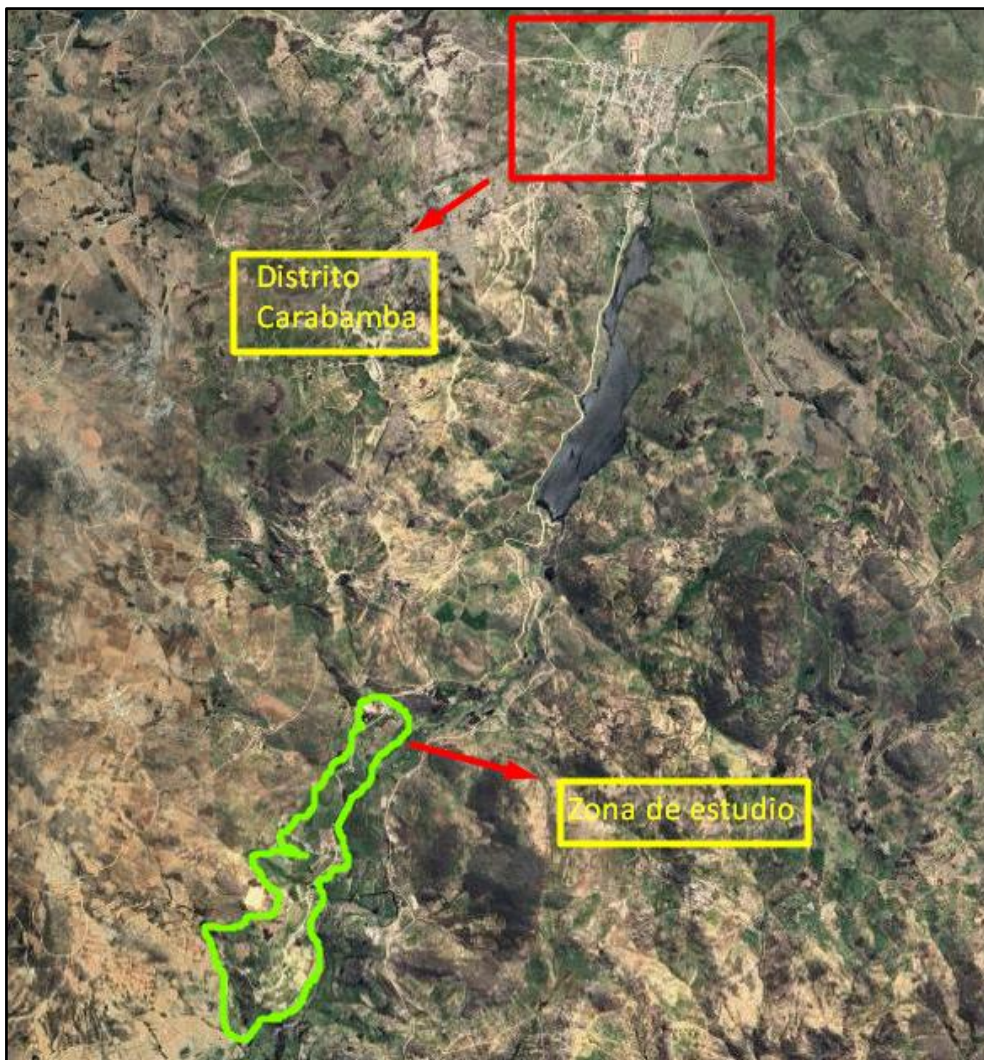
Norte : 9099224.46 m S

Altitud: 3275 msnm

### 2.1.4. *Ubicación satelital del proyecto*

#### **Figura 22**

*Ubicación satelital al Sector Santa Cruz*



Nota: SASPlanet versión 2023.

### 2.1.5. *Accesibilidad a la zona de estudio*

A la zona de estudio se accede tomando como referencia la plaza de armas de la ciudad de Ayacucho, luego nos dirigimos al gran Terminal terrestre los libertadores de América Ayacucho mediante ómnibus se realiza viaje por una vía asfaltada perteneciente

a la carretera Ayacucho-Lima, con un recorrido promedio de 566 kilómetros de distancia hacia gran Terminal Terrestre Plaza Norte, desde el terminal plaza norte Lima-Terminal terrestre Trujillo con una vía asfaltada, luego desde Trujillo a Carabamba se realiza con un Microbús (Combi). A la zona de estudio se accede tal como se muestra en la Tabla 5.

**Tabla 5**

*Vía de acceso al distrito de la Carabamba – Sector Santa Cruz*

<b>Tramo</b>	<b>Dist. (km)</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Medio de transporte</b>	<b>Observaciones</b>
Ayacucho – Lima	566	9h 52min	Ómnibus	Asfaltada
Lima – Trujillo	551	8h 40min	Ómnibus	Asfaltada
Trujillo - Agallpampa	83.4	1h 52min	Microbús (Combi)	Asfaltada
Agallpampa - Carabamba	24.1	54min	Microbús (Combi)	Afirmada
Carabamba - Sector Santa Cruz	4.6	15 min	Camioneta	Afirmada
<b>Total</b>	<b>1229.1</b>	<b>21h 33min</b>		

## **2.2. Materiales y equipos**

### **2.2.1. Materiales**

- Imágenes satelitales de SASPlanet
- Plano Topográfico del área de estudio
- Planos del sistema de riego
- Nube de puntos
- Manómetros calibrados
- Probeta instrumento de medición de volumen
- Cintillos
- Libros, manuales, y tesis
- Libreta de apuntes
- Wincha 50 m
- Cronometro

### **2.2.2. Equipos**

- Estación total Topcom Serie GM
- Cámara fotográfica
- Laptop
- Calculadora

### **2.2.3. Softwares tecnológicos**

- Google Earth Pro
- Civil 3D 2025
- ArcGIS Pro
- Microsoft Office

### **2.3. Problemas específicos**

- ¿Cuál es el Coeficiente de Uniformidad de Caudales en el sistema de riego por goteo en laderas, utilizando cinta de goteo, en las tres parcelas demostrativas - La Libertad, 2024?
- ¿De qué manera se determina el coeficiente de Uniformidad de Presiones en el sistema de riego por goteo en laderas, utilizando cinta de goteo, en las tres parcelas demostrativas - La Libertad, 2024?
- ¿Qué diferencias existen entre los caudales obtenida en campo y la especificada en el diseño por el fabricante en los sistemas de riego por goteo instalados en laderas en las tres parcelas demostrativas - La Libertad, 2024?

### **2.4. Proceso metodológico**

La metodología del presente estudio se definió como el conjunto de procedimientos técnicos y sistemáticos que permitieron planificar, ejecutar y analizar las actividades necesarias para alcanzar los objetivos planteados. Dicho proceso metodológico se desarrolló de manera ordenada y secuencial, estructurándose en tres fases.

#### **2.4.1. Fase preparatoria**

Se realizó la revisión de la documentación técnica existente, recopilando toda la información disponible del sistema de riego, incluyendo los planos de diseño hidráulico y los planos topográficos del proyecto previamente implementado.

##### **a) Riego por goteo del proyecto**

La presente investigación se desarrolló en el marco del Proyecto implementado por el Programa Subsectorial de Irrigaciones (PSI) en el sector Santa Cruz del distrito de Carabamba, provincia de Julcán, departamento de La Libertad. Dicho proyecto contempla la implementación de un sistema de riego con cintas de goteo autocompensadas cuenta

con diseño hidráulico y turnos de riego, diseñado para optimizar el aprovechamiento del recurso hídrico en la zona.

#### **b) Laterales empleados en el proyecto**

En el proyecto de investigación el material correspondió a una cinta de riego marca NETAFIM modelo 15150 (Clase 15 mil), la cual cuenta con goteros integrales compactos auto compensantes, la clase del lateral indica el espesor de la cinta, en dicho material se realizó la toma muestras en los emisores, las cuales sirvieron para el cálculo del coeficiente de uniformidad de caudales y presiones.

**Tabla 6**

*Datos técnicos del emisor*

<b>Características del emisor</b>	
Marca	Netafim
Modelo	16150
Diámetro interno(mm)	16.20
Espesor de pared (mm)	0.38
Diámetro externo (mm)	16.96
Rango de presión de trabajo (Bar)	0.4-3.0
Presión máxima de trabajo (Bar)	2.20
Separación entre goteros(m)	0.3
Exponente de descarga	0.00
Caudal nominal (L/h)	1.00

#### **2.4.2. Fase de campo**

##### **a) Levantamiento topográfico detallado**

Para esta investigación, fue necesario ejecutar un nuevo estudio topográfico detallado, a pesar de que el proyecto ya se encontraba en funcionamiento y disponía de un diseño previo. Este proceso de levantamiento implicó la medición y documentación sistemática de diversos elementos del terreno, incluyendo sus pendientes, variaciones de altura y demás atributos topográficos significativos, ver (Figura 23).

**Figura 23**

*Levantamiento topográfico detallado del área de estudio*

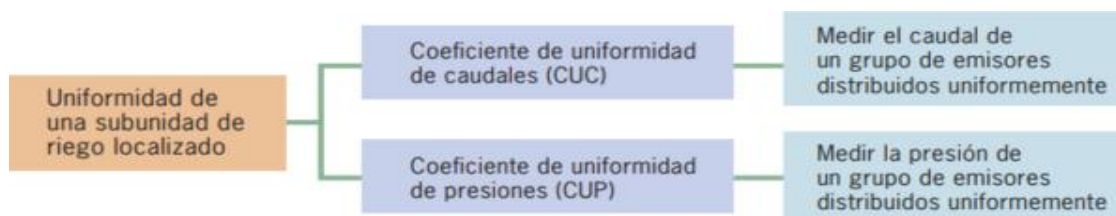


**b) Recopilación de datos para la evaluación de la uniformidad de subunidad de riego**

Para evaluar la uniformidad se utilizaron dos indicadores hidráulicos: el coeficiente de uniformidad de caudales (CUC) y el coeficiente de uniformidad debido a presiones (CUP). A partir de estos dos valores obtenidos fue posible identificar deficiencias en la eficiencia del sistema y detectar posibles irregularidades operativas, lo que permitió proponer acciones correctivas orientadas a mejorar el funcionamiento de la instalación de riego.

**Figura 24**

*Uniformidad de la subunidad de riego localizado*



Nota: IFAPA, 2010

Para calcular el coeficiente de uniformidad de caudales y presiones el primer procedimiento que se realizó fue la calibración de válvulas (arcos de riego), utilizando un manómetro para medición de presiones, el instrumento debe tener un rango de medición de 2.5 bares(250kPa), este rango es suficiente para medir con precisión las presiones

relativamente bajas utilizadas en sistemas de riego por goteo y llegar a la indicada en el plano de diseño. Esta calibración cuidadosa de las válvulas es el primer paso crítico para lograr un sistema de riego eficiente y uniforme, lo cual es fundamental para el cálculo preciso del coeficiente de uniformidad de caudales y presiones, ver (Figura 25.)

### **Figura 25**

*Calibración de válvulas (arcos de riego) con la ayuda del manómetro*

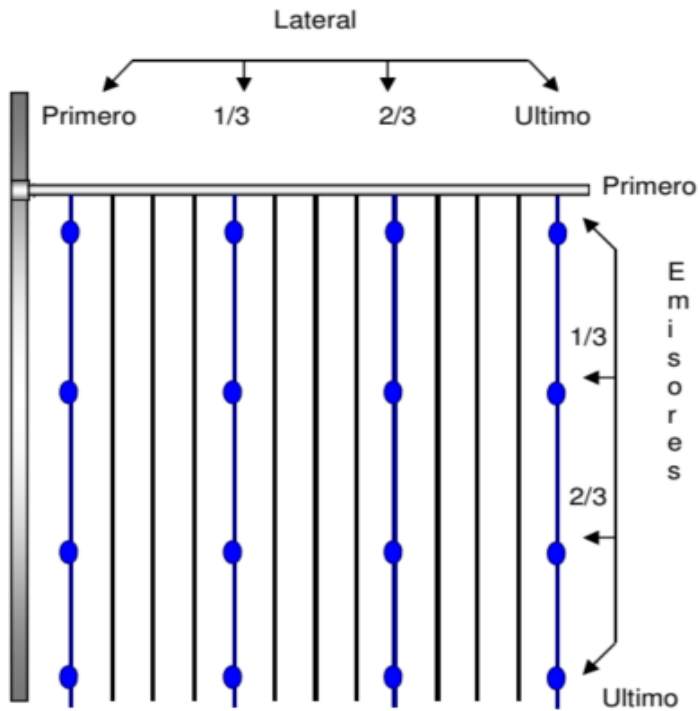


#### **c) Toma de muestras para cálculo del coeficiente de uniformidad de caudales (CUc)**

En este caso, se seleccionó un número determinado de emisores distribuidos uniformemente dentro de la subunidad de riego representativa del conjunto de la instalación. En general, se consideró la selección de 16 emisores para calcular este coeficiente de uniformidad. Para ello, se eligieron los laterales más cercano y más lejano de la toma de la tubería terciaria y los dos intermedios. En cada lateral se seleccionaron cuatro emisores siguiendo el mismo criterio, es decir, el más cercano y el más lejano de la toma del lateral y los dos intermedios. Este procedimiento se ilustra en la Figura 26; asimismo, en la Figura 27 se evidencian las parcelas en estudio y los emisores seleccionados en los cuales se realizaron las mediciones correspondientes.

**Figura 26**

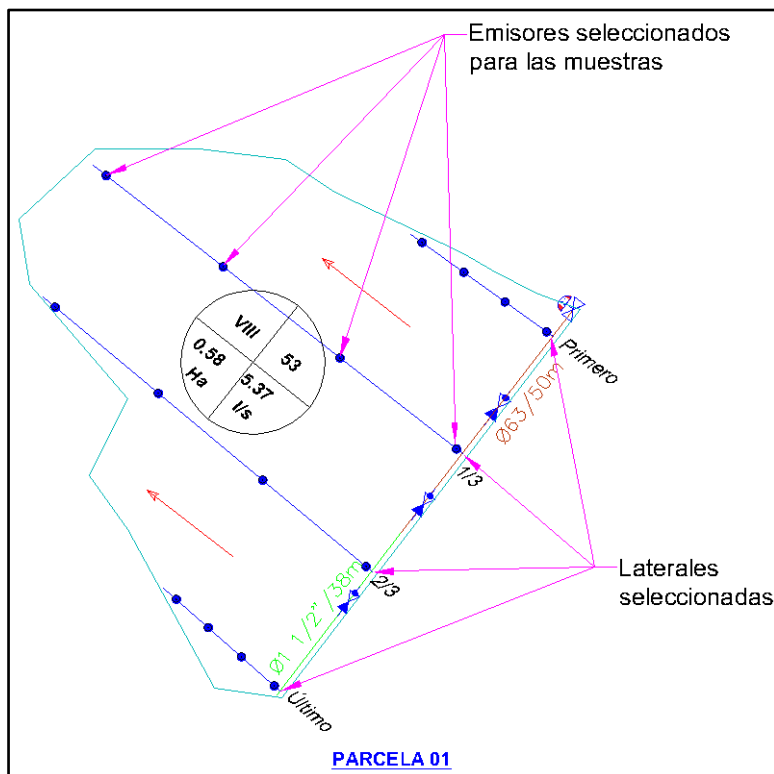
*Laterales y emisores se seleccionan para evaluar la subunidad de riego localizado*

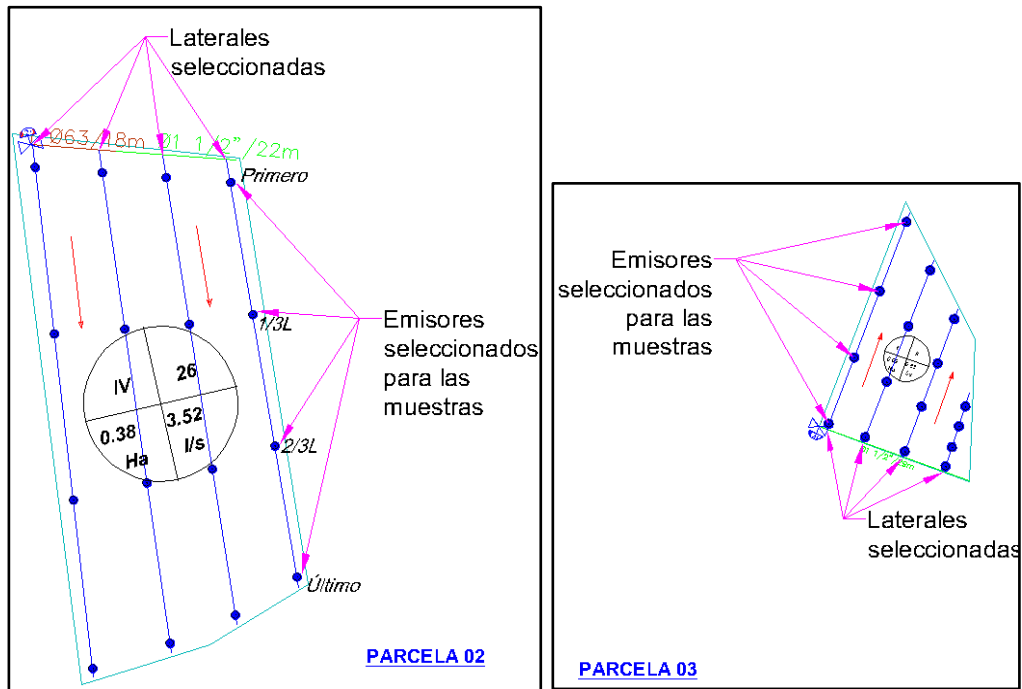


Nota: (Mendoza, 2013) pág. 86

**Figura 27**

*Parcelas a estudio y los emisores seleccionados para obtención de muestras*





Mediante el uso de una probeta o vaso graduado se midió el volumen de agua suministrado por los emisores previamente seleccionados durante un tiempo determinado, el cual fu igual para todos los emisores evaluados. De manera general, el tiempo de medición en el presente estudio, al tratarse de goteros autocompensantes, la medición se realizó durante un tiempo de un minuto, tal como se muestra en la Figura 28. A partir de los volúmenes medidos, se evaluó el coeficiente de uniformidad de caudales.

**Figura 28**

*Medida del caudal que suministran los emisores de riego localizado.*



Los datos obtenidos en campo se mostraron en la **Tabla 7**, para calcular en coeficiente de uniformidad de caudales.

**Tabla 7**

*Formato para de llenado de datos obtenidos en campo, para elaborar CUC*

<b>Posición de la lateral</b>	<b>Primer emisor (L/h)</b>	<b>Emisor 1/3 (L/h)</b>	<b>Emisor 2/3 (L/h)</b>	<b>Último emisor (L/h)</b>
<b>Primer lateral</b>	.....	.....	.....	.....
<b>Lateral 1/3</b>	.....	.....	.....	.....
<b>Lateral 2/3</b>	.....	.....	.....	.....
<b>Último lateral</b>	.....	.....	.....	.....

**d) Toma de muestras para cálculo del coeficiente de uniformidad de presiones (CUp)**

El coeficiente de uniformidad debido a presiones se calculó igual que el de caudales, es decir, se ha seleccionado un número determinado de emisores representativos de la subunidad de riego elegida, normalmente 16. Como en el caso anterior, se midió la presión en cada uno de los emisores autocompensantes, tomándose registros únicamente en los laterales correspondientes a los emisores más cercanos, intermedios y más alejados de la toma, con la ayuda de un manómetro, tal como se muestra en la Figura 26. Las presiones obtenidas se presentan de acuerdo con el procedimiento ilustrado en la Figura 29. Con los datos registrados fueron organizados y representados en la tabla 8 para su análisis.

**Tabla 8**

*Formato para de llenado de datos obtenidos en campo, para elaborar CUp*

<b>Posición de la lateral</b>	<b>Primer emisor (bar)</b>	<b>Emisor 1/3 (bar)</b>	<b>Emisor 2/3 (bar)</b>	<b>Último emisor (bar)</b>
<b>Primer lateral</b>	.....	.....	.....	.....
<b>Lateral 1/3</b>	.....	.....	.....	.....
<b>Lateral 2/3</b>	.....	.....	.....	.....
<b>Último lateral</b>	.....	.....	.....	.....

## **Figura 29**

*Medida de la presión del agua (utilizando un manómetro) en un tubo de inserción de un gotero.*



### **2.4.3. Fase de análisis en gabinete**

Se subdivide en:

#### **a) Procesamiento de nubes de puntos del levantamiento topográfico**

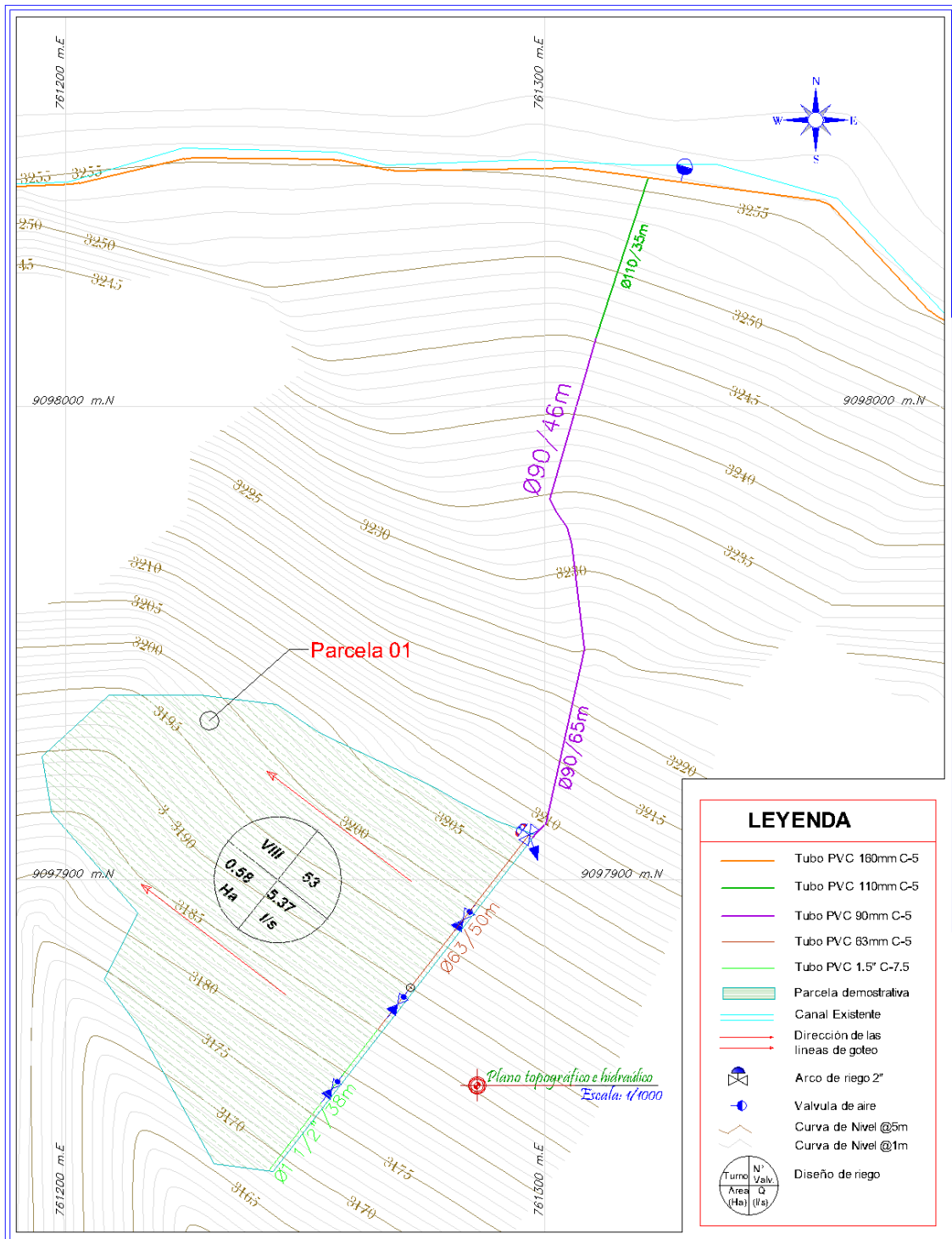
En esta etapa, el flujo de trabajo empleado para el procesamiento de nubes de puntos en el software Civil 3D y la obtención de curvas de nivel consistió en la importación de los datos, verificando previamente la correcta asignación de sus coordenadas. Posteriormente, los puntos fueron depurados y organizados, eliminando aquellos que presentaron errores o inconsistencias. A partir de la nube de puntos validada, se generó una superficie TIN, la cual sirvió como base para la elaboración de las curvas de nivel con los intervalos definidos. Finalmente, las curvas de nivel fueron refinadas según los requerimientos del estudio y se preparó la presentación final del plano.

Asimismo, el procesamiento de la nube de puntos en Civil 3D permitió obtener una representación digital detallada del terreno, a partir de la cual se identificaron dos aspectos fundamentales: la morfología natural del área de estudio, representada mediante las curvas de nivel, y la disposición espacial de las parcelas de interés. Esta visualización tridimensional facilitó una mejor comprensión de la topografía real del lugar, tal como se muestra en las Figuras 30, 31 y 32, contribuyendo a una adecuada toma de decisiones en

el desarrollo del proyecto. Las elevaciones y depresiones del terreno quedaron claramente definidas, mientras que la ubicación precisa de las parcelas permitió contextualizar el área de trabajo dentro del entorno natural existente.

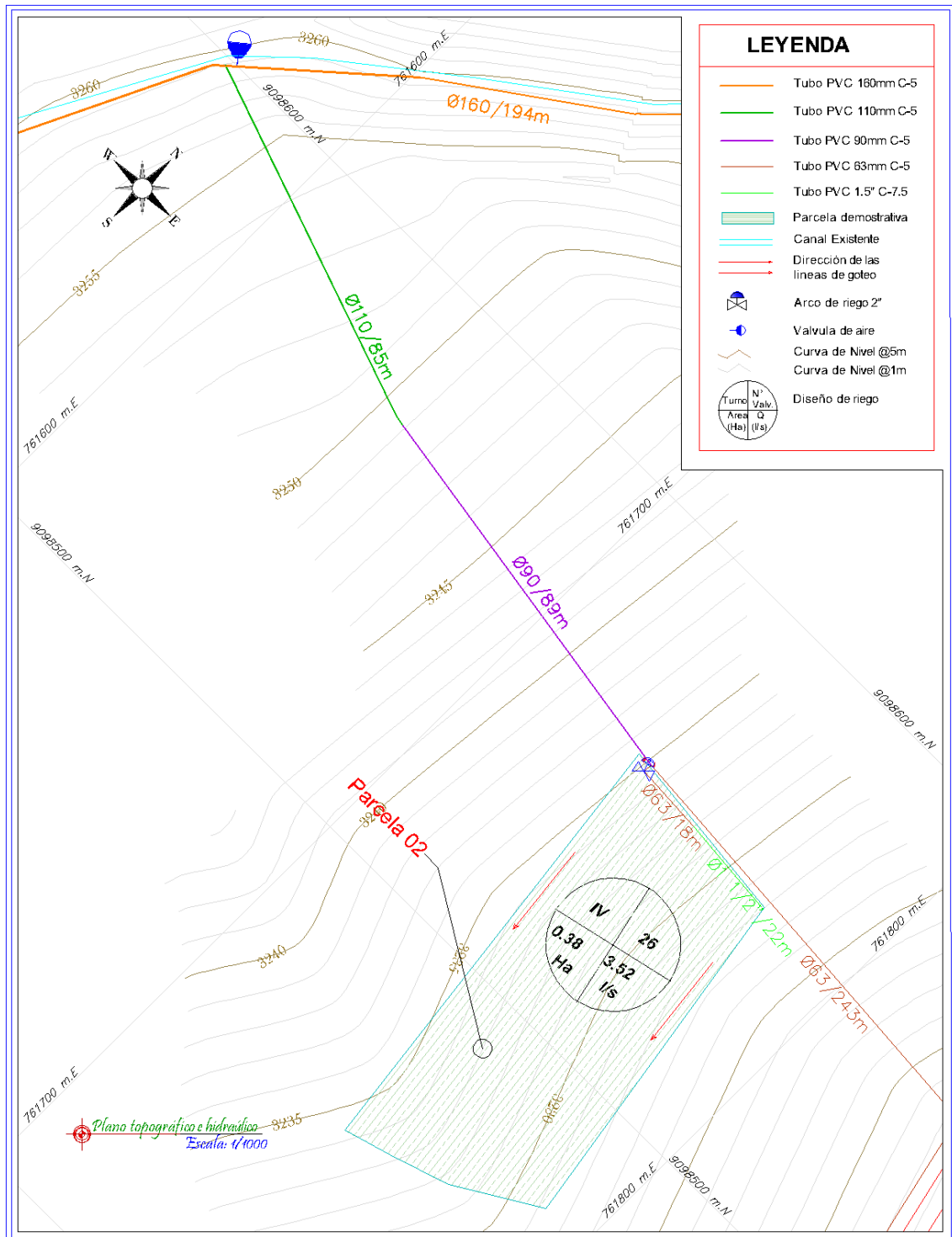
**Figura 30**

*Plano detallado con curvas de nivel y la disposición de la parcela 01 de estudio*



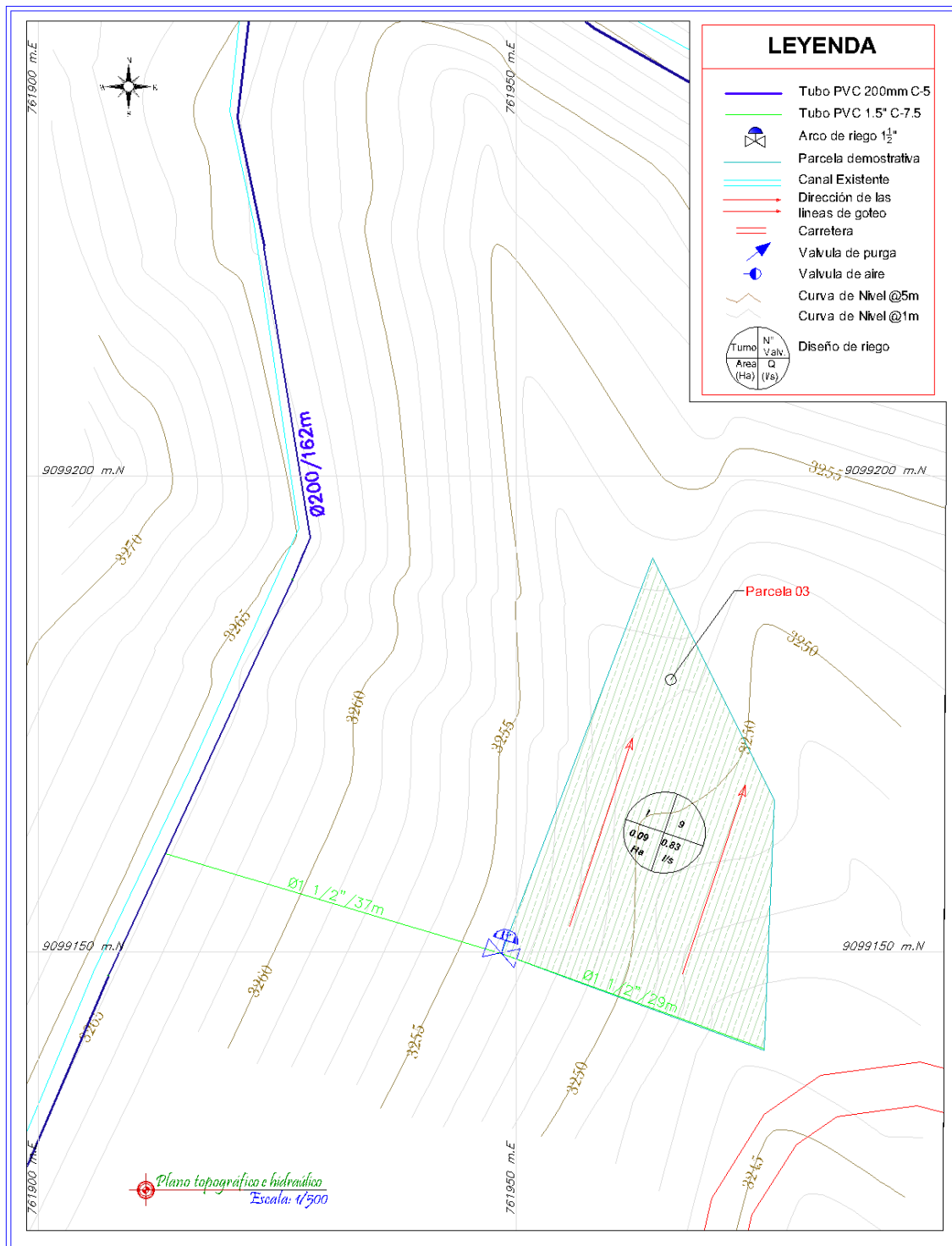
**Figura 31**

*Plano detallado con curvas de nivel y la disposición de la parcela 02 de estudio*



**Figura 32**

*Plano detallado con curvas de nivel y la disposición de la parcela 03 de estudio*



**b) Evaluación del coeficiente de uniformidad de caudales**

Luego de obtener los datos en campo, se evaluó el coeficiente de uniformidad de caudales siguiendo el procedimiento que se describe a continuación:

- **Primero:** se calcula la media de los caudales de los emisores que representan la cuarta parte de más bajo caudal (q25%). (Por ejemplo, en caso de seleccionar 16 emisores se calcula la media de los 4 de menor caudal).
- **Segundo:** se calcula la media de los caudales medidos en todos los emisores,  $q_m$ .
- **Tercero:** una vez que se conoce la media de los caudales de los emisores que representan la cuarta parte de más bajo caudal y la media de todos los caudales medidos (q25% y  $q_m$ ) se calcula el coeficiente de uniformidad mediante la ecuación 1.

### c) Evaluación del coeficiente de uniformidad de presiones

A partir de los datos recopilados en campo, se evaluó el coeficiente de uniformidad de caudales mediante el siguiente procedimiento:

- **Primero:** se calcula la media de las presiones medidas en los emisores que representan la 1/4 parte de más baja presión, p25%.
- **Segundo:** se calcula la media de las presiones medidas en todos los emisores ( $P_m$ ).
- **Tercero:** una vez que se conoce la media de las presiones de los emisores que representan la cuarta parte de más baja presión y la media de todas las presiones medidas (p25% y  $p_m$ ) se calcula el coeficiente de uniformidad debido a presiones mediante la ecuación 2.

## 2.5. Análisis estadístico

El análisis estadístico de los datos hidráulicos se desarrolló mediante el empleo de estadísticas descriptivas, tales como la media, la desviación estándar y el coeficiente de variación, las cuales permitieron evaluar la variabilidad y el comportamiento del caudal aplicado en el sistema de riego. Asimismo, se aplicaron estadísticas inferenciales con el fin de comparar el desempeño hidráulico de las tres parcelas evaluadas, utilizando el análisis de varianza (ANOVA). Cuando el ANOVA evidenció diferencias estadísticamente significativas, se realizaron pruebas post hoc, como la prueba de Tukey, para identificar las parcelas con diferencias en el caudal aplicado. Adicionalmente, se estimó el intervalo de confianza al 95 % para la media del caudal, definido como el rango dentro del cual se encuentra, con una probabilidad del 95 %, el valor real de la media poblacional del sistema de riego.

$$IC = \left( \bar{X} - t_{\alpha/2} * \frac{S}{\sqrt{n}}, \bar{X} + t_{\alpha/2} * \frac{S}{\sqrt{n}} \right) \dots\dots\dots(7)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (q_i - \bar{q})^2}{n}} \dots\dots\dots(8)$$

**Donde:**

$\bar{X}$ : es la media de la muestra

$t_{\alpha/2}$ : es el valor de la distribución t de Student de n-1 grados de libertad con una probabilidad de  $\alpha/2$ .

S: es la desviación típica de la muestra.

n: es el tamaño de la muestra

q: caudal del emisor

$\bar{q}$ : Caudal medio

## CAPÍTULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Del análisis del coeficiente de uniformidad de caudales (CUc)

En esta sección se presentan los resultados obtenidos de la evaluación de tres parcelas demostrativas con riego por goteo, cultivadas con arveja y papa. Las parcelas, ubicadas en la zona de estudio, permitieron una mejor comprensión de la topografía del terreno. Las variaciones en la elevación y las depresiones del terreno fueron claramente definidas mediante un estudio topográfico, cuyos datos fueron procesados con el software Civil 3D. Este análisis fue fundamental para evaluar uniformidad en la distribución del agua. Las superficies de las parcelas evaluadas fueron las siguientes, ver tabla 9.

**Tabla 9**

*Características de las subunidades a estudiar*

<b>Parcela (Subunidad)</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Pendiente (%)</b>	<b>Cultivo</b>	<b>Etapas de desarrollo de la planta</b>
01	0.58	60.81	Arveja	Floración
02	0.38	14.24	Arveja	Germinación
03	0.09	24.69	Papa	Vegetativo

##### 3.1.1. Parcela demostrativa 01 (pendiente 60.81%)

A partir de las mediciones realizadas en campo sobre los caudales de descarga, se ha calculado el Coeficiente de Uniformidad de Caudales (CUc) para el sistema de riego por goteo que utiliza cinta de la marca NETAFIM con tecnología autocompensada. A Partir de estos cálculos se obtiene resultados siguientes.

## Recopilación 01:

**Tabla 10**

*Datos aforados de caudales obtenidos en campo de la parcela 01*

<b>Posición de la lateral</b>	<b>Primer emisor L/h</b>	<b>Emisor 1/3 L/h</b>	<b>Emisor 2/3 L/h</b>	<b>Último emisor L/h</b>
<b>Primer lateral</b>	1.02	0.98	0.91	0.96
<b>Lateral 1/3</b>	0.96	0.90	0.99	1.02
<b>Lateral 2/3</b>	1.07	0.96	0.99	1.00
<b>Último lateral</b>	1.08	1.05	0.95	0.93

El coeficiente de uniformidad de caudales (CUC) se obtuvo utilizando la ecuación 01.

$$CUC = \frac{q_{25\%}}{\bar{q}} * 100$$

$$CUC = \frac{0.99}{0.92} * 100$$

$$CUC = 93.60\%$$

El resultado obtenido viene hacer 93.60% lo cual indica según la tabla 2, (Merriam & Keller, 1978) el funcionamiento es excelente.

El coeficiente de variación de la estadística descriptiva se observa el resultado de la ecuación 5.

$$CV = \left( \frac{S}{\bar{X}} \right)$$

$$CV = \left( \frac{0.0516}{0.9846} \right)$$

$$CV = 0.05$$

Este resultado nos muestra un valor bajo indica una menor dispersión de los caudales y, por lo tanto, una mejor uniformidad en la distribución del agua a través de los emisores. Resultando según la tabla 4, excelente.

## Recopilación 02:

**Tabla 11**

*Datos de caudales obtenidos en campo de la recopilación 02.*

<b>Posición de la lateral</b>	<b>Primer emisor L/h</b>	<b>Emisor 1/3 L/h</b>	<b>Emisor 2/3 L/h</b>	<b>Último emisor L/h</b>
<b>Primer lateral</b>	1.03	0.98	0.90	0.9
<b>Lateral 1/3</b>	0.99	0.96	0.96	1.01
<b>Lateral 2/3</b>	1.03	0.98	1.08	1.02
<b>Último lateral</b>	1.09	1.08	0.96	0.96

El coeficiente de uniformidad de caudales (CUC) se obtuvo utilizando la ecuación 01.

$$CUC = \frac{q_{25\%}}{\bar{q}} * 100$$

$$CUC = \frac{0.93}{1.00} * 100$$

$$CUC = 93.41\%$$

El resultado obtenido viene hacer 93.41% lo cual indica según la tabla 2, (Merriam & Keller, 1978) el funcionamiento es excelente.

El coeficiente de variación de la estadística descriptiva se observa el resultado de la ecuación 5.

$$CV = \left( \frac{S}{\bar{X}} \right)$$

$$CV = \left( \frac{0.0516}{0.9846} \right)$$

$$CV = 0.05$$

Este resultado nos muestra un valor bajo indica una menor dispersión de los caudales y, por lo tanto, una mejor uniformidad en la distribución del agua a través de los emisores. Resultando según la tabla 4, excelente.

### Recopilación 03:

**Tabla 12**

*Datos de caudales obtenidos en campo de la recopilación 03*

Posición de la lateral	Primer emisor L/h	Emisor 1/3 L/h	Emisor 2/3 L/h	Último emisor L/h
Primer lateral	1.04	1.01	0.92	0.98
Lateral 1/3	1.00	0.91	1.00	1.03
Lateral 2/3	1.07	0.98	1.02	0.97
Último lateral	1.05	1.02	0.96	0.94

El coeficiente de uniformidad de caudales (CUC) se obtuvo utilizando la ecuación 01.

$$CUC = \frac{q_{25\%}}{\bar{q}} * 100$$

$$CUC = \frac{0.93}{0.99} * 100$$

$$CUC = 93.84\%$$

El resultado obtenido viene hacer 93.84% lo cual indica según la tabla 2, (Merriam & Keller, 1978) el funcionamiento es excelente.

El coeficiente de variación de la estadística descriptiva se observa el resultado de la ecuación 5.

$$CV = \left( \frac{S}{\bar{X}} \right)$$

$$CV = \left( \frac{0.0516}{0.9846} \right)$$

$$CV = 0.05$$

Este resultado nos muestra un valor bajo indica una menor dispersión de los caudales y, por lo tanto, una mejor uniformidad en la distribución del agua a través de los emisores. Resultando según la tabla 4, excelente.

**Tabla 13***Resumen de los cálculos de la parcela demostrativa 01*

<b>Recopilación</b>	<b>Pendiente (%)</b>	<b>Cuc</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Descarga del emisor</b>
01	60.81	93.60 %	Excelente	0.99 L/h
02	60.81	93.41 %	Excelente	1.00 L/h
03	60.81	93.84 %	Excelente	0.99 L/h
<b>Promedio</b>		<b>93.61 %</b>		0.99/h

**3.1.2. Parcela demostrativa 02 (pendiente 14.24%)**

De la tabla 14, 15 y 16, se muestran las descargas de caudales de los emisores, con estas muestras tomadas en campo se determinó el Coeficiente de Uniformidad de Caudales (CUC) de la cinta de riego marca NETAFIM autocompensado.

**Recopilación 01:****Tabla 14***Datos de caudales obtenidos en campo de la recopilación 01*

<b>Posición de la lateral</b>	<b>Primer emisor L/h</b>	<b>Emisor 1/3 L/h</b>	<b>Emisor 2/3 L/h</b>	<b>Último emisor L/h</b>
<b>Primer lateral</b>	0.99	0.93	1.04	1.03
<b>Lateral 1/3</b>	1.05	0.99	1.03	0.98
<b>Lateral 2/3</b>	1.08	1.02	1.08	0.96
<b>Último lateral</b>	1.03	1.09	1.05	1.11

El coeficiente de uniformidad de caudales (CUC) se obtuvo utilizando la ecuación 1.

$$CUC = \frac{q_{25\%}}{\bar{q}} * 100$$

$$CUC = \frac{0.97}{1.03} * 100$$

$$CUC = 93.80\%$$

El Coeficiente de Uniformidad (CUC) de 93.95% indica una excelente distribución de caudal, superando ampliamente el estándar mínimo del 90%. lo cual indica según la tabla 2, (Merriam y Keller, 1978).

El coeficiente de variación de la estadística descriptiva se observa el resultado de la ecuación 5.

$$CV = \left( \frac{S}{\bar{X}} \right)$$

$$CV = \left( \frac{0.0516}{1.03} \right)$$

$$CV = 0.05$$

Este resultado nos muestra un valor bajo indica una menor dispersión de los caudales y, por lo tanto, una mejor uniformidad en la distribución del agua a través de los emisores. Resultando según la tabla 4 excelente.

### Recopilación 02:

**Tabla 15**

*Datos de caudales obtenidos en campo de la recopilación 02*

Posición de la lateral	Primer emisor L/h	Emisor 1/3 L/h	Emisor 2/3 L/h	Último emisor L/h
Primer lateral	1.03	0.96	1.05	0.99
Lateral 1/3	1.06	0.96	1.08	1.02
Lateral 2/3	1.07	1.03	1.11	1.01
Último lateral	1.05	1.08	1.09	1.05

El coeficiente de uniformidad de caudales (CUc) se obtuvo utilizando la ecuación 1.

$$CUc = \frac{q_{25\%}}{\bar{q}} * 100$$

$$CUc = \frac{0.98}{1.04} * 100$$

$$CUc = 94.23\%$$

El Coeficiente de Uniformidad (CUc) de 93.95% indica una excelente distribución de caudal, superando ampliamente el estándar mínimo del 90%. lo cual indica según la tabla 2, (Merrian y Keller, 1978).

El coeficiente de variación de la estadística descriptiva se observa el resultado de la ecuación 5.

$$CV = \left( \frac{S}{\bar{X}} \right)$$

$$CV = \left( \frac{0.0516}{1.03} \right)$$

$$CV = 0.05$$

Este resultado nos muestra un valor bajo indica una menor dispersión de los caudales y, por lo tanto, una mejor uniformidad en la distribución del agua a través de los emisores. Resultando según la tabla 4 excelente.

### Recopilación 03:

**Tabla 16**

*Datos de caudales obtenidos en campo de la recopilación 03*

<b>Posición de la lateral</b>	<b>Primer emisor L/h</b>	<b>Emisor 1/3 L/h</b>	<b>Emisor 2/3 L/h</b>	<b>Último emisor L/h</b>
<b>Primer lateral</b>	1.04	1.08	1.02	1.05
<b>Lateral 1/3</b>	1.06	0.99	1.09	0.96
<b>Lateral 2/3</b>	1.07	0.98	1.04	0.98
<b>Último lateral</b>	1.01	1.07	0.98	1.08

El coeficiente de uniformidad de caudales (CUC) se obtuvo utilizando la ecuación 1.

$$CUC = \frac{q_{25\%}}{\bar{q}} * 100$$

$$CUC = \frac{0.98}{1.03} * 100$$

$$CUC = 94.55\%$$

El Coeficiente de Uniformidad (CUC) de 94.55% indica una excelente distribución de caudal, superando ampliamente el estándar mínimo del 90%. lo cual indica según la tabla 2, (Merriam y Keller, 1978).

El coeficiente de variación de la estadística descriptiva se observa el resultado de la ecuación 5.

$$CV = \left( \frac{S}{\bar{X}} \right)$$

$$CV = \left( \frac{0.0516}{1.03} \right)$$

$$CV = 0.05$$

Este resultado nos muestra un valor bajo indica una menor dispersión de los caudales y, por lo tanto, una mejor uniformidad en la distribución del agua a través de los emisores. Resultando según la tabla 4 excelente.

**Tabla 17**

*Resumen de los cálculos de la parcela demostrativa 02*

Recopilación	Pendiente (%)	CUC	Clasificación	Descarga del emisor
01	14.24	93.80 %	Excelente	1.03 L/h
02	14.24	94.23 %	Excelente	1.04 L/h
03	14.24	94.55 %	Excelente	1.03 L/h
<b>Promedio</b>		<b>94.19 %</b>		<b>1.03/h</b>

### 3.1.3. Parcela demostrativa 03 (pendiente 24.69%)

De la tabla 18 19 y 20, se muestran descargas de caudales de los emisores, con estas muestras tomadas en campo se determinó el Coeficiente de Uniformidad de Caudales (CUC) de la cinta de riego marca NETAFIM autocompesado.

#### Recopilación 01:

**Tabla 18**

*Datos de caudales obtenidos en campo de la recopilación 01*

Posición de la lateral	Primer emisor L/h	Emisor 1/3 L/h	Emisor 2/3 L/h	Último emisor L/h
<b>Primer lateral</b>	0.99	0.99	1.01	0.93
<b>Lateral 1/3</b>	1.29	1.01	1.14	0.96
<b>Lateral 2/3</b>	1.15	0.90	1.08	0.87
<b>Último lateral</b>	1.15	0.91	1.08	0.93

El coeficiente de uniformidad de caudales (CUC) se obtuvo utilizando la ecuación 01.

$$CUC = \frac{q_{25\%}}{\bar{q}} * 100$$

$$CUC = \frac{0.90}{1.02} * 100$$

$$CUC = 88.10\%$$

El resultado obtenido viene a ser 88.02% lo cual indica según la tabla 2, (Merriam y Keller, 1978) el funcionamiento es bueno.

El coeficiente de variación de la estadística descriptiva se observa el resultado de la ecuación 5.

$$CV = \left( \frac{S}{\bar{X}} \right)$$

$$CV = \left( \frac{0.1116}{1.02} \right)$$

$$CV = 0.11$$

Este resultado nos muestra un valor bajo indica una menor dispersión de los caudales y, por lo tanto, una mejor uniformidad en la distribución del agua a través de los emisores. Resultando según la tabla 4, muy bueno.

## Recopilación 02:

**Tabla 19**

*Datos de caudales obtenidos en campo de la recopilación 02*

Posición de la lateral	Primer emisor L/h	Emisor 1/3 L/h	Emisor 2/3 L/h	Último emisor L/h
<b>Primer lateral</b>	0.96	0.97	1.02	0.95
<b>Lateral 1/3</b>	1.20	1.02	1.11	0.97
<b>Lateral 2/3</b>	1.11	0.91	1.05	0.90
<b>Último lateral</b>	1.14	0.93	1.03	0.96

El coeficiente de uniformidad de caudales (CUC) se obtuvo utilizando la ecuación 01.

$$CUC = \frac{q_{25\%}}{\bar{q}} * 100$$

$$CUC = \frac{0.92}{1.01} * 100$$

$$CUC = 90.94\%$$

El resultado obtenido viene hacer 90.94% lo cual indica según la tabla 2, (Merriam y Keller, 1978) el funcionamiento es bueno.

El coeficiente de variación de la estadística descriptiva se observa el resultado de la ecuación 5.

$$CV = \left( \frac{S}{\bar{X}} \right)$$

$$CV = \left( \frac{0.1116}{1.02} \right)$$

$$CV = 0.11$$

Este resultado nos muestra un valor bajo indica una menor dispersión de los caudales y, por lo tanto, una mejor uniformidad en la distribución del agua a través de los emisores. Resultando según la tabla 4, muy bueno.

### **Recopilación 03:**

**Tabla 20**

*Datos de caudales obtenidos en campo de la recopilación 03*

<b>Posición de la lateral</b>	<b>Primer emisor L/h</b>	<b>Emisor 1/3 L/h</b>	<b>Emisor 2/3 L/h</b>	<b>Último emisor L/h</b>
<b>Primer lateral</b>	0.97	0.96	0.98	0.90
<b>Lateral 1/3</b>	1.21	0.97	1.10	0.97
<b>Lateral 2/3</b>	1.08	0.97	0.98	0.91
<b>Último lateral</b>	1.10	0.92	1.07	0.97

El coeficiente de uniformidad de caudales (CUC) se obtuvo utilizando la ecuación 01.

$$CUC = \frac{q_{25\%}}{\bar{q}} * 100$$

$$CUC = \frac{0.92}{1.00} * 100$$

$$CUC = 91.91\%$$

El resultado obtenido viene hacer 90.91% lo cual indica según la tabla 2, (Merriam y Keller, 1978) el funcionamiento es bueno.

El coeficiente de variación de la estadística descriptiva se observa el resultado de la ecuación 5.

$$CV = \left( \frac{S}{\bar{X}} \right)$$

$$CV = \left( \frac{0.1116}{1.02} \right)$$

$$CV = 0.11$$

Este resultado nos muestra un valor bajo indica una menor dispersión de los caudales y, por lo tanto, una mejor uniformidad en la distribución del agua a través de los emisores. Resultando según la tabla 4, muy bueno.

**Tabla 21**

*Resumen de los cálculos de la parcela demostrativa 03*

<b>Recopilación</b>	<b>Pendiente (%)</b>	<b>CUC</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Descarga del emisor</b>
01	24.69	88.10 %	Bueno	1.02 L/h
02	24.69	90.94 %	Excelente	1.01 L/h
03	24.69	91.91 %	Excelente	1.00 L/h
<b>Promedio</b>		<b>90.32 %</b>		1.01 L/h

### 3.1.4. Análisis estadístico

#### a. Análisis de varianza (ANOVA)

**Tabla 22**

*Datos para en varianza (ANOVA) de CUc*

Recopilación	CUc (%)		
	P1	P2	P3
01	93.60 %	93.80 %	88.10 %
02	93.41 %	94.23 %	90.94 %
03	93.84 %	94.55 %	91.91 %
<b>Suma(x<sub>i</sub>)</b>	<b>280.84</b>	<b>282.58</b>	<b>270.95</b>
<b>Media</b>	<b>93.61 %</b>	<b>94.19 %</b>	<b>90.32 %</b>

**Tabla 23**

*Análisis de varianza*

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Prom. de cuadrados	F	Probab.	Valor crítico para F
Entre grupos	26.229510	2	13.114755	9.610221	0.013465	5.143253
Dentro de los grupos	8.188004	6	1.364667			
<b>Total</b>	<b>34.41751352</b>	<b>8</b>				

En la tabla 23, se da por decisión rechazar la hipótesis nula. Existe diferencias entre los coeficientes de uniformidad de caudales entre las subunidades P1, P2 y P3, ya que la probabilidad es menor que 0.05, como F calculada (9.61) > F crítico (5.14), rechazamos la hipótesis nula. Existe diferencia significativa entre al menos dos de los grupos.

#### b. Prueba de Tukey

**Tabla 24**

*Comparaciones por pares por prueba de Tukey empleando tres parcelas demostrativas*

Diferencia poblacional	Diferencia muestral	Decisión
$\mu_{P1}$ vs $\mu_{P2}$	0.579603	No significativa
$\mu_{P1}$ vs $\mu_{P3}$	3.296673	Significativa
$\mu_{P2}$ vs $\mu_{P3}$	3.876276	Significativa

La prueba de Tukey revela que, según la tabla 24:

- No hay diferencia significativa entre P1 (93,61%) y P2 (94,19%)
- Existe una diferencia significativa entre P1 (93,61%) y P3 (90,32%)
- P3 es significativamente diferente (inferior) a P1 y P2
- Por tanto, podemos concluir que P1 y P2 forman un grupo homogéneo que difiere significativamente de P3.

Analizando la tabla 25, se observa que los sistemas evaluados presentan un coeficiente de uniformidad de caudales excelentes según los criterios de evaluación establecidos por Merriam y Keller (1978). La representación gráfica en el histograma de la figura 33, muestran las variaciones del coeficiente de uniformidad de caudales en las parcelas demostrativas 01, 02 y 03 un 93.61%, 94.19% y 90.32%, respectivamente, evidenciando la capacidad superior del sistema para mantener una distribución homogénea del agua a través del terreno, resistiendo a las variaciones que puedan producirse en la presión del sistema. Esta característica de estabilidad en el flujo resulta esencial para garantizar la eficiencia del riego y optimizar el aprovechamiento de los recursos hídricos en las condiciones variables del campo.

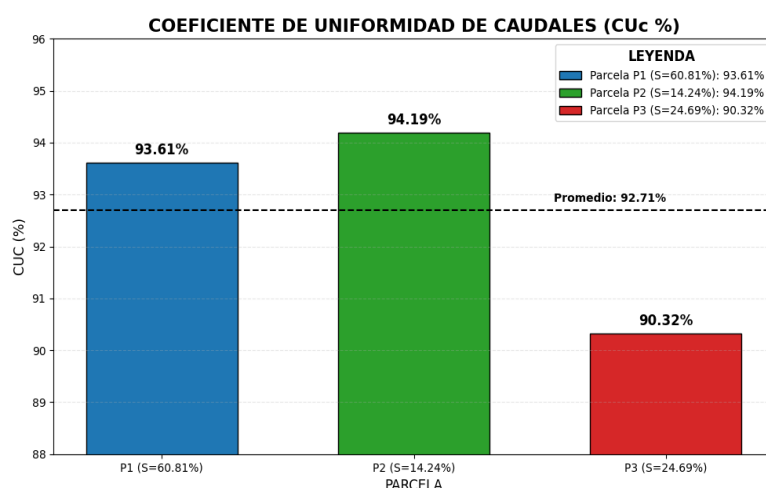
**Tabla 25**

*Resumen de los tratamientos*

Parcela (Subunidad)	Pendiente (%)	CUc (%)	Cv
P1	60.81	93.61 %	0.05
P2	14.24	94.19 %	0.03
P3	24.69	90.32 %	0.09

**Figura 33**

*Coefficiente de uniformidad de caudales (CUc) en las tres parcelas demostrativas*



### 3.2. Del coeficiente de uniformidad de presiones (CUp)

#### 3.2.1. Parcela demostrativa 01 (pendiente 60.81%)

En la tabla 26, 27 y 28, se muestran datos de presiones obtenidos en los laterales, con estas muestras tomadas en campo se determinó el Coeficiente de Uniformidad de Presiones (CUp) de la cinta de riego marca NETAFIM autocompensado.

#### Recopilación 01:

**Tabla 26**

*Datos de presiones obtenidos en campo de la recopilación 01*

Posición de la lateral	Primer emisor (bar)	Emisor 1/3 (bar)	Emisor 2/3 (bar)	Último emisor (bar)
Primer lateral	0.80	0.70	0.68	0.60
Lateral 1/3	1.50	1.51	1.48	1.40
Lateral 2/3	2.10	2.01	1.84	1.80
Último lateral	2.50	2.49	2.44	2.45

El coeficiente de uniformidad de presiones (CUp) se obtuvo utilizando la ecuación 2.

$$CUp = 100 * \left( \frac{q_{25\%}}{\bar{q}} \right)^x$$

$$CUp = 100 * \left( \frac{0.70}{1.64} \right)^{0.1}$$

$$CUp = 93.14\%$$

El resultado obtenido viene hacer 93.14% lo cual indica según la tabla 2, (Merriam y Keller, 1978) el funcionamiento es excelente. El exponente x, una variable de descarga característica del emisor según Pizarro (1996) presentado en la tabla 3, indica que el emisor es autocompensado, juega un papel crucial en este comportamiento. Este tipo de material garantiza que el caudal no sufra alteraciones, independientemente de las variaciones de presión.

## Recopilación 02:

**Tabla 27**

*Datos de presiones obtenidos en campo de la recopilación 02*

Posición de la lateral	Primer emisor (bar)	Emisor 1/3 (bar)	Emisor 2/3 (bar)	Último emisor (bar)
Primer lateral	0.80	0.79	0.70	0.65
Lateral 1/3	1.45	1.20	1.50	1.45
Lateral 2/3	2.05	2.00	2.00	1.80
Último lateral	2.50	2.46	2.42	2.40

El coeficiente de uniformidad de presiones (CUp) se obtuvo utilizando la ecuación 2.

$$CUp = 100 * \left( \frac{q_{25\%}}{\bar{q}} \right)^x$$

$$CUp = 100 * \left( \frac{0.74}{1.64} \right)^{0.14}$$

$$CUp = 89.25\%$$

Los resultados obtenidos muestran un 89.25%, lo que según la clasificación de Merriam y Keller (1978) presentada en la tabla 2, representa un funcionamiento de nivel bueno. Un factor determinante en este comportamiento es el exponente x, una variable característica de la descarga del emisor que, de acuerdo con Pizarro (1996) en la tabla 3, indica que estamos ante un emisor autocompensado. Esta característica tecnológica asegura que el flujo de agua permanece constante a pesar de las fluctuaciones en la presión.

## Recopilación 03:

**Tabla 28**

*Datos de presiones obtenidos en campo de la recopilación 03*

Posición de la lateral	Primer emisor (bar)	Emisor 1/3 (bar)	Emisor 2/3 (bar)	Último emisor (bar)
Primer lateral	0.80	0.70	0.68	0.75
Lateral 1/3	1.40	1.30	1.45	1.40
Lateral 2/3	2.10	2.05	2.02	1.70
Último lateral	2.52	2.30	2.40	2.46

El coeficiente de uniformidad de presiones (CUp) se obtuvo utilizando la ecuación 2.

$$CUp = 100 * \left( \frac{q_{25\%}}{\bar{q}} \right)^x$$

$$CUp = 100 * \left( \frac{0.73}{1.63} \right)^{0.10}$$

$$CUp = 92.26\%$$

El estudio arroja un resultado del 92.26%, que conforme a los criterios establecidos por Merriam y Keller (1978) en su tabla 2, clasifica el desempeño del sistema como excelente. Un elemento fundamental en este rendimiento es el exponente x, parámetro que caracteriza la descarga del emisor y que, según la clasificación de Pizarro (1996) presentada en la tabla 3, identifica al dispositivo como un emisor autocompensado. Esta tecnología cumple la función crítica de mantener un caudal constante, aunque se produzcan cambios en la presión del sistema.

**Tabla 29**

*Resumen parcela demostrativa 01*

Recopilación	Pendiente (%)	Cup	Clasificación	Presión de prueba
01	60.81	93.14 %	Excelente	1.64 bar
02	60.81	89.25 %	Bueno	1.64 bar
03	60.81	92.26 %	Excelente	1.63 bar
<b>Promedio</b>		<b>91.55 %</b>		<b>1.64 ar</b>

### 3.2.2. Parcela demostrativa 02 (pendiente 14,24%)

En la tabla 30, 31 y 32, se muestra datos de presiones obtenidos en los laterales, con estas muestras tomadas en campo se determinó el Coeficiente de Uniformidad de Caudales (CUp) de la cinta de riego marca NETAFIM autocompensado.

## Recopilación 01:

**Tabla 30**

*Datos de presiones obtenidos en campo de la recopilación 01*

Posición de la lateral	Primer emisor (bar)	Emisor 1/3 (bar)	Emisor 2/3 (bar)	Último emisor (bar)
Primer lateral	0.80	0.80	0.73	0.72
Lateral 1/3	1.00	0.95	0.95	0.92
Lateral 2/3	1.10	1.08	1.06	1.06
Último lateral	1.20	1.20	1.05	1.50

El coeficiente de uniformidad de presiones (CUp) se obtuvo utilizando la ecuación 2.

$$CUp = 100 * \left( \frac{q_{25\%}}{\bar{q}} \right)^x$$

$$CUp = 100 * \left( \frac{0.76}{1.01} \right)^{0.1}$$

$$CUp = 97.20\%$$

El estudio arroja un resultado del 97.20%, que conforme a los criterios establecidos por Merriam y Keller (1978) en su tabla 2, clasifica el desempeño del sistema como excelente. Un elemento fundamental en este rendimiento es el exponente x, parámetro que caracteriza la descarga del emisor y que, según la clasificación de Pizarro (1996) presentada en la tabla 3, identifica al dispositivo como un emisor autocompensado. Esta tecnología cumple la función crítica de mantener un caudal constante, aunque se produzcan cambios en la presión del sistema.

## Recopilación 02:

**Tabla 31**

*Datos de presiones obtenidos en campo de la recopilación 02*

Posición de la lateral	Primer emisor (bar)	Emisor 1/3 (bar)	Emisor 2/3 (bar)	Último emisor (bar)
Primer lateral	0.80	0.79	0.74	0.74
Lateral 1/3	1.05	0.99	0.98	0.92
Lateral 2/3	1.10	1.08	1.05	1.00
Último lateral	1.20	1.22	1.05	1.55

El coeficiente de uniformidad de presiones (CUp) se obtuvo utilizando la ecuación

2.

$$CUp = 100 * \left( \frac{q_{25\%}}{\bar{q}} \right)^x$$

$$CUp = 100 * \left( \frac{0.77}{1.02} \right)^{0.10}$$

$$CUp = 97.79\%$$

El informe concluye con un valor del 97.79%, que de acuerdo con los parámetros definidos en la tabla 2 por Merriam y Keller (1978), sitúa al funcionamiento del sistema en la categoría de excelente. Un componente decisivo para este destacado resultado es el exponente x, una variable que define el comportamiento de descarga del emisor y que, conforme a la clasificación recogida en la tabla 3 de Pizarro (1996), confirma que se trata de un emisor con capacidad de autocompensación. La principal ventaja de este avanzado diseño radica en su capacidad para proporcionar un flujo uniforme de agua, resistiendo a las variaciones que puedan producirse en la presión del sistema.

### Recopilación 03:

**Tabla 32**

*Datos de presiones obtenidos en campo de la recopilación 03*

Posición de la lateral	Primer emisor (bar)	Emisor 1/3 (bar)	Emisor 2/3 (bar)	Último emisor (bar)
Primer lateral	0.80	0.80	0.73	0.75
Lateral 1/3	1.00	0.95	0.94	0.98
Lateral 2/3	1.11	1.00	1.06	1.02
Último lateral	1.20	1.25	1.40	1.60

El coeficiente de uniformidad de presiones (CUp) se obtuvo utilizando la ecuación

2.

$$CUp = 100 * \left( \frac{q_{25\%}}{\bar{q}} \right)^x$$

$$CUp = 100 * \left( \frac{0.77}{1.04} \right)^{0.10}$$

$$CUp = 97.86\%$$

Los resultados de la evaluación muestran un 97.86%, indicador que según los estándares definidos por Merrian y Keller (1978) en su tabla 2, ubica el rendimiento del sistema excelente. Clave para este sobresaliente desempeño es el factor x, variable específica que determina las características de flujo del emisor y que, basado en los parámetros establecidos por Pizarro (1996) en la tabla 3, revela que el dispositivo pertenece a la categoría de emisores autocompensantes. Este avance tecnológico desempeña una función esencial al garantizar la estabilidad del flujo hídrico, manteniendo el caudal inalterado incluso cuando se presentan fluctuaciones en los niveles de presión del sistema.

**Tabla 33**

*Resumen parcela demostrativa 02*

<b>Recopilación</b>	<b>Pendiente (%)</b>	<b>Cup</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Presión de prueba</b>
01	14.24	97.20 %	Excelente	1.01 bar
02	14.24	97.79 %	Excelente	1.02 bar
03	14.24	97.86 %	Excelente	1.04 bar
<b>Promedio</b>		<b>97.62 %</b>		<b>1.02 ar</b>

### 3.2.3. Parcela demostrativa 03 (pendiente 24,69%)

En la tabla 34, 35 y 36, se muestran datos de presiones obtenidos en los laterales, con estas muestras tomadas en campo se determinó el Coeficiente de Uniformidad de presiones (CUP) de la cinta de riego marca NETAFIM autocompesado.

#### **Recopilación 01:**

**Tabla 34**

*Datos de presiones obtenidos en campo de la recopilación 01*

<b>Posición de la lateral</b>	<b>Primer emisor (bar)</b>	<b>Emisor 1/3 (bar)</b>	<b>Emisor 2/3 (bar)</b>	<b>Último emisor (bar)</b>
<b>Primer lateral</b>	0.80	0.78	0.80	0.80
<b>Lateral 1/3</b>	1.00	1.00	0.98	0.95
<b>Lateral 2/3</b>	1.25	1.24	1.20	1.20
<b>Último lateral</b>	1.40	1.40	1.38	1.40

El coeficiente de uniformidad de presiones (CUp) se obtuvo utilizando la ecuación

2.

$$CUp = 100 * \left( \frac{q_{25\%}}{\bar{q}} \right)^x$$

$$CUp = 100 * \left( \frac{0.80}{1.10} \right)^{0.3}$$

$$CUp = 92.05\%$$

La evaluación realizada indica un 92.05% que, según los indicadores propuestos por Merrian y Keller (1978) y recopilados en la tabla 2, posiciona el funcionamiento del sistema en la categoría superior de excelente. Un factor determinante para este notable rendimiento es el coeficiente x, indicador técnico que define el comportamiento de descarga del emisor y que, acorde a la clasificación elaborada por Pizarro (1996) y detallada en la tabla 3, confirma la naturaleza autocompensante del dispositivo. Esta innovadora característica asegura una función crucial: la estabilidad del flujo de agua, permitiendo mantener un caudal invariable a pesar de las posibles oscilaciones que pudieran producirse en la presión del sistema de irrigación.

### Recopilación 02:

**Tabla 35**

*Datos de presiones obtenidos en campo de la recopilación 02*

<b>Posición de la lateral</b>	<b>Primer emisor (bar)</b>	<b>Emisor 1/3 (bar)</b>	<b>Emisor 2/3 (bar)</b>	<b>Último emisor (bar)</b>
<b>Primer lateral</b>	0.80	0.79	0.80	0.82
<b>Lateral 1/3</b>	1.00	0.98	0.94	0.99
<b>Lateral 2/3</b>	1.30	1.27	1.20	1.25
<b>Último lateral</b>	1.42	1.38	1.40	1.42

El coeficiente de uniformidad de presiones (CUp) se obtuvo utilizando la ecuación

2.

$$CUp = 100 * \left( \frac{q_{25\%}}{\bar{q}} \right)^x$$

$$CUp = 100 * \left(\frac{0.80}{1.11}\right)^{0.3}$$

$$CUp = 91.45\%$$

La investigación evidencia un valor de 91.45%, el cual según los estándares definidos por Merrian y Keller (1978) en la tabla 2, califica el funcionamiento del sistema dentro del rango de excelente. Un componente crítico para este destacado desempeño es el exponente x, indicador técnico que caracteriza el patrón de descarga del emisor que, conforme a la clasificación establecida por Pizarro (1996) en la tabla 3, confirma que el dispositivo pertenece a la categoría de emisores autocompensantes. Esta sofisticada propiedad técnica cumple una función vital al asegurar la uniformidad del flujo, manteniendo un caudal constante independientemente de las fluctuaciones que puedan ocurrir en los niveles de presión del sistema.

### Recopilación 03:

**Tabla 36**

*Datos de presiones obtenidos en campo de la recopilación 03*

Posición de la lateral	Primer emisor (bar)	Emisor 1/3 (bar)	Emisor 2/3 (bar)	Último emisor (bar)
Primer lateral	0.80	0.80	0.78	0.79
Lateral 1/3	1.00	0.98	0.95	1.00
Lateral 2/3	1.28	1.28	1.25	1.22
Último lateral	1.41	1.40	1.39	1.40

El coeficiente de uniformidad de presiones (CUp) se obtuvo utilizando la ecuación 2.

$$CUp = 100 * \left(\frac{q_{25\%}}{\bar{q}}\right)^x$$

$$CUp = 100 * \left(\frac{0.80}{1.11}\right)^{0.2}$$

$$CUp = 93.67\%$$

La evaluación del sistema muestra un resultado del 93.67%, que de acuerdo con los parámetros establecidos por Merriam y Keller (1978) en su tabla 2, sitúa el rendimiento dentro de la categoría de excelencia. Un aspecto técnico determinante en este sobresaliente comportamiento es el exponente x, variable que define las características de descarga del emisor y que, según la clasificación desarrollada por Pizarro (1996) e incluida en la tabla 3, certifica la naturaleza autocompensante del dispositivo. Esta avanzada característica técnica resulta fundamental al proporcionar estabilidad en el sistema, asegurando que el volumen de agua distribuido permanezca constante e inalterado, aunque se registren variaciones en los niveles de presión.

**Tabla 37**

*Resumen parcela demostrativa 03*

<b>Recopilación</b>	<b>Pendiente (%)</b>	<b>Cup</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Presión de prueba</b>
01	24.69	92.05 %	Excelente	1.10 bar
02	24.69	91.45 %	Excelente	1.11 bar
03	24.69	93.67 %	Excelente	1.11 bar
<b>Promedio</b>		<b>92.39 %</b>		<b>1.11 bar</b>

#### 3.2.4. Análisis estadístico

##### a. Análisis de varianza (ANOVA)

Se determinó la existencia de diferencias significativas entre las medias de los grupos independientes.

**Tabla 38**

*Datos para en varianza (ANOVA) de CUP*

<b>N°</b>	<b>Presiones (Bar)</b>		
	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>
01	93.14 %	97.20 %	92.05 %
02	89.25 %	97.79 %	91.45 %
03	92.26 %	97.86 %	93.67 %
<b>Suma(x<sub>i</sub>)</b>	<b>274.66</b>	<b>292.85</b>	<b>277.17</b>
<b>Media</b>	<b>91.55</b>	<b>97.62</b>	<b>92.39</b>

**Tabla 39***Análisis de varianza (ANOVA)*

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de cuadrados	F	Probab.	Valor crítico para F
Entre grupos	64.781527	2	32.390763	17.308794	0.003223	5.143253
Dentro de los grupos	11.228083	6	1.871347			
<b>Total</b>	<b>76.00960972</b>	<b>8</b>				

En la tabla 39, se da por decisión de debe rechazar la hipótesis nula. Existe diferencias entre los coeficientes de uniformidad de presiones entre las subunidades P1, P2 y P3. El análisis de varianza (ANOVA) muestra que existe una diferencia estadísticamente significativa entre los tres grupos ( $F = 17.3087942$ ,  $p < 0.00322334$ ), ya que el p-valor es mucho menor que 0.05.

#### b. Prueba de Tukey

**Tabla 40***Comparaciones por pares por prueba de Tukey empleando tres parcelas demostrativas*

Diferencia poblacional	Diferencia muestral	Decisión
$\mu P1$ vs $\mu P2$	6.063807	Significativa
$\mu P1$ vs $\mu P3$	0.837946	No significativa
$\mu P2$ vs $\mu P3$	5.225861	Significativa

La prueba de Tukey revela que, según la tabla 40:

- Existe diferencia significativa entre P1 (91.55%) y P2 (97.62%)
- No hay diferencia significativa entre P1 (91.55%) y P3 (92.39%)
- P1 y P3 no presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí (pertenecen al mismo grupo homogéneo)

Analizando la tabla 41, se observa que los sistemas evaluados presentan un coeficiente de uniformidad excelente según los criterios de evaluación establecidos por Merrian y Keller (1978). La representación gráfica en el histograma de la figura 34 revela una uniformidad particularmente más destacada en la parcela 02 en un 97.62% y la parcela demostrativa 01 y 03 un 91.55% y 92.39 respectivamente, evidenciando la capacidad superior del sistema para mantener una distribución homogénea del agua a través del terreno, resistiendo a las variaciones que puedan producirse en la presión del

sistema. Esta característica de estabilidad en el flujo resulta esencial para garantizar la eficiencia del riego y optimizar el aprovechamiento de los recursos hídricos en las condiciones variables del campo.

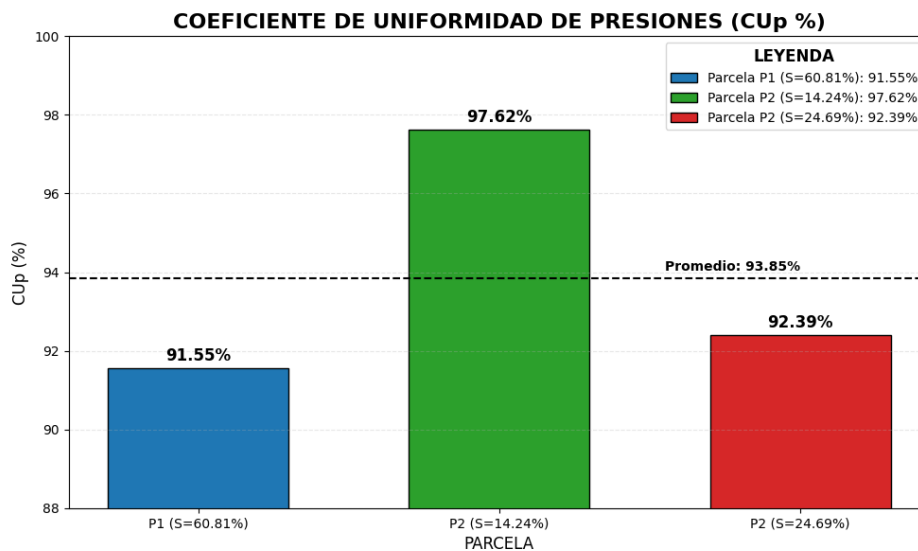
**Tabla 41**

*Resumen de los tratamientos*

Parcela (Subunidad)	Pendiente (%)	CUp(%)
P1	60.81	91.55
P2	14.24	97.62
P3	24.69	92.39

**Figura 34**

*Coefficiente de uniformidad de presiones (CUp) en las tres parcelas demostrativas*

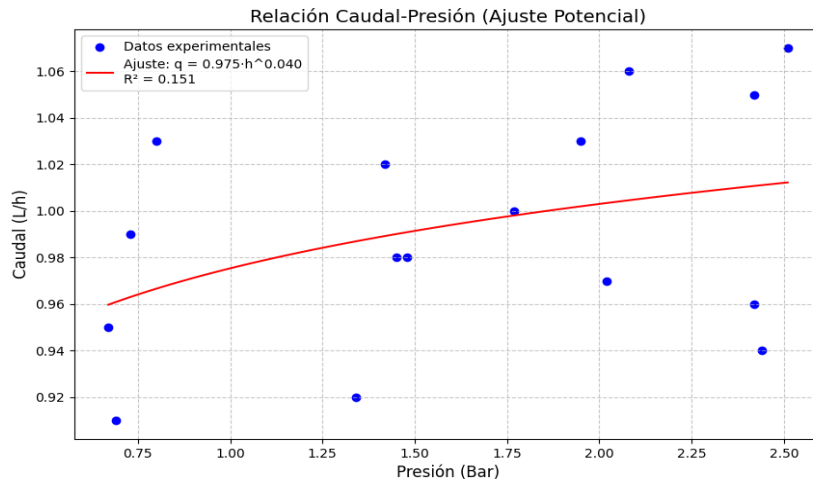


### 3.3. Análisis de la ecuación y curva característica de los emisores

La figura 20, 21 y 22, muestra la relación caudal presión y el ajuste potencial de la curva característica de los emisores, nos muestra como varia el caudal en función de la presión, equivalente a decir que el caudal es independiente de la presión en el rango analizado; es decir el caudal se mantiene casi constante ante el aumento de la presión. Aquello se verifica por exponente de descarga (x), tiende de llegar a 0, lo que implica que los goteros son autocompensantes, ver la tabla 03. Y la implementación de la tubería autocompensante en este proyecto, el estudio experimental nos da el resultado que es apto para terrenos con pendiente o ladera de modo que el caudal tiene una excelente uniformidad.

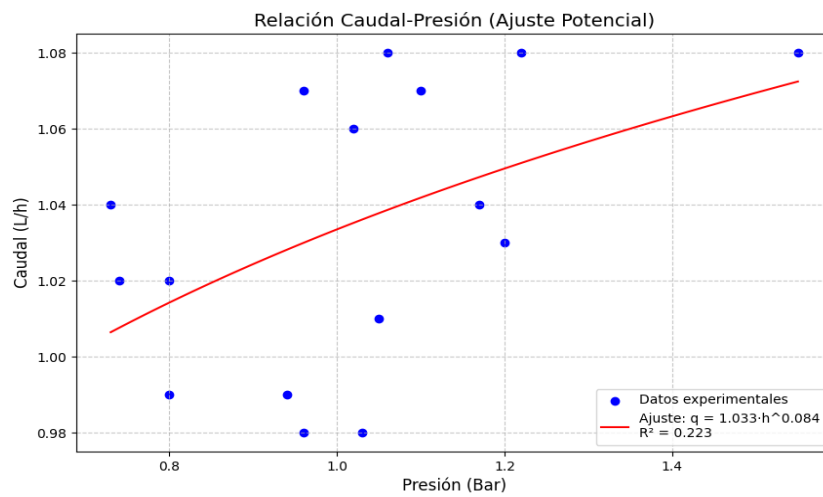
**Figura 35**

*Relación Presión- Caudal de la subunidad 01*



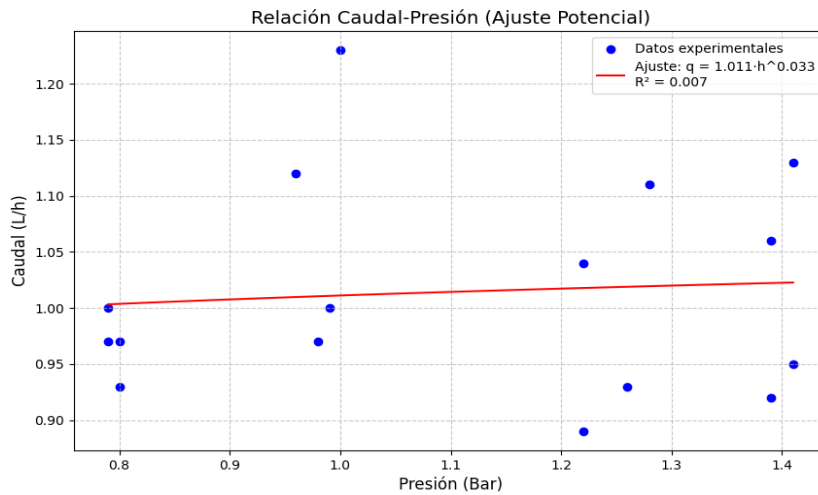
**Figura 36**

*Relación Presión- Caudal de la subunidad 02*



**Figura 37**

*Relación Presión- Caudal de la subunidad 03*



### **3.4. Análisis comparativo entre los caudales obtenida en campo y la especificada en el diseño por el fabricante en las parcelas demostrativas**

La evaluación del rendimiento real de los emisores instalados en las parcelas demostrativas se realizó mediante la comparación estadística entre los caudales medidos en campo y el valor nominal especificado por el fabricante.

#### **3.4.1. Análisis estadístico de la parcela demostrativa 01**

A continuación, se presentan las mediciones caudales medias realizadas en la recopilación de la parcela demostrativa 01, ver Tabla 41:

**Tabla 42**

*Resumen de los tratamientos*

<b>N° de mestras</b>	<b>Q(L/h)</b>
1	1.03
2	0.99
3	0.91
4	0.95
5	0.98
6	0.92
7	0.98
8	1.02
9	1.06
10	0.97
11	1.03
12	1.00
13	1.07
14	1.05
15	0.96
16	0.94

#### **3.4.2. Intervalo de confianza para la media (95%)**

El intervalo de confianza nos proporciona una estimación de la media de caudales de los emisores en su conjunto lo cual se realizó en la ecuación 7.

$$IC = (\bar{X} - t_{\alpha/2} * \frac{S}{\sqrt{n}}, \bar{X} + t_{\alpha/2} * \frac{S}{\sqrt{n}})$$

$$IC = (0.99 - 2.131 * \frac{0.0474}{\sqrt{16}}, 0.99 + 2.131 * \frac{0.0474}{\sqrt{16}})$$

$$IC = (0.97, 1.02)$$

**Tabla 43**

*Análisis estadísticos principales de la parcela 01*

<b>Análisis estadístico descriptivo</b>	
<b>Parámetro estadístico</b>	<b>Valor obtenido</b>
Numero de mediciones	16
Media aritmética	0.99 L/h
Desviación estándar	0.05 L/h
Coefficiente de variación	0.05 L/h
<b>Análisis estadístico inferencial</b>	
<b>Parámetro estadístico</b>	<b>Valor obtenido</b>
Error estándar de la media	0.0119 L/h
Intervalo de confianza al (95%)	0.97 - 1.02 L/h

**Tabla 44**

*Comparación con las especificaciones del fabricante*

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
Caudal nominal según fabricante	1.00 L/h
Caudal medio obtenido en campo	0.99 L/h
Diferencia absoluta	0.01 L/h
Diferencia relativa	0.87 %
¿Valor nominal dentro del IC 95%?	Sí

En la tabla 43 y 44, se deduce que, con un nivel de confianza del 95%, podemos afirmar que la media verdadera del caudal se encuentra dentro del intervalo (0.97, 1.02). Esto significa que hay una probabilidad del 95% de que la media verdadera esté dentro de este rango. El intervalo de confianza permitió determinar, con una base estadística sólida, si los emisores están funcionando de acuerdo con las especificaciones del

fabricante en las condiciones reales de campo. En este caso, los emisores están funcionando correctamente, muy cercanos al caudal nominal especificado. Y el caudal medio obtenido en las mediciones de campo (0.99 L/h) presenta una mínima diferencia de 0.87% respecto al valor nominal especificado por el fabricante (1.00 L/h).

### 3.4.3. *Análisis estadístico de la parcela demostrativa 02*

A continuación, se presentan las mediciones caudales medias realizadas en la recopilación de la parcela demostrativa 01, ver Tabla 45:

**Tabla 45**

*Muestras medias de la parcela 02*

<b>N° de muestras</b>	<b>Q(L/h)</b>
1	1.02
2	0.99
3	1.04
4	1.02
5	1.06
6	0.98
7	1.07
8	0.99
9	1.07
10	1.01
11	1.08
12	0.98
13	1.03
14	1.08
15	1.04
16	1.08

### 3.4.4. *Intervalo de confianza para la media (95%)*

El intervalo de confianza nos proporciona una estimación de la media de caudales de los emisores en su conjunto lo cual se realizó en la ecuación 7.

$$IC = \left( \bar{X} - t_{\alpha/2} * \frac{S}{\sqrt{n}}, \bar{X} + t_{\alpha/2} * \frac{S}{\sqrt{n}} \right)$$

$$IC = \left(1.03 - 2.131 * \frac{0.0357}{\sqrt{16}}, 1.03 + 2.131 * \frac{0.0357}{\sqrt{16}}\right)$$

$$IC = (1.0, 1.1)$$

**Tabla 46**

*Análisis estadísticos principales de la parcela 02*

<b>Análisis estadístico descriptivo</b>	
<b>Parámetro estadístico</b>	<b>Valor obtenido</b>
Numero de mediciones	16
Media aritmética	1.03 L/h
Desviación estándar	0.04 L/h
Coefficiente de variación	0.03 L/h
<b>Análisis estadístico inferencial</b>	
<b>Parámetro estadístico</b>	<b>Valor obtenido</b>
Error estándar de la media	0.0089 L/h
Intervalo de confianza al (95%)	1.0 - 1.1 L/h

**Tabla 47**

*Comparación con las especificaciones del fabricante*

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
Caudal nominal según fabricante	1.00 L/h
Caudal medio obtenido en campo	1.03 L/h
Diferencia absoluta	0.03 L/h
Diferencia relativa	3.37 %
¿Valor nominal dentro del IC 95%?	Sí

En la tabla 46 y 47 se afirma que, con un nivel de confianza del 95%, podemos afirmar que la media verdadera del caudal se encuentra dentro del intervalo (1.0, 1.1). Esto significa que hay una probabilidad del 95% de que la media verdadera esté dentro de este rango. El intervalo de confianza permitió determinar, con una base estadística sólida, si los emisores están funcionando de acuerdo con las especificaciones del fabricante en las condiciones reales de campo. En este caso, los emisores están funcionando correctamente, muy cercanos al caudal nominal especificado. Y el intervalo de confianza del 95% (1.0 - 1.1 L/h) incluye el valor nominal de 1 L/h, lo que indica que

no existe evidencia estadística significativa para afirmar que el caudal real difiere del especificado por el fabricante.

### 3.4.5. *Análisis estadístico de la parcela demostrativa 03*

A continuación, se presentan las mediciones caudales medias realizadas en la recopilación de la parcela demostrativa 01, ver tabla 48:

**Tabla 48**

*Muestras medias de la parcela 03*

<b>N° de muestras</b>	<b>Q(L/h)</b>
1	0.97
2	0.97
3	1.00
4	0.93
5	1.23
6	1.00
7	1.12
8	0.97
9	1.11
10	0.93
11	1.04
12	0.89
13	1.13
14	0.92
15	1.06
16	0.95

### 3.4.6. *Intervalo de confianza para la media (95%)*

El intervalo de confianza nos proporciona una estimación de la media de caudales de los emisores en su conjunto lo cual se realizó en la ecuación 7.

$$IC = \left( \bar{X} - t_{\alpha/2} * \frac{S}{\sqrt{n}}, \bar{X} + t_{\alpha/2} * \frac{S}{\sqrt{n}} \right)$$

$$IC = \left(1.01 - 2.131 * \frac{0.0908}{\sqrt{16}}, 1.01 + 2.131 * \frac{0.0908}{\sqrt{16}}\right)$$

$$IC = (0.97, 1.06)$$

**Tabla 49**

*Análisis estadísticos principales de la parcela 03*

<b>Análisis estadístico descriptivo</b>	
<b>Parámetro estadístico</b>	<b>Valor obtenido</b>
Numero de mediciones	16
Media aritmética	1.01 L/h
Desviación estándar	0.09 L/h
Coefficiente de variación	0.09 L/h
<b>Análisis estadístico inferencial</b>	
<b>Parámetro estadístico</b>	<b>Valor obtenido</b>
Error estándar de la media	0.0227 L/h
Intervalo de confianza al (95%)	0.97 - 1.06 L/h

**Tabla 50**

*Comparación con las especificaciones del fabricante*

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
Caudal nominal según fabricante	1.00 L/h
Caudal medio obtenido en campo	1.01 L/h
Diferencia absoluta	0.01 L/h
Diferencia relativa	1.37 %
¿Valor nominal dentro del IC 95%?	Sí

En la tabla 49 y 50 podemos confirmar que, estamos 95% seguros de que el verdadero caudal medio del emisor está entre 0.97 y 1.06 L/h. Y el intervalo de confianza del 95% (0.97 - 1.06 L/h) incluye el valor nominal de 1 L/h, lo que indica que no existe evidencia estadística significativa para afirmar que el caudal real difiere del especificado por el fabricante. Y Podemos afirmar que la media verdadera del caudal obtenida en campo se encuentra dentro de las características del emisor según las especificaciones técnicas del fabricante con un nivel de confianza del 95%.

Al comparar los resultados obtenidos en el campo con las especificaciones proporcionadas por el fabricante de la cinta de riego, se puede concluir que el diseño del proyecto cumple con las recomendaciones y parámetros técnicos establecidos por la fábrica. Las mediciones de caudal realizadas en los distintos puntos de riego se alinean con los valores indicados en el catálogo del fabricante, lo que sugiere que la instalación fue realizada correctamente y que el sistema está operando dentro de los márgenes previstos para asegurar una distribución eficiente del agua. Esto demuestra que el diseño del sistema de riego fue adecuado para las condiciones específicas del terreno y para las características de los emisores, lo que garantiza un rendimiento óptimo del sistema en términos de uniformidad y eficiencia del riego.

## CONCLUSIONES

1. El análisis del Coeficiente de Uniformidad de Caudales (CUc) revela una variabilidad significativa entre parcelas. Las tres parcelas demostraron una excelente uniformidad superior al 90%, según los criterios de evaluación establecidos por Merriam y Keller (1978), la parcela 01, 02 y 03 presentó un 93.61%, 94.19% y 90.32% respectivamente. Al realizar una evaluación del coeficiente de variación, se observó que en la tercera parcela existió un aumento del 0.1, lo cual mostró muy buena uniformidad, mientras que las otras dos parcelas estuvieron por debajo del 0.1, indicando una excelente uniformidad. un aumento del coeficiente de variación mostro la probabilidad de que existe problemas en el sistema de riego.
2. El análisis demostró que la cinta de riego autocompensada presenta un comportamiento hidrodinámico óptimo, con una buena estabilidad en el caudal, independientemente de las variaciones de presión. Coeficiente de Uniformidad de presiones (CUp) en las tres parcelas demostrativas mostró una excelente una uniformidad, según la clasificación de Merriam y Keller (1978) presentada en la tabla 2, la parcela 01 presenta un 91.55%, la parcela 02 un 97.62% y la tercera parcela un 92.39%, es decir el caudal se mantiene casi constante ante el aumento de la presión. Se verificó mediante el exponente de descarga (x), que tendió de llegar a 0, lo que implica que los goteros eran autocompensantes, ver tabla 3. Este resultado confirmó la eficacia del material para sistemas de riego en laderas, garantizando una distribución uniforme de agua y constituyéndose como una solución técnica superior para mantener un riego consistente en terrenos con topografía irregular.
3. El estudio confirmó la excelente uniformidad del sistema de riego, validando su diseño e implementación. Con un nivel de confianza del 95%, se demostró que el sistema mantiene una distribución homogénea del agua, independientemente de la pendiente del terreno, cumpliendo íntegramente con las especificaciones técnicas del

fabricante. Concluyendo que la media verdadera del caudal obtenida en campo se encuentra dentro de las características del emisor según las especificaciones técnicas del fabricante con un nivel de confianza del 95%.

## RECOMENDACIONES

- Para asegurar el correcto funcionamiento del sistema de riego, es fundamental calcular el coeficiente de uniformidad en diferentes parcelas, evaluar el diseño hidráulico del sistema y definir, si es necesario, qué tipo de laterales se utilizarán; el análisis de coeficiente variación nos permite evaluar la calidad de riego en su conjunto, ayuda detectar los problemas de mantenimiento y diseño incluso nos permite saber si los emisores están funcionando correctamente.
- Se recomienda Implementar cintas de riego autocompensadas en sistemas agrícolas ubicados en ladera, especialmente cuando el proyecto contemple el uso de riego tecnificado como el riego por goteo. Esta elección debe considerar factores clave como el tipo de cultivo, la pendiente del terreno, la disponibilidad de agua y los requerimientos económicos del proyecto. El uso de cintas autocompensadas permite una distribución uniforme del caudal, compensando las variaciones de presión generadas por la topografía, lo que mejora la eficiencia del riego y el desarrollo homogéneo del cultivo.
- Se recomienda establecer un programa de mantenimiento periódico que incluya limpieza de filtros, lavado de laterales, inspección y reposición de emisores defectuosos, así como y control de incrustaciones físicas, químicas y biológicas, con el propósito de mantener y mejorar el coeficiente de uniformidad de aplicación y garantizar la eficiencia hidráulica del sistema.
- Para una investigación a futuros se puede realizar el análisis del coeficiente de uniformidad y el estudio detallado de la formación de bulbos húmedos en diferentes tipos de suelo y pendientes.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barboza, B. (2020). *Cálculo de la uniformidad de distribución de riego por goteo, en los lotes “Rosso 1 y 2” de palta Hass (4.93 ha) y “Catita” de mango (1.03 ha) del fundo Palo Blanco, Motupe, Lambayeque*. Tesis de grado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, .  
[https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UPRG\\_8c74e6bc791072099cc0360dc938b8a7](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UPRG_8c74e6bc791072099cc0360dc938b8a7)
- Blair, E. (1979). Riego por goteo. Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA)-III seminario latinoamericano sobre riego por goteo. Retrieved 2025, from <https://repositorio.iica.int/handle/11324/13928>
- Bralts, V., & Kesner, C. (1983). *Drip irrigation field uniformity estimation* (Vol. 26). Transactions of the ASAE.
- Castañón, G. (2000). *Ingeniería del Riego. Utilización Racional del Agua*. Madrid, España: Thomson Editores Spain.
- Chilet, J. (2022). *Diseño del Sistema de riego por goteo en ladera para el cultivo de mandarina en la Agrícola Campo Verde S.A.C.*
- Cisneros, E., González, F., Placeres, Z., & Cun, R. (2021). Operational Parameters in Center Pivot Machines and their Influence on the Delivery Irrigation Duty. 5-18. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2071-00542021000300001](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542021000300001)
- Congreso. (13 de marzo de 2025). *Centro de Noticias del Congreso de la Republica-Perú*. <https://comunicaciones.congreso.gob.pe/noticias/aprueban-dictamen-que-propone-ley-de-riego-tecnificado-para-uso-eficiente-de-recursos-hidricos/#:~:text=13%20Mar%202025%20%7C%2020%3A59%20h&text=El%20dictamen%20aprobado%20plantea%20la,en%20contra%20y%20una%20>
- Craddock, H., Rjoub, Y., Jones, K., Lipchin, C., & Sapkota, A. (2021). Perceptions on the use of recycled water for produce irrigation and household tasks: A comparison between Israeli and Palestinian consumers. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113234>
- Eisenhauer, D., Martin, D. L., Heeren, D. M., & Hoffman, G. J. (2021). *Irrigation Systems Management*. ASABE. <https://doi.org/https://doi.org/10.13031/ISM.2021>
- Fontela, C., Morábito, J., Maffei, J., Salatino, S., Mirábile, C., & Mastrantonio, L. (2009). Riego por goteo en Mendoza, Análisis de los coeficientes de uniformidad y de la

- salinidad del suelo. <https://www.ina.gov.ar/archivos/pdf/CRA-IIIFERTI/CRA-RYD-7-Fontela.pdf>
- IFAPA. (2010). *Manual de Riego para Agricultores - Módulo 4: Riego Localizado*. Sevilla, España: 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)
- INEI. (2012). *IV Censo Nacional Agropecuario*. <http://censos.inei.gob.pe/cenagro/tabulados/>.
- Mendoza, A. (2013). Riego por goteo. En *Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y.* [https://www.academia.edu/7433003/Riego\\_por\\_Goteo\\_2013](https://www.academia.edu/7433003/Riego_por_Goteo_2013)
- Merriam, J. L., & Keller, J. (1978). *Farm irrigation system evaluation:: A Guide for Management*. Utah State University. USA.
- MINAGRI. (2017). *RIEGO PARCELARIO*. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/7245257/6197903-manual-n-4-riego-parcelario.pdf>.
- Netafim. (s.f.). <https://www.netafim.com.mx/>.
- Osorio, A., Tapia, F., Salinas, & Roberto. (1999). *Elementos de riego tecnificado*. (A. Osorio, F. Tapia, Salinas, & Roberto, Edits.) El Centro Regional de Investigación Intihuasi del Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA, presenta esta Cartilla Divulgativa, elaborada con financiamiento de la Comisión Nacional de Riego, CNR: <https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/8d369a0d-9643-4f75-8227-1d846f758d94/content>
- Palacios, T. (2018). *Evaluación de la uniformidad del riego por goteo en el Proyecto Agrícola Huarney, distrito y provincia de Huarney - Áncash*. TRABAJO ACADÉMICO PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERÍA AGRICOLA, UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA - FACULTAD DE INGENIERIA AGRÍCOLA, Lima. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/4176>
- Pérez, A., Macías, A., & Gutiérrez, V. (2019). Situación social y tecnológica en el manejo del agua para riego en Puebla, México. 1-15. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-62662019000100168](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-62662019000100168)
- Pizarro, F. (1996). *Riegos Localizados de Alta Frecuencia RLAF. Goteo, Microaspersión,*

(3 ed.). España: Ediciones Mundi-Prensa.

Ruiton, J., Hidalgo, H., & Figueroa, A. (2022). La inversión pública en riego y el crecimiento económico del sector agrario en Perú. (R. J. Pública, Ed.)

<https://www.aulavirtualusmp.pe/ojs/index.php/RevistaGobiernoyG/article/view/2337/2789>

SEPOR, P. (s.f.). *Métodos de riego*. Servicio de programación y optimización del uso del agua de Riego: <http://www.sepor.cl/>

Viña, S. c. (Julio de 2019). "*Manual de riego: herramientas agronómicas y soluciones tecnológicas para mejorar la eficiencia en el uso de agua para riego en productores de Vitis vinífera*".

<https://www.plataformaextension.cl/archivos/2020/11/MANUAL-DE-RIEGO.pdf>

# **ANEXOS**

## Anexo 1. Panel fotográfico

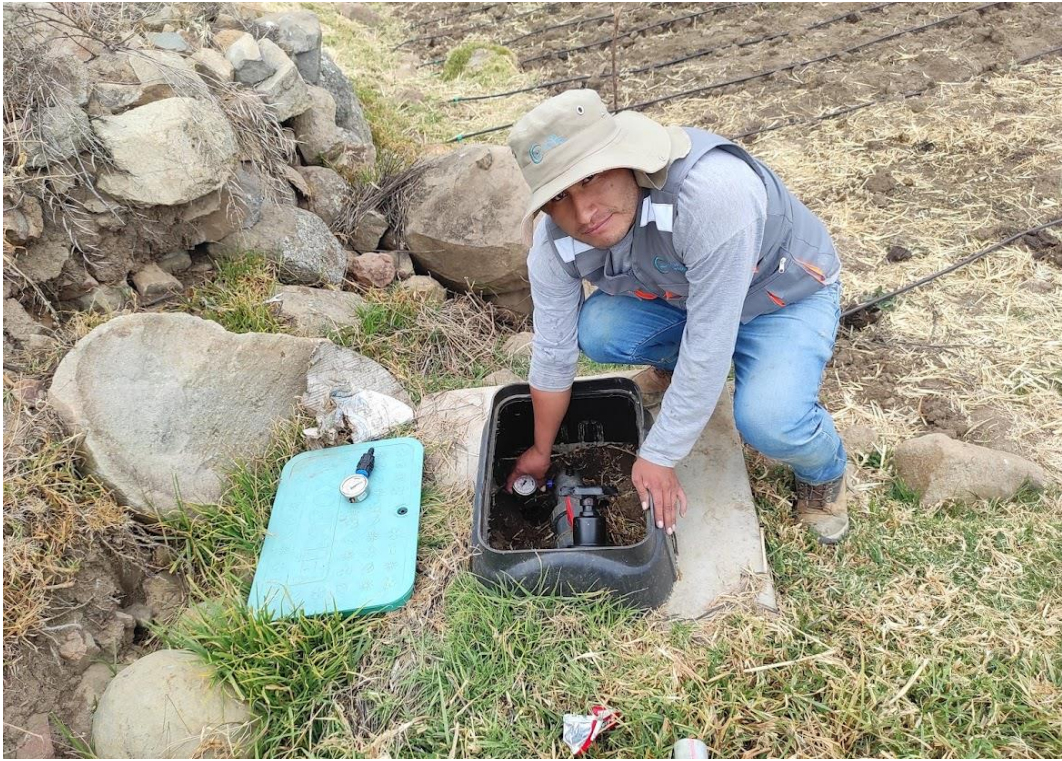
**Fotografía 01:** Manómetros de baja presión, Estos dispositivos permiten monitorizar y ajustar la presión de salida a lo largo del sistema de riego.



**Fotografía 02:** Arcos de riego donde se realiza la calibración de la presión de salida del agua hacia los laterales.



**Fotografía 03:** *Calibración del arco de riego en las tres parcelas demostrativas.*



**Fotografía 04:** *Muestra de la calibración del arco de riego en las tres parcelas demostrativas.*



**Fotografía 05:** Vista panorámica de la parcela 01, se observa una pendiente pronunciada.



**Fotografía 06:** Toma de muestras de caudales del emisor, se observa colocación de cintillos para una mejor toma de muestra.



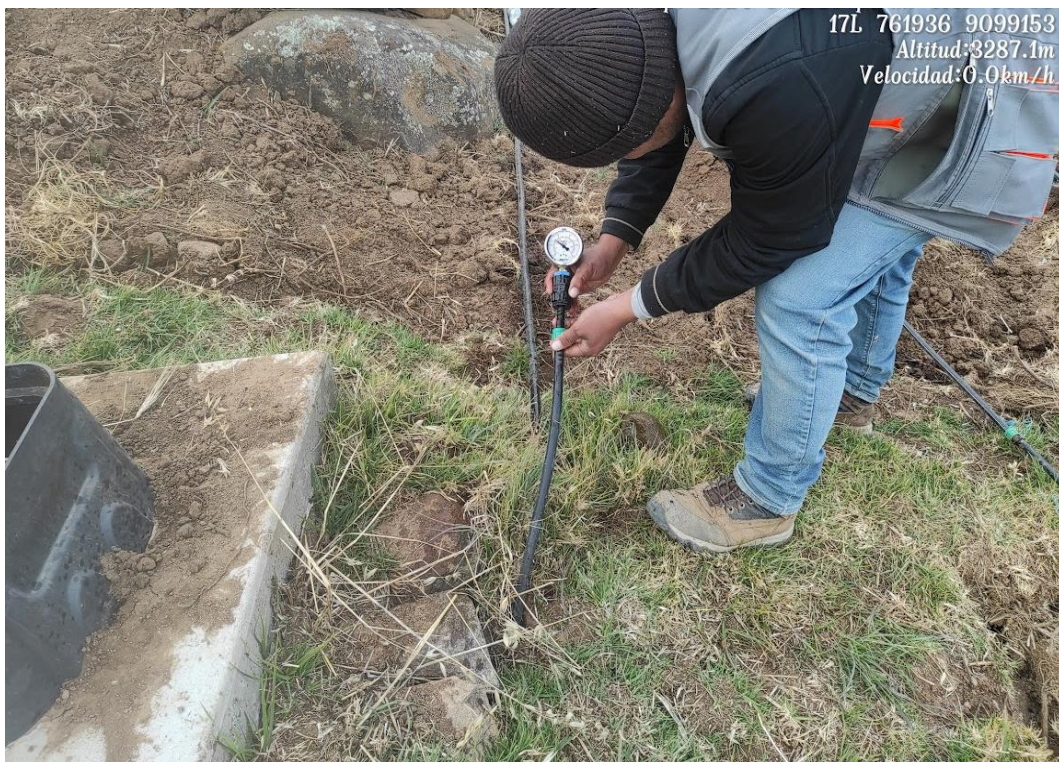
**Fotografía 07:** Toma de muestras de caudales del emisor en la parcela demostrativa 01



**Fotografía 08:** Toma de muestras de caudales del emisor, se observa se observa la medición del caudal en una probeta (para medir volumen en CC)



**Fotografía 09:** Toma de muestras de presiones de bigotes y entrada de agua hacia los laterales.



**Fotografía 10:** Toma de muestras de presiones de bigotes y entrada de agua hacia los laterales



**Fotografía 11:** Toma de muestras de caudales del emisor en la parcela demostrativa 03



**Fotografía 12:** Regulando la presión en la parcela demostrativa 01, por tener una fuerte pendiente para toma de muestra de presión y caudal en la parte baja



**Fotografía 13:** Toma de muestras de caudales del emisor en la parcela demostrativa 02



**Fotografía 14:** Embalse del reservorio para el sistema de riego



**Fotografía 15:** *Cabezal del sistema de riego*



## Anexo 2. Ficha técnica del emisor autocompensado de la fábrica de NETAFIM



# DRIPNET PC™ AS

12125 - 12150 - 12200 - 12250 - 16125 - 16150 - 16200  
16250 - 22135 - 22150 - 22250 - 25135 - 25150 - 25250

GOTERO INTEGRAL COMPACTO AUTO COMPENSADO CON MECANISMO DE AUTO-LIMPIEZA CONTINUA Y ANTI-SIFÓN.

### APLICACIONES

Para cultivos multi-estacionales en aplicaciones subterráneas.

### BENEFICIOS Y CARACTERÍSTICAS

- Compensación de presión: suministro de cantidades exactas e iguales de agua en un amplio intervalo de presión. 100% uniformidad de distribución de agua y nutrientes a lo largo de los laterales.
- Mecanismo anti-sifón: evita que los contaminantes entren en el gotero.
- Auto lavado continuo: enjuaga los residuos durante el funcionamiento del gotero, no sólo al principio o al final, sino a lo largo de todo el ciclo de riego, asegurando el funcionamiento ininterrumpido del emisor.
- Sistema de auto limpieza con amplia área de filtración que mejora la resistencia al taponamiento
- El laberinto TurboNet™ asegura pasajes de agua más amplios y cortos, con una profunda área de la sección transversal en el laberinto que asegura la inigualable resistencia al taponamiento de este gotero.
- El agua es aspirada al gotero desde el centro de la corriente, impidiendo la entrada de sedimentos en los goteros

ESCÁNEA ESTE CÓDIGO CON TU SMARTPHONE PARA VER EL VIDEO



### ESPECIFICACIONES

- Rango de compensación de presión: 0.25 / 0.40 / 0.60 a 2.5 / 3.0 / 3.5 bar (según modelo de caudal y espesor de pared de la regante).
- Mecanismo anti-sifón.
- Filtración recomendada: según el caudal del gotero.

El método de filtración debe seleccionarse con base a la clase y concentración de las partículas de suciedad existentes en el agua.

Donde exista una arena de más de 2 ppm en el agua, se instalará un hidrociclón antes del filtro principal.

Cuando los sólidos como arena, limo y arcilla excedan 100 ppm, el tratamiento previo se aplicará de acuerdo con las recomendaciones del equipo de expertos Netafim™.

- Laberinto TurboNet™ con amplios pasos de agua.
- Un amplio surtido de modelos de espesor de pared de regantes (0.31, 0.34, 0.38, 0.50, 0.63 mm).
- Gotero inyectado, CV muy bajo.
- Diafragma de silicón inyectado.
- Resistente a los rayos UV. Resistente a los nutrientes estándar utilizados en la agricultura.
- Los goteros DripNet PC™ cumplen con las normas ISO 9261 y con certificación del Instituto de Estándares de Israel (SII).

## INFORMACIÓN TÉCNICA DE LA REGANTE

CAUDAL* (L/H)	RANGO DE PRESIÓN DE TRABAJO (BAR)	DIMENSIÓN DE LOS PASOS DE AGUA ANCHO-PROFUNDIDAD-LONGITUD (MM)	ÁREA DE FILTRACIÓN (MM²)	CONSTANTE K	EXPONENTE X	FILTRACIÓN RECOMENDADA (MICRONES) / (MESH)
0.6	0.25 - 2.25	0.52 x 0.60 x 22	42	0.6	0	130/120
1.0	0.40 - 3.0	0.61 x 0.60 x 8	42	1.0	0	130/120
1.6	0.40 - 3.0	0.76 x 0.73 x 8	42	1.6	0	200/80
2.0	0.40 - 3.5	0.84 x 0.80 x 8	42	2.0	0	200/80
3.0	0.40 - 3.5	1.02 x 0.80 x 8	42	3.0	0	200/80
3.8	0.40 - 3.5	1.02 x 0.88 x 8	42	3.8	0	200/80

\*Dentro del rango de presiones de trabajo

### DRIPPERS TECHNICAL DATA

FLOW RATE* (L/H)	WORKING PRESSURE RANGE (BAR)	WATER PASSAGES DIMENSIONS WIDTH-DEPTH-LENGTH (MM)	FILTRATION AREA (MM²)	CONSTANT K	EXPONENT* X	RECOMMENDED FILTRATION (MICRON)/(MESH)
0.6	0.25 - 2.5	0.52 x 0.60 x 22	42	0.6	0	130/120
1.0	0.40 - 3.0	0.61 x 0.60 x 8	42	1.0	0	130/120
1.6	0.40 - 3.0	0.76 x 0.73 x 8	42	1.6	0	200/80
2.0	0.40 - 3.5	0.84 x 0.80 x 8	42	2.0	0	200/80
3.0	0.40 - 3.5	1.02 x 0.88 x 8	42	3.0	0	200/80
3.8	0.60 - 3.5	1.02 x 0.88 x 8	42	3.8	0	200/80

\* Within working pressure range



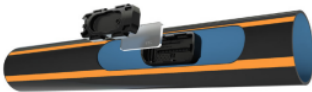
## DRIPPERLINES TECHNICAL DATA

MODEL	INSIDE DIAMETER (MM)	WALL THICKNESS (MM)	OUTSIDE DIAMETER (MM)	MAX. WORKING PRESSURE (BAR)	MAXIMUM FLUSHING PRESSURE (BAR)	KD
12125	11.8	0.31	12.42	2.5	2.9	1.35
12150	11.8	0.38	12.56	3.0	3.5	1.35
12200	11.8	0.50	12.80	3.0*	3.9	1.35
12250	11.8	0.63	13.06	3.0*	3.9	1.35
16125	16.2	0.31	16.82	1.8	2.1	0.40
16150	16.2	0.38	16.96	2.2	2.5	0.40
16200	15.5	0.50	16.50	2.5	3.3	0.40
16250	15.5	0.63	16.76	2.8	3.6	0.40
22135	22.2	0.34	22.88	1.5	1.7	0.18
22150	22.2	0.38	22.96	1.8	2.1	0.18
22250	22.2	0.63	23.46	2.5	2.9	0.18
25135	25.0	0.34	25.68	1.2	1.4	0.04
25150	25.0	0.38	25.76	1.4	1.6	0.04
25250	25.0	0.63	26.26	2.0	2.3	0.04

\*Maximum working pressure is defined by the dripper and not by the dripperline wall thickness

## DRIPPERLINES PACKAGE DATA (ON CARTON COILS)

MODEL	WALL THICKNESS (MM)	COIL LENGTH (M)	DISTANCE BETWEEN DRIPPERS (M)	AVERAGE* COIL WEIGHT (KG)	COILS PER PALLET (UNITS)	COILS IN A 40 FEET CONTAINER (UNITS)	TOTAL IN A 40 FEET CONTAINER (M)
12125	0.31	900	0.10 to 0.19	14.3	12	480	432000
		1000	0.20 to 0.35	13.6			480000
		1000	0.40 to 1.00	13.0			480000
12150	0.38	600	0.10 to 0.19	11.1	12	480	288000
		700	0.20 to 0.35	11.3			336000
		700	0.40 to 1.00	10.9			336000
12200	0.50	650	0.10 to 0.19	14.9	12	480	312000
		750	0.20 to 0.35	15.4			360000
		850	0.40 to 1.00	17.4			408000
12250	0.63	600	0.10 to 0.19	16.7	12	480	288000
		700	0.20 to 0.35	17.8			336000
		800	0.40 to 1.00	19.9			384000
16125	0.31	1150	0.10 to 0.19	24.0	12	480	544000
		1300	0.20 to 0.35	23.9			608000
		1500	0.40 to 1.00	26.5			704000
16150	0.38	900	0.10 to 0.19	21.2	12	480	416000
		1000	0.20 to 0.35	21.1			480000
		1200	0.40 to 1.00	25.6			576000
16200	0.50	750	0.10 to 0.19	19.9	12	480	360000
		800	0.20 to 0.35	19.6			384000
		850	0.40 to 1.00	19.1			408000
16250	0.63	700	0.10 to 0.19	26.5	12	480	336000
		800	0.20 to 0.35	26.9			384000
		800	0.40 to 1.00	26.1			384000



### DRIPNET PC™ AS

Gotero autocompensado integrado a tuberías de pared delgada, media y gruesa, que además cuenta con un mecanismo Antisifón (AS) que evita que la suciedad y partículas de suelo en el exterior del gotero entren a la tubería a través del emisor cuando la regante es instalada de forma subterránea. Sus amplios pasos de agua TurboNet™ le otorgan una superior resistencia al taponamiento y el sistema de regulación de presión asegura total uniformidad en la aplicación de agua y nutrientes en un amplio rango de presiones de trabajo.

Caudales disponibles: **0.60, 1.00, 1.60, 2.00, 3.00 y 3.80 l/h.**  
 Diámetros de tubería en pared delgada y media: **16, 22 y 25 mm.**  
 Espesores de pared en pared delgada y media: **12.5 Mil (0.31 mm), 13.5 Mil (0.34 mm), 15 Mil (0.38 mm), 20 Mil (0.50 mm) y 25 Mil (0.63 mm).**  
 Diámetros de tubería en pared gruesa: **16 y 20 mm.**  
 Espesores de pared en pared gruesa: **0.9, 1.0 y 1.2 mm.**

*Anexo 3. Cálculo del coeficiente de uniformidad de Caudales (CUc)*

**Parcela 01**  
**Recopilación 01**

**1. Evaluación de datos**

	<b>Primer emisor</b>	<b>Emisor 1/3</b>	<b>Emisor 2/3</b>	<b>Último emisor</b>
<b>Posición de la lateral</b>	<b>cc/min</b>	<b>cc/min</b>	<b>cc/min</b>	<b>cc/min</b>
<b>Primer lateral</b>	17.00	16.25	15.10	16.00
<b>Lateral 1/3</b>	16.00	15.00	16.50	17.00
<b>Lateral 2/3</b>	17.80	16.00	16.50	16.60
<b>Último lateral</b>	18.00	17.50	15.80	15.50

	<b>Primer emisor</b>	<b>Emisor</b>	<b>Emisor</b>	<b>Último emisor</b>
<b>Posición de la lateral</b>	<b>L/h</b>	<b>1/3 L/h</b>	<b>2/3 L/h</b>	<b>L/h</b>
<b>Primer lateral</b>	1.02	0.98	0.91	0.96
<b>Lateral 1/3</b>	0.96	0.90	0.99	1.02
<b>Lateral 2/3</b>	1.07	0.96	0.99	1.00
<b>Último lateral</b>	1.08	1.05	0.95	0.93

**2. Resultados**

- a) Caudal medio de los cuatro emisores de menor caudal ( $q_{25\%}$ ) = **0.92 L/h**
- b) Caudal medio  $q_m$  = **0.99 L/h**
- c) Coeficiente de uniformidad de caudales (CUc) =  $CUc = \frac{q_{25\%}}{\bar{q}} * 100$   
CUc = **93.60 %**

**Parcela 01**  
**Recopilación02**

**1. Evaluación de datos**

<b>Posición de la lateral</b>	<b>Primer emisor</b>	<b>Emisor 1/3</b>	<b>Emisor 2/3</b>	<b>Último emisor</b>
	<b>cc/min</b>	<b>cc/min</b>	<b>cc/min</b>	<b>cc/min</b>
<b>Primer lateral</b>	17.20	16.31	15.00	15.00
<b>Lateral 1/3</b>	16.50	16.00	16.00	16.80
<b>Lateral 2/3</b>	17.20	16.40	18.00	17.00
<b>Último lateral</b>	18.20	18.00	16.00	16.00

<b>Posición de la lateral</b>	<b>Primer emisor</b>	<b>Emisor</b>	<b>Emisor</b>	<b>Último emisor</b>
	<b>L/h</b>	<b>1/3 L/h</b>	<b>2/3 L/h</b>	<b>L/h</b>
<b>Primer lateral</b>	1.03	0.98	0.90	0.9
<b>Lateral 1/3</b>	0.99	0.96	0.96	1.01
<b>Lateral 2/3</b>	1.03	0.98	1.08	1.02
<b>Último lateral</b>	1.09	1.08	0.96	0.96

**2. Resultados**

- a) Caudal medio de los cuatro emisores de menor caudal ( $q_{25\%}$ ) = **0.93 L/h**
- b) Caudal medio  $q_m$  = **1.00 L/h**
- c) Coeficiente de uniformidad de caudales (CUc) =  $CUc = \frac{q_{25\%}}{\bar{q}} * 100$   
CUc = **93.41 %**

**Parcela 01**  
**Recopilación 03**

**1. Evaluación de datos**

Posición de la lateral	Primer emisor cc/min	Emisor 1/3 cc/min	Emisor 2/3 cc/min	Último emisor cc/min
Primer lateral	17.25	16.80	15.40	16.30
Lateral 1/3	16.70	15.20	16.70	17.20
Lateral 2/3	17.90	16.40	17.00	16.10
Último lateral	17.50	17.00	16.00	15.60

Posición de la lateral	Primer emisor L/h	Emisor 1/3 L/h	Emisor 2/3 L/h	Último emisor L/h
Primer lateral	1.04	1.01	0.92	0.98
Lateral 1/3	1.00	0.91	1.00	1.03
Lateral 2/3	1.07	0.98	1.02	0.97
Último lateral	1.05	1.02	0.96	0.94

**2. Resultados**

- a) Caudal medio de los cuatro emisores de menor caudal ( $q_{25\%}$ )= **0.93 L/h**
- b) Caudal medio  $q_m$  = **0.99 L/h**
- c) Coeficiente de uniformidad de caudales (CUC) =  $CUC = \frac{q_{25\%}}{\bar{q}} * 100$   
CUC= **93.84 %**

**Parcela 02**  
**Recopilación 01**

**1. Evaluación de datos**

Posición de la lateral	Primer emisor cc/min	Emisor 1/3 cc/min	Emisor 2/3 cc/min	Último emisor cc/min
Primer lateral	16.50	15.50	17.40	17.10
Lateral 1/3	17.50	16.50	17.10	16.40
Lateral 2/3	18.00	17.00	18.00	16.00
Último lateral	17.10	18.10	17.50	18.50

Posición de la lateral	Primer emisor L/h	Emisor 1/3 L/h	Emisor 2/3 L/h	Último emisor L/h
Primer lateral	0.99	0.93	1.04	1.03
Lateral 1/3	1.05	0.99	1.03	0.98
Lateral 2/3	1.08	1.02	1.08	0.96
Último lateral	1.03	1.09	1.05	1.11

**2. Resultados**

- a) Caudal medio de los cuatro emisores de menor caudal ( $q_{25\%}$ )= **0.97 L/h**
- b) Caudal medio  $q_m$  = **1.03 L/h**
- c) Coeficiente de uniformidad de caudales (CUC)=  $CUC = \frac{q_{25\%}}{\bar{q}} * 100$   
CUC= **93.80 %**

**Parcela 02**  
**Recopilación02**

**1. Evaluación de datos**

Posición de la lateral	Primer emisor cc/min	Emisor 1/3 cc/min	Emisor 2/3 cc/min	Último emisor cc/min
Primer lateral	17.20	16.00	17.50	16.50
Lateral 1/3	17.60	16.00	18.00	17.00
Lateral 2/3	17.80	17.20	18.50	16.80
Último lateral	17.50	18.00	18.10	17.50

Posición de la lateral	Primer emisor L/h	Emisor 1/3 L/h	Emisor 2/3 L/h	Último emisor L/h
Primer lateral	1.03	0.96	1.05	0.99
Lateral 1/3	1.06	0.96	1.08	1.02
Lateral 2/3	1.07	1.03	1.11	1.01
Último lateral	1.05	1.08	1.09	1.05

**2. Resultados**

- a) Caudal medio de los cuatro emisores de menor caudal ( $q_{25\%}$ )= **0.98 L/h**  
 b) Caudal medio  $q_m$  = 1.04 L/h

c) Coeficiente de uniformidad de caudales (CUC)=  $CUC = \frac{q_{25\%}}{\bar{q}} * 100$   
 CUC= **94.23 %**

**Parcela 02**  
**Recopilación 03**

**1. Evaluación de datos**

Posición de la lateral	Primer emisor cc/min	Emisor 1/3 cc/min	Emisor 2/3 cc/min	Último emisor cc/min
Primer lateral	17.30	18.00	17.00	17.50
Lateral 1/3	17.60	16.50	18.20	16.00
Lateral 2/3	17.80	16.30	17.40	16.30
Último lateral	16.80	17.80	16.40	18.00

Posición de la lateral	Primer emisor L/h	Emisor 1/3 L/h	Emisor 2/3 L/h	Último emisor L/h
Primer lateral	1.04	1.08	1.02	1.05
Lateral 1/3	1.06	0.99	1.09	0.96
Lateral 2/3	1.07	0.98	1.04	0.98
Último lateral	1.01	1.07	0.98	1.08

**2. Resultados**

- a) Caudal medio de los cuatro emisores de menor caudal ( $q_{25\%}$ )= **0.98 L/h**  
 b) Caudal medio  $q_m$  = 1.03 L/h

c) Coeficiente de uniformidad de caudales (CUC)=  $CUC = \frac{q_{25\%}}{\bar{q}} * 100$   
 CUC= **94.55 %**

**Parcela 03**  
**Recopilación 01**

**1. Evaluación de datos**

Posición de la lateral	Primer emisor cc/min	Emisor 1/3 cc/min	Emisor 2/3 cc/min	Último emisor cc/min
Primer lateral	16.50	16.52	16.90	15.50
Lateral 1/3	21.50	16.80	19.00	16.00
Lateral 2/3	19.20	15.00	18.00	14.50
Último lateral	19.10	15.10	18.00	15.50

Posición de la lateral	Primer emisor L/h	Emisor 1/3 L/h	Emisor 2/3 L/h	Último emisor L/h
Primer lateral	0.99	0.99	1.01	0.93
Lateral 1/3	1.29	1.01	1.14	0.96
Lateral 2/3	1.15	0.90	1.08	0.87
Último lateral	1.15	0.91	1.08	0.93

**2. Resultados**

- a) Caudal medio de los cuatro emisores de menor caudal ( $q_{25\%}$ )= **0.90 L/h**  
 b) Caudal medio  $q_m$  = 1.02 L/h

c) Coeficiente de uniformidad de caudales (CUC)=  $CUC = \frac{q_{25\%}}{\bar{q}} * 100$   
 CUC= **88.10 %**

**Parcela 03**  
**Recopilación02**

**1. Evaluación de datos**

Posición de la lateral	Primer emisor cc/min	Emisor 1/3 cc/min	Emisor 2/3 cc/min	Último emisor cc/min
Primer lateral	16.00	16.20	17.00	15.80
Lateral 1/3	20.00	17.00	18.50	16.20
Lateral 2/3	18.50	15.20	17.50	15.00
Último lateral	19.00	15.50	17.20	16.00

Posición de la lateral	Primer emisor L/h	Emisor 1/3 L/h	Emisor 2/3 L/h	Último emisor L/h
Primer lateral	0.96	0.97	1.02	0.95
Lateral 1/3	1.20	1.02	1.11	0.97
Lateral 2/3	1.11	0.91	1.05	0.90
Último lateral	1.14	0.93	1.03	0.96

**2. Resultados**

- a) Caudal medio de los cuatro emisores de menor caudal ( $q_{25\%}$ )= **0.92 L/h**  
 b) Caudal medio  $q_m$  = 1.01 L/h

c) Coeficiente de uniformidad de caudales (CUC)=  $CUC = \frac{q_{25\%}}{\bar{q}} * 100$   
 CUC= **90.94 %**

**Parcela 03**  
**Recopilación 03**

**1. Evaluación de datos**

Posición de la lateral	Primer emisor cc/min	Emisor 1/3 cc/min	Emisor 2/3 cc/min	Último emisor cc/min
Primer lateral	16.20	16.00	16.30	15.00
Lateral 1/3	20.10	16.10	18.40	16.10
Lateral 2/3	18.00	16.10	16.40	15.20
Último lateral	18.40	15.40	17.80	16.20

Posición de la lateral	Primer emisor L/h	Emisor 1/3 L/h	Emisor 2/3 L/h	Último emisor L/h
Primer lateral	0.97	0.96	0.98	0.90
Lateral 1/3	1.21	0.97	1.10	0.97
Lateral 2/3	1.08	0.97	0.98	0.91
Último lateral	1.10	0.92	1.07	0.97

**2. Resultados**

- a) Caudal medio de los cuatro emisores de menor caudal ( $q_{25\%}$ )= **0.92 L/h**
- b) Caudal medio  $q_m$  = 1.00 L/h
- c) Coeficiente de uniformidad de caudales (CUC)=  $CUC = \frac{q_{25\%}}{\bar{q}} * 100$
- CUC= **91.91 %**

**Promedios:**

Recopilación	Parcela 01 (60. 81% de pendiente)	Parcela 02 (14. 24% de pendiente)	Parcela 03 (24. 69% de pendiente)
01	93.60 %	93.80 %	88.10 %
02	93.41 %	94.23 %	90.94 %
03	93.84 %	94.55 %	91.91 %
<b>Promedio</b>	<b>93.61 %</b>	<b>94.19 %</b>	<b>90.32 %</b>

**P1**

Posición de la lateral	Primer emisor L/h	Emisor 1/3 L/h	Emisor 2/3 L/h	Último emisor L/h
Primer lateral	1.03	0.99	0.91	0.95
Lateral 1/3	0.98	0.92	0.98	1.02
Lateral 2/3	1.06	0.97	1.03	1.00
Último lateral	1.07	1.05	0.96	0.94

**P2**

Posición de la lateral	Primer emisor L/h	Emisor 1/3 L/h	Emisor 2/3 L/h	Último emisor L/h
Primer lateral	1.02	0.99	1.04	1.02
Lateral 1/3	1.06	0.98	1.07	0.99
Lateral 2/3	1.07	1.01	1.08	0.98
Último lateral	1.03	1.08	1.04	1.08

**P3**

Posición de la lateral	Primer emisor L/h	Emisor 1/3 L/h	Emisor 2/3 L/h	Último emisor L/h
Primer lateral	0.97	0.97	1.00	0.93
Lateral 1/3	1.23	1.00	1.12	0.97
Lateral 2/3	1.11	0.93	1.04	0.89
Último lateral	1.13	0.92	1.06	0.95

**Anexo 4. Cálculo del coeficiente de variación de los emisores**

**Parcela 01**

**1. Evaluación**

<b>n°</b>	<b>L/h</b>	<b>Qi-Qmed</b>	<b>(Qi-Qmed)<sup>2</sup></b>
1	1.03	0.0388	0.0015
2	0.99	-0.0013	0.0000
3	0.91	-0.0813	0.0066
4	0.95	-0.0413	0.0017
5	0.98	-0.0113	0.0001
6	0.92	-0.0713	0.0051
7	0.98	-0.0113	0.0001
8	1.02	0.0287	0.0008
9	1.06	0.0688	0.0047
10	0.97	-0.0213	0.0005
11	1.03	0.0388	0.0015
12	1.00	0.0087	0.0001
13	1.07	0.0788	0.0062
14	1.05	0.0588	0.0035
15	0.96	-0.0313	0.0010
16	0.94	-0.0513	0.0026
<b>Total</b>			<b>0.03598</b>

**2. Resultados**

a) Media aritmética de la muestra (x)= **0.99 L/h**

b) Numero de muestra (n)= **16**

c) Desviación estándar (S)=

$$S = \mathbf{0.0474} \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - Q_{med})^2}{n}}$$

d) Coeficiente de variación (CV)=  $CV = \left(\frac{S}{\bar{X}}\right)$

CV= **0.0478** Adimensional

CV= **0.05**

**Parcela 02**

**1. Evaluación**

<b>n°</b>	<b>L/h</b>	<b>Qi-Qmed</b>	<b>(Qi-Qmed)<sup>2</sup></b>
1	1.02	0.0137	0.0002
2	0.99	0.0438	0.0019
3	1.04	-0.0063	0.0000
4	1.02	0.0137	0.0002
5	1.06	-0.0263	0.0007
6	0.98	0.0538	0.0029
7	1.07	-0.0363	0.0013
8	0.99	0.0438	0.0019
9	1.07	-0.0363	0.0013
10	1.01	0.0237	0.0006
11	1.08	-0.0463	0.0021
12	0.98	0.0538	0.0029
13	1.03	0.0037	0.0000
14	1.08	-0.0463	0.0021
15	1.04	-0.0063	0.0000
16	1.08	-0.0463	0.0021
<b>Total</b>			<b>0.02038</b>

**2. Resultados**

a) Media aritmética de la muestra (x)=

**1.03 L/h**

b) Numero de muestra (n)=

**16**

c) Desviación estándar (S)=

S= **0.0357**

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - Q_{med})^2}{n}}$$

d) Coeficiente de variación (CV)=  $CV = \left(\frac{S}{\bar{X}}\right)$

CV=

**0.0345** Adimensional

CV=

**0.03**

**Parcela 03**

**1. Evaluación**

<b>n°</b>	<b>L/h</b>	<b>Qi-Qmed</b>	<b>(Qi-Qmed)<sup>2</sup></b>
1	0.97	0.0438	0.0019
2	0.97	0.0438	0.0019
3	1.00	0.0137	0.0002
4	0.93	0.0837	0.0070
5	1.23	-0.2163	0.0468
6	1.00	0.0137	0.0002
7	1.12	-0.1063	0.0113
8	0.97	0.0438	0.0019
9	1.11	-0.0963	0.0093
10	0.93	0.0837	0.0070
11	1.04	-0.0263	0.0007
12	0.89	0.1238	0.0153
13	1.13	-0.1163	0.0135
14	0.92	0.0937	0.0088
15	1.06	-0.0463	0.0021
16	0.95	0.0638	0.0041
<b>Total</b>			<b>0.13198</b>

**2. Resultados**

a) Media aritmética de la muestra (x)= **1.01 L/h**

b) Numero de muestra (n)= **16**

c) Desviación estándar (S)=

$$S = \mathbf{0.0908} \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - Q_{med})^2}{n}}$$

d) Coeficiente de variación (CV)=  $CV = \left(\frac{S}{\bar{X}}\right)$

CV= **0.0896** Adimensional

CV= **0.1**

## Anexo 5. Cálculo estadístico del intervalo de confianza para la media (95%)

### Intervalo de confianza para la media (95%)

$$IC = \bar{x} \pm (t * (s / \sqrt{n}))$$

**Donde:**

$\bar{x}$  es la media

t es el valor de t de Student para 15 grados de libertad y  $\alpha=0.05$

s es la desviación estándar

n es el número de muestras

### Parcela 01

#### 1. Evaluación

n°	L/h	Qi-Qmed	(Qi-Qmed) <sup>2</sup>
1	1.03	0.0388	0.0015
2	0.99	-0.0013	0.0000
3	0.91	-0.0813	0.0066
4	0.95	-0.0413	0.0017
5	0.98	-0.0113	0.0001
6	0.92	-0.0713	0.0051
7	0.98	-0.0113	0.0001
8	1.02	0.0287	0.0008
9	1.06	0.0688	0.0047
10	0.97	-0.0213	0.0005
11	1.03	0.0388	0.0015
12	1.00	0.0087	0.0001
13	1.07	0.0788	0.0062
14	1.05	0.0588	0.0035
15	0.96	-0.0313	0.0010
16	0.94	-0.0513	0.0026
<b>Total</b>			<b>0.03598</b>

#### 2. Resultados

##### 2.1. Estadísticas Descriptivas

muestra (n):	<b>16</b>	
Media:	<b>0.99 L/h</b>	
Mediana:	<b>1.0400 L/h</b>	
Desviación estándar:	<b>0.0474 L/h</b>	
Coeficiente de variación:		<b>0.05</b>

##### 2.2. Prueba T-Student:

###### 1. Grados de libertad (df):

n=	16
df = n - 1	15
df =	15

###### 2. Valor crítico de t ( $t_{\alpha/2}$ ):

Para un intervalo de confianza de 95%,  $\alpha = 0.05$  y  $\alpha/2 = 0.025$ .

Utilizando una tabla de distribución t, encontramos:

$$t_{0.025,15} \approx 2.131 \qquad \qquad \qquad \mathbf{2.131}$$

##### 2.3. Calcular intervalo de Confianza para la Media (95%)

$$IC = \bar{x} \pm (t * (s / \sqrt{n}))$$

Calculamos el error estándar ( $s / \sqrt{n}$ ): **0.0119**

Calculamos el margen de error  $t * (s / \sqrt{n})$ : **0.02526178**

Finalmente, calculamos el intervalo de confianza:

###### Límites del intervalo:

Límite inferior  $\bar{x} - (t * (s / \sqrt{n}))$ : **0.97 L/h**

Límite superior  $\bar{x} + (t * (s / \sqrt{n}))$ : **1.02 L/h**

Por lo tanto, el intervalo de confianza de 95% para la media es (0.97,1.02).

## Parcela 02

### 1. Evaluación

n°	L/h	Qi-Qmed	(Qi-Qmed) <sup>2</sup>
1	1.02	-0.0137	0.0002
2	0.99	-0.0438	0.0019
3	1.04	0.0063	0.0000
4	1.02	-0.0137	0.0002
5	1.06	0.0263	0.0007
6	0.98	-0.0538	0.0029
7	1.07	0.0363	0.0013
8	0.99	-0.0438	0.0019
9	1.07	0.0363	0.0013
10	1.01	-0.0237	0.0006
11	1.08	0.0463	0.0021
12	0.98	-0.0538	0.0029
13	1.03	-0.0037	0.0000
14	1.08	0.0463	0.0021
15	1.04	0.0063	0.0000
16	1.08	0.0463	0.0021
<b>Total</b>			<b>0.02038</b>

### 2. Resultados

#### 2.1. Estadísticas Descriptivas

muestra (n):	<b>16</b>		
Media:	<b>1.03 L/h</b>		
Mediana:	<b>1.03 L/h</b>		
Desviación estándar:	<b>0.0357 L/h</b>		
Coefficiente de variación:		<b>0.03</b>	

#### 2.2. Prueba T-Student:

##### 1. Grados de libertad (df):

n=	16
df = n - 1	15
df =	15

##### 2. Valor crítico de t ( $t_{\alpha/2}$ ):

Para un intervalo de confianza de 95%,  $\alpha = 0.05$  y  $\alpha/2 = 0.025$ .

Utilizando una tabla de distribución t, encontramos:

$$t_{0.025,15} \approx 2.131 \quad \mathbf{2.131}$$

##### 2.3. Calcular intervalo de Confianza para la Media (95%)

$$IC = \bar{x} \pm (t * (s / \sqrt{n}))$$

Calculamos el error estándar ( $s / \sqrt{n}$ ): **0.00892**

Calculamos el margen de error  $t * (s / \sqrt{n})$ : **0.01901**

Finalmente, calculamos el intervalo de confianza:

##### Límites del intervalo:

Límite inferior  $\bar{x} - (t * (s / \sqrt{n}))$ : **1.0 L/h**

Límite superior  $\bar{x} + (t * (s / \sqrt{n}))$ : **1.1 L/h**

Por lo tanto, el intervalo de confianza de 95% para la media es (1.00,1.1).

### Parcela 03

#### 1. Evaluación

n°	L/h	Qi-Qmed	(Qi-Qmed) <sup>2</sup>
1	0.97	-0.0438	0.0019
2	0.97	-0.0438	0.0019
3	1.00	-0.0137	0.0002
4	0.93	-0.0837	0.0070
5	1.23	0.2163	0.0468
6	1.00	-0.0137	0.0002
7	1.12	0.1063	0.0113
8	0.97	-0.0438	0.0019
9	1.11	0.0963	0.0093
10	0.93	-0.0837	0.0070
11	1.04	0.0263	0.0007
12	0.89	-0.1238	0.0153
13	1.13	0.1163	0.0135
14	0.92	-0.0937	0.0088
15	1.06	0.0463	0.0021
16	0.95	-0.0638	0.0041
<b>Total</b>			<b>0.13198</b>

#### 2. Resultados

##### 2.1. Estadísticas Descriptivas

muestra (n):	<b>16</b>
Media:	<b>1.01 L/h</b>
Mediana:	<b>1.0400 L/h</b>
Desviación estándar:	<b>0.0908 L/h</b>
Coefficiente de variación:	<b>0.09</b>

##### 2.2. Prueba T-Student:

###### 1. Grados de libertad (df):

n=	16
df = n - 1	15
df =	15

###### 2. Valor crítico de t (t $\alpha$ /2):

Para un intervalo de confianza de 95%,  $\alpha = 0.05$  y  $\alpha/2 = 0.025$ .

Utilizando una tabla de distribución t, encontramos:

$$t_{0.025,15} \approx 2.131$$

###### 2.3. Calcular intervalo de Confianza para la Media (95%)

$$IC = \bar{x} \pm (t * (s / \sqrt{n}))$$

Calculamos el error estándar (s /  $\sqrt{n}$ ): **0.0227**

Calculamos el margen de error t \* (s /  $\sqrt{n}$ ): **0.04838484**

Finalmente, calculamos el intervalo de confianza:

###### Límites del intervalo:

Límite inferior  $\bar{x} - (t * (s / \sqrt{n}))$ : **0.97 L/h**

Límite superior  $\bar{x} + (t * (s / \sqrt{n}))$ : **1.06 L/h**

Por lo tanto, el intervalo de confianza de 95% para la media es (0.97,1.06).

*Anexo 6. Cálculo de coeficiente de uniformidad de presiones (CUp)*

**COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD DE PRESIONES**

**Parcela 01**

**Recopilación 01**

**1. Evaluación de datos**

Posición de la lateral	Primer emisor (bar)	Emisor 1/3 (bar)	Emisor 2/3 (bar)	Último emisor (bar)
Primer lateral	0.80	0.70	0.68	0.60
Lateral 1/3	1.50	1.51	1.48	1.40
Lateral 2/3	2.10	2.01	1.84	1.80
Último lateral	2.50	2.49	2.44	2.45

**2. Resultados**

a) Presión medio de los cuatro emisores de menor presión (p25%) = **0.70 bar**

b) Presión medio = **1.64 bar**

c) Exponente(x) =  $x = \frac{\log [q^1/q_2]}{\log [P^1/P_2]}$   
 $x = 0.1$

d) Coeficiente de uniformidad de presiones (CUp) =  $CUp = 100 * \left(\frac{P_{25\%}}{\bar{P}}\right)^x$   
 Cup = **93.14 %**

**Parcela 01**

**Recopilación 02**

**1. Evaluación de datos**

Posición de la lateral	Primer emisor (bar)	Emisor 1/3 (bar)	Emisor 2/3 (bar)	Último emisor (bar)
Primer lateral	0.80	0.79	0.70	0.65
Lateral 1/3	1.45	1.20	1.50	1.45
Lateral 2/3	2.05	2.00	2.00	1.80
Último lateral	2.50	2.46	2.42	2.40

**2. Resultados**

a) Presión medio de los cuatro emisores de menor presión (p25%) = **0.74 bar**

b) Presión medio = **1.64 bar**

c) Exponente(x) =  $x = \frac{\log [q^1/q_2]}{\log [P^1/P_2]}$   
 $x = 0.14$

d) Coeficiente de uniformidad de presiones (CUp) =  $CUp = 100 * \left(\frac{P_{25\%}}{\bar{P}}\right)^x$   
 Cup = **89.25 %**

**Parcela 01**  
**Recopilación 03**

**1. Evaluación de datos**

Posición de la lateral	Primer emisor (bar)	Emisor 1/3 (bar)	Emisor 2/3 (bar)	Último emisor (bar)
Primer lateral	0.80	0.70	0.68	0.75
Lateral 1/3	1.40	1.30	1.45	1.40
Lateral 2/3	2.10	2.05	2.02	1.70
Último lateral	2.52	2.30	2.40	2.46

**2. Resultados**

- a) Presión medio de los cuatro emisores de menor presión (p25%)= **0.73 bar**
- b) Presión medio = **1.63 bar**
- c) Exponente(x)=  $x = \frac{\log [q^1/q_2]}{\log [P^1/P_2]}$   
x= 0.10
- d) Coeficiente de uniformidad de presiones (CU<sub>p</sub>)=  $CU_p = 100 * \left( \frac{P_{25\%}}{\bar{P}} \right)^x$   
CU<sub>p</sub>= **92.26 %**

**Parcela 02**  
**Recopilación 01**

**1. Evaluación de datos**

Posición de la lateral	Primer emisor (bar)	Emisor 1/3 (bar)	Emisor 2/3 (bar)	Último emisor (bar)
Primer lateral	0.80	0.80	0.73	0.72
Lateral 1/3	1.00	0.95	0.95	0.92
Lateral 2/3	1.10	1.08	1.06	1.06
Último lateral	1.20	1.20	1.05	1.50

**2. Resultados**

- a) Presión medio de los cuatro emisores de menor caudal (p25%)= **0.76 bar**
- b) Presión medio = **1.01 bar**
- c) Exponente(x)=  $x = \frac{\log [q^1/q_2]}{\log [P^1/P_2]}$   
x= 0.1
- d) Coeficiente de uniformidad de presiones (CU<sub>p</sub>)=  $CU_p = 100 * \left( \frac{P_{25\%}}{\bar{P}} \right)^x$   
CU<sub>p</sub>= **97.20 %**

**Parcela 02**  
**Recopilación 02**

**1. Evaluación de datos**

Posición de la lateral	Primer emisor (bar)	Emisor 1/3 (bar)	Emisor 2/3 (bar)	Último emisor (bar)
Primer lateral	0.80	0.79	0.74	0.74
Lateral 1/3	1.05	0.99	0.98	0.92
Lateral 2/3	1.10	1.08	1.05	1.00
Último lateral	1.20	1.22	1.05	1.55

**2. Resultados**

- a) Presión medio de los cuatro emisores de menor caudal (p25%)= **0.77 bar**
- b) Presión medio = **1.02 bar**
- c) Exponente(x)= 
$$x = \frac{\log[q^1/q_2]}{\log[P^1/P_2]}$$
  
x= 0.1
- d) Coeficiente de uniformidad de presiones (CUp)= 
$$CUp = 100 * \left(\frac{P_{25\%}}{\bar{P}}\right)^x$$
  
CUp= **97.79 %**

**Parcela 02**  
**Recopilación 03**

**1. Evaluación de datos**

Posición de la lateral	Primer emisor (bar)	Emisor 1/3 (bar)	Emisor 2/3 (bar)	Último emisor (bar)
Primer lateral	0.80	0.80	0.73	0.75
Lateral 1/3	1.00	0.95	0.94	0.98
Lateral 2/3	1.11	1.00	1.06	1.02
Último lateral	1.20	1.25	1.40	1.60

**2. Resultados**

- a) Presión medio de los cuatro emisores de menor caudal (p25%)= **0.77 bar**
- b) Presión medio = **1.04 bar**
- c) Exponente(x)= 
$$x = \frac{\log[q^1/q_2]}{\log[P^1/P_2]}$$
  
x= 0.1
- d) Coeficiente de uniformidad de presiones (CUp)= 
$$CUp = 100 * \left(\frac{P_{25\%}}{\bar{P}}\right)^x$$
  
CUp= **97.86 %**

**Parcela 03**  
**Recopilación 01**

**1. Evaluación de datos**

Posición de la lateral	Primer emisor (bar)	Emisor 1/3 (bar)	Emisor 2/3 (bar)	Último emisor (bar)
Primer lateral	0.80	0.78	0.80	0.80
Lateral 1/3	1.00	1.00	0.98	0.95
Lateral 2/3	1.25	1.24	1.20	1.20
Último lateral	1.40	1.40	1.38	1.40

**2. Resultados**

- a) Presión medio de los cuatro emisores de menor caudal (p25%)= **0.80 bar**
- b) Presión medio = **1.10 bar**
- c) Exponente(x)=  $x = \frac{\log [q^1/q_2]}{\log [P^1/P_2]}$   
x= 0.3
- d) Coeficiente de uniformidad de presiones (CUp)=  $CUp = 100 * \left(\frac{P_{25\%}}{\bar{P}}\right)^x$   
CUp= **92.05 %**

**Parcela 03**  
**Recopilación 02**

**1. Evaluación de datos**

Posición de la lateral	Primer emisor (bar)	Emisor 1/3 (bar)	Emisor 2/3 (bar)	Último emisor (bar)
Primer lateral	0.80	0.79	0.80	0.82
Lateral 1/3	1.00	0.98	0.94	0.99
Lateral 2/3	1.30	1.27	1.20	1.25
Último lateral	1.42	1.38	1.40	1.42

**2. Resultados**

- a) Presión medio de los cuatro emisores de menor caudal (p25%)= **0.80 bar**
- b) Presión medio = **1.11 bar**
- c) Exponente(x)=  $x = \frac{\log [q^1/q_2]}{\log [P^1/P_2]}$   
x= 0.3
- d) Coeficiente de uniformidad de presiones (CUp)=  $CUp = 100 * \left(\frac{P_{25\%}}{\bar{P}}\right)^x$   
CUp= **91.45 %**

**Parcela 03**  
**Recopilación 03**

**1. Evaluación de datos**

Posición de la lateral	Primer emisor (bar)	Emisor 1/3 (bar)	Emisor 2/3 (bar)	Último emisor (bar)
Primer lateral	0.80	0.80	0.78	0.79
Lateral 1/3	1.00	0.98	0.95	1.00
Lateral 2/3	1.28	1.28	1.25	1.22
Último lateral	1.41	1.40	1.39	1.40

**2. Resultados**

- a) Presión medio de los cuatro emisores de menor caudal (p25%)= **0.79 bar**
- b) Presión medio = **1.11 bar**
- c) Exponente(x)=  $x = \frac{\log[q^1/q_2]}{\log[P^1/P_2]}$   
x= 0.2
- d) Coeficiente de uniformidad de presiones (CUp)=  $CUp = 100 * \left(\frac{P_{25\%}}{\bar{P}}\right)^x$   
CUp= **93.67 %**

**Promedios**

Recopilación	Parcela 01 (60.81% de pendiente)	Parcela 02 (14.24% de pendiente)	Parcela 03 (24.69% de pendiente)
01	93.14 %	97.20 %	92.05 %
02	89.25 %	97.79 %	91.45 %
03	92.26 %	97.86 %	93.67 %
<b>Promedio</b>	<b>91.55 %</b>	<b>97.62 %</b>	<b>92.39 %</b>

**P1**

Posición de la lateral	Primer emisor (bar)	Emisor 1/3 (bar)	Emisor 2/3 (bar)	Último emisor (bar)
Primer lateral	0.80	0.73	0.69	0.67
Lateral 1/3	1.45	1.34	1.48	1.42
Lateral 2/3	2.08	2.02	1.95	1.77
Último lateral	2.51	2.42	2.42	2.44

**P2**

Posición de la lateral	Primer emisor (bar)	Emisor 1/3 (bar)	Emisor 2/3 (bar)	Último emisor (bar)
Primer lateral	0.80	0.80	0.73	0.74
Lateral 1/3	1.02	0.96	0.96	0.94
Lateral 2/3	1.10	1.05	1.06	1.03
Último lateral	1.20	1.22	1.17	1.55

**P3**

Posición de la lateral	Primer emisor (bar)	Emisor 1/3 (bar)	Emisor 2/3 (bar)	Último emisor (bar)
Primer lateral	0.80	0.79	0.79	0.80
Lateral 1/3	1.00	0.99	0.96	0.98
Lateral 2/3	1.28	1.26	1.22	1.22
Último lateral	1.41	1.39	1.39	1.41

## Anexo 7. Ecuación y curva característica de los emisores

$$q = Kh^x$$

Donde:

q: caudal del emisor, que generalmente se mide en litros/hora (L/h)

K: coeficiente de descarga

x: exponente de descarga

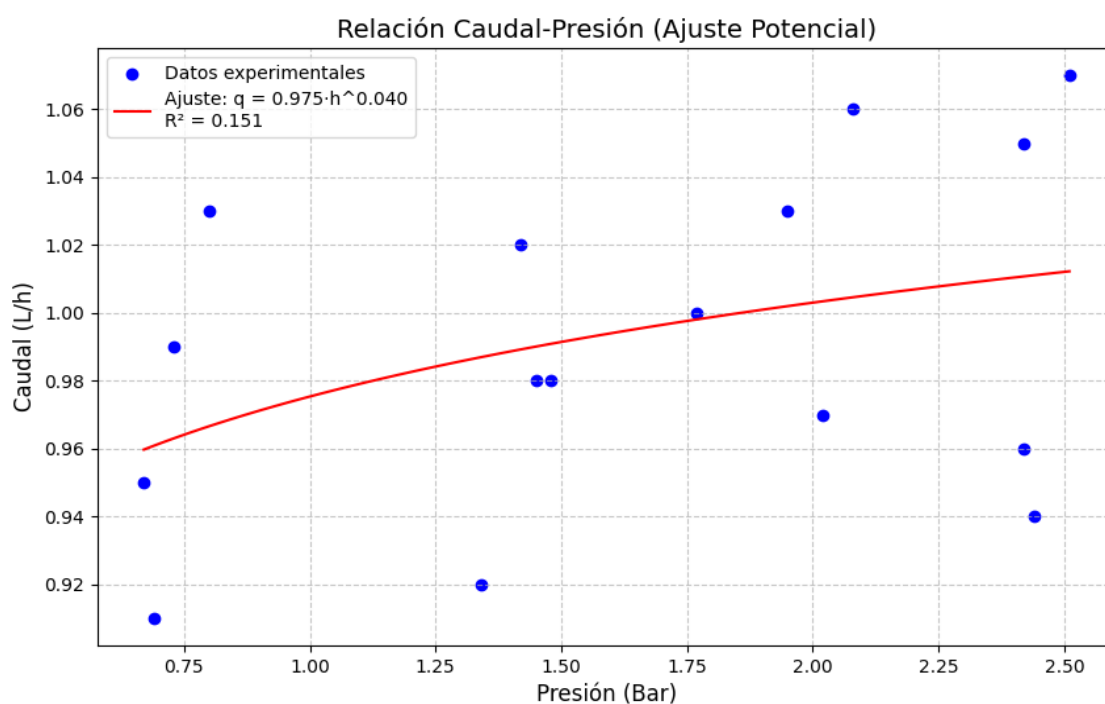
h: presión a la entrada del emisor (Bar)

### Parcela 01

#### 1. Muestras obtenidas en campo

Nº de muestras	P (Bar)	Q (L/h)
1	0.80	1.03
2	0.73	0.99
3	0.69	0.91
4	0.67	0.95
5	1.45	0.98
6	1.34	0.92
7	1.48	0.98
8	1.42	1.02
9	2.08	1.06
10	2.02	0.97
11	1.95	1.03
12	1.77	1.00
13	2.51	1.07
14	2.42	1.05
15	2.42	0.96
16	2.44	0.94

#### 2. Grafica relación Caudal-Presión



$$q = Kh^x$$

Donde:

q: caudal del emisor, que generalmente se mide en litros/hora (L/h)

K: coeficiente de descarga

x: exponente de descarga

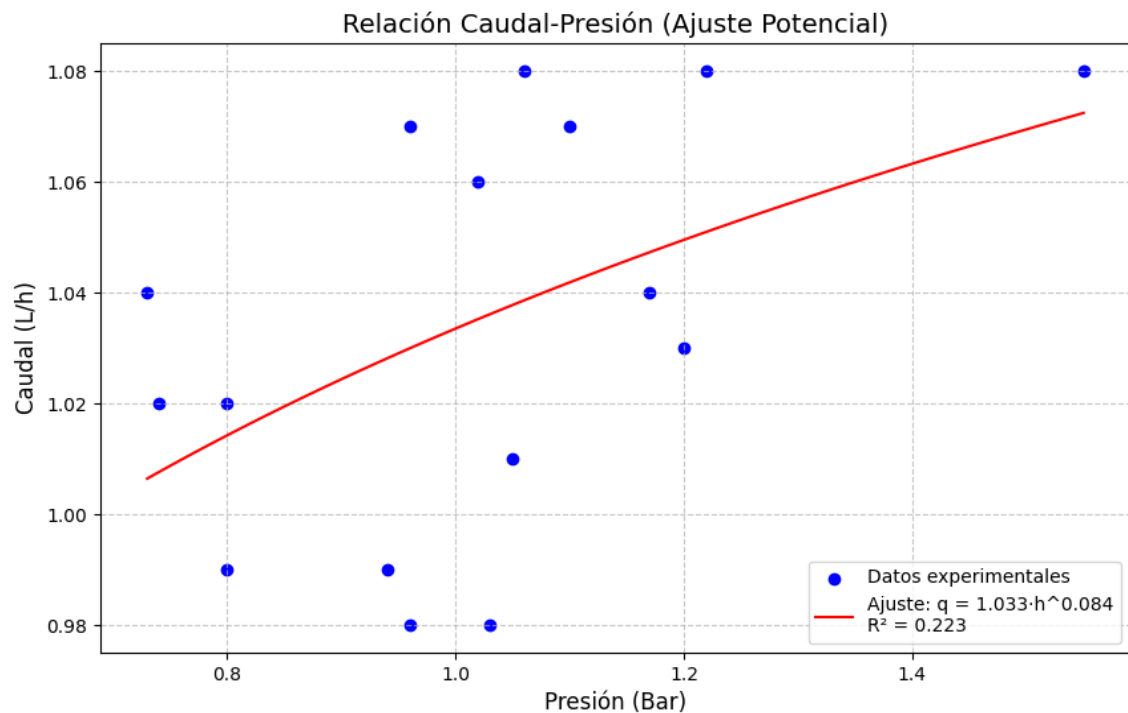
h: presión a la entrada del emisor (Bar)

### Parcela 02

#### 1. Muestras obtenidas en campo

N° de muestras	Presión (Bar)	Caudal (L/h)
1	0.80	1.02
2	0.80	0.99
3	0.73	1.04
4	0.74	1.02
5	1.02	1.06
6	0.96	0.98
7	0.96	1.07
8	0.94	0.99
9	1.10	1.07
10	1.05	1.01
11	1.06	1.08
12	1.03	0.98
13	1.20	1.03
14	1.22	1.08
15	1.17	1.04
16	1.55	1.08

#### 2. Grafica relación Caudal-Presión



$$q = Kh^x$$

Donde:

q: caudal del emisor, que generalmente se mide en litros/hora (L/h)

K: coeficiente de descarga

x: exponente de descarga

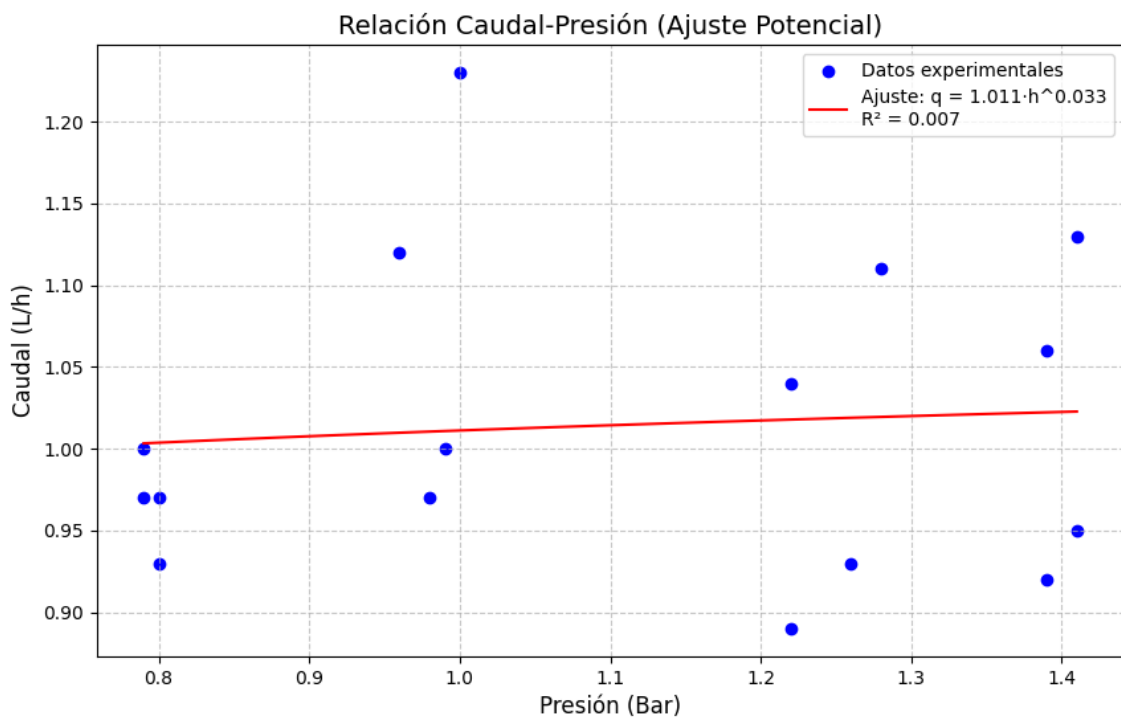
h: presión a la entrada del emisor (Bar)

### Parcela 03

#### 1. Muestras obtenidas en campo

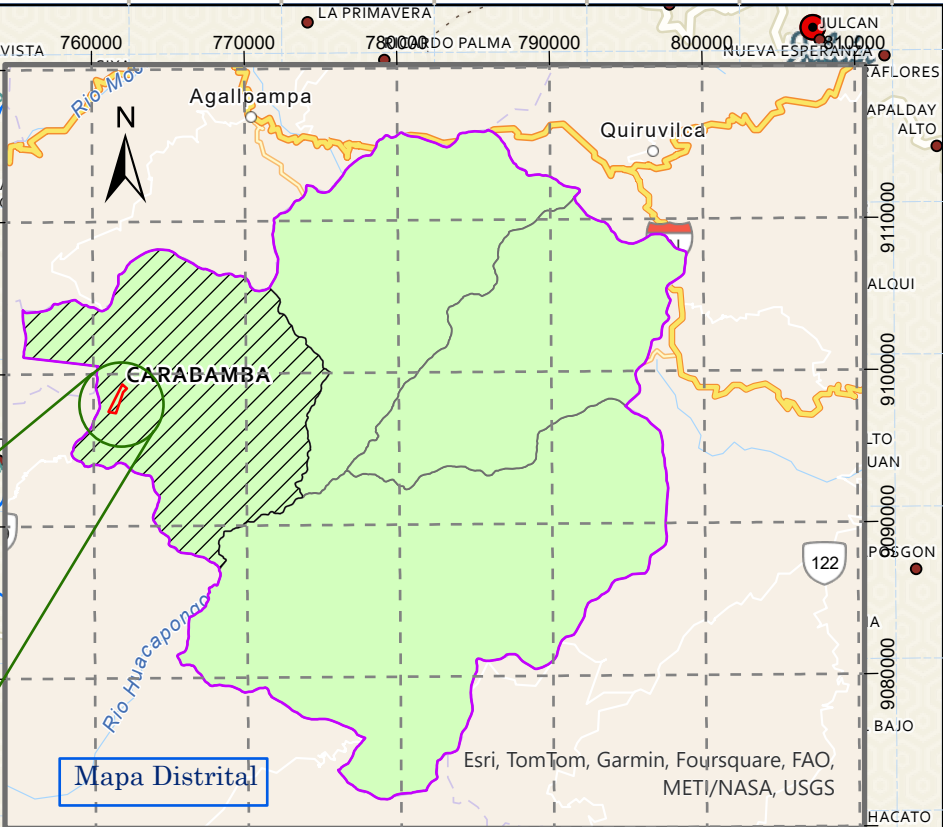
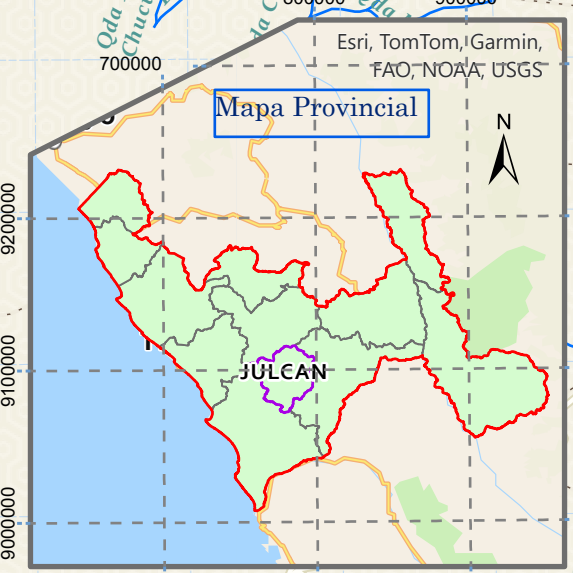
N° de muestras	P (Bar)	Q (L/h)
1	0.80	0.97
2	0.79	0.97
3	0.79	1.00
4	0.80	0.93
5	1.00	1.23
6	0.99	1.00
7	0.96	1.12
8	0.98	0.97
9	1.28	1.11
10	1.26	0.93
11	1.22	1.04
12	1.22	0.89
13	1.41	1.13
14	1.39	0.92
15	1.39	1.06
16	1.41	0.95

#### 2. Grafica relación Caudal-Presión



*Anexo 8. Planos*

# MAPA DE UBICACIÓN DEL PROYECTO



**Legenda**

- Centros Poblados
- Capital Distrito
- ▭ Parcela de estudio
- ~ Rios

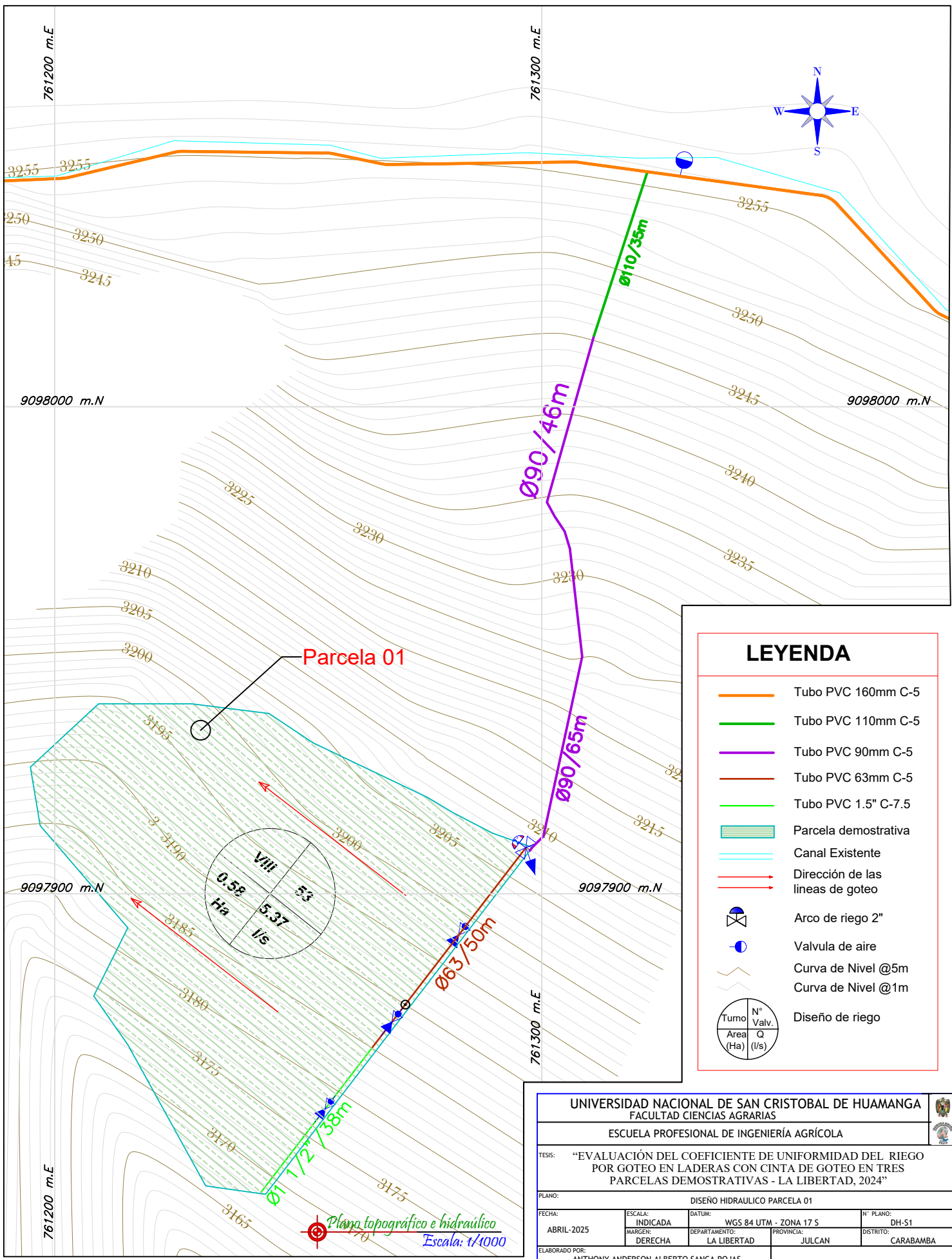
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA  
 FACULTAD CIENCIAS AGRARIAS  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRICOLA

	<b>PLANO:</b> UBICACIÓN DEL PROYECTO		
	<b>REGIÓN:</b> LA LIBERTAD	<b>DATUM:</b> WGS 84 - 17L	
	<b>PROVINCIA:</b> JULCAN	<b>ESCALA:</b> INDICADA	
	<b>DISTRITO:</b> CARABAMBA	<b>FECHA:</b> FEBRERO 2025	
<b>LUGAR:</b> SANTA CRUZ	<b>DIBUJO:</b> A.A.A.S.R	<b>LAMINA:</b> PU-01	







Escala:  
 1:100,000

Spatial Reference  
 Name: GCS WGS 1984  
 GCS: GCS WGS 1984  
 Datum: WGS 1984  
 Map Units:

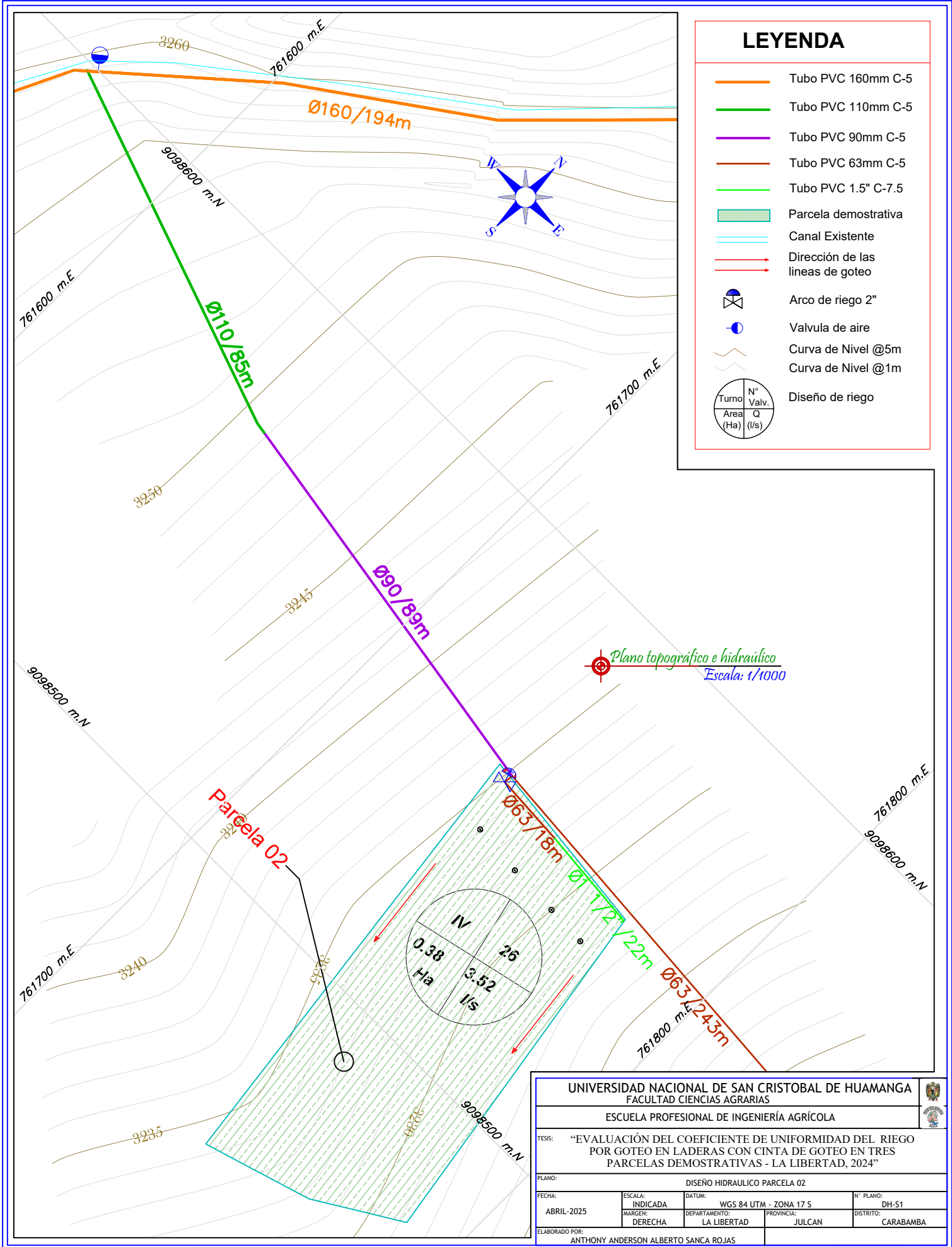


### LEYENDA

- Tubo PVC 160mm C-5
- Tubo PVC 110mm C-5
- Tubo PVC 90mm C-5
- Tubo PVC 63mm C-5
- Tubo PVC 1.5" C-7.5
- Parcela demostrativa
- Canal Existente
- Dirección de las líneas de goteo
-  Arco de riego 2"
-  Valvula de aire
-  Curva de Nivel @5m
-  Curva de Nivel @1m
- |           |               |
|-----------|---------------|
| Turno     | N°            |
| Area (Ha) | Valv. Q (l/s) |

 Diseño de riego

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA</b> FACULTAD CIENCIAS AGRARIAS				
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA				
TESIS: "EVALUACIÓN DEL COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD DEL RIEGO POR GOTEO EN LADERAS CON CINTA DE GOTEO EN TRES PARCELAS DEMOSTRATIVAS - LA LIBERTAD, 2024"				
PLANO: DISEÑO HIDRAULICO PARCELA 01				
FECHA:	ESCALA:	DATUM:	N° PLANO:	
ABRIL-2025	INDICADA	WGS 84 UTM - ZONA 17 S	DH-S1	
MARGEN:	DERECHA	DEPARTAMENTO:	PROVINCIA:	DISTRITO:
		LA LIBERTAD	JULCAN	CARABAMBA
ELABORADO POR: ANTHONY ANDERSON ALBERTO SANCA ROJAS				

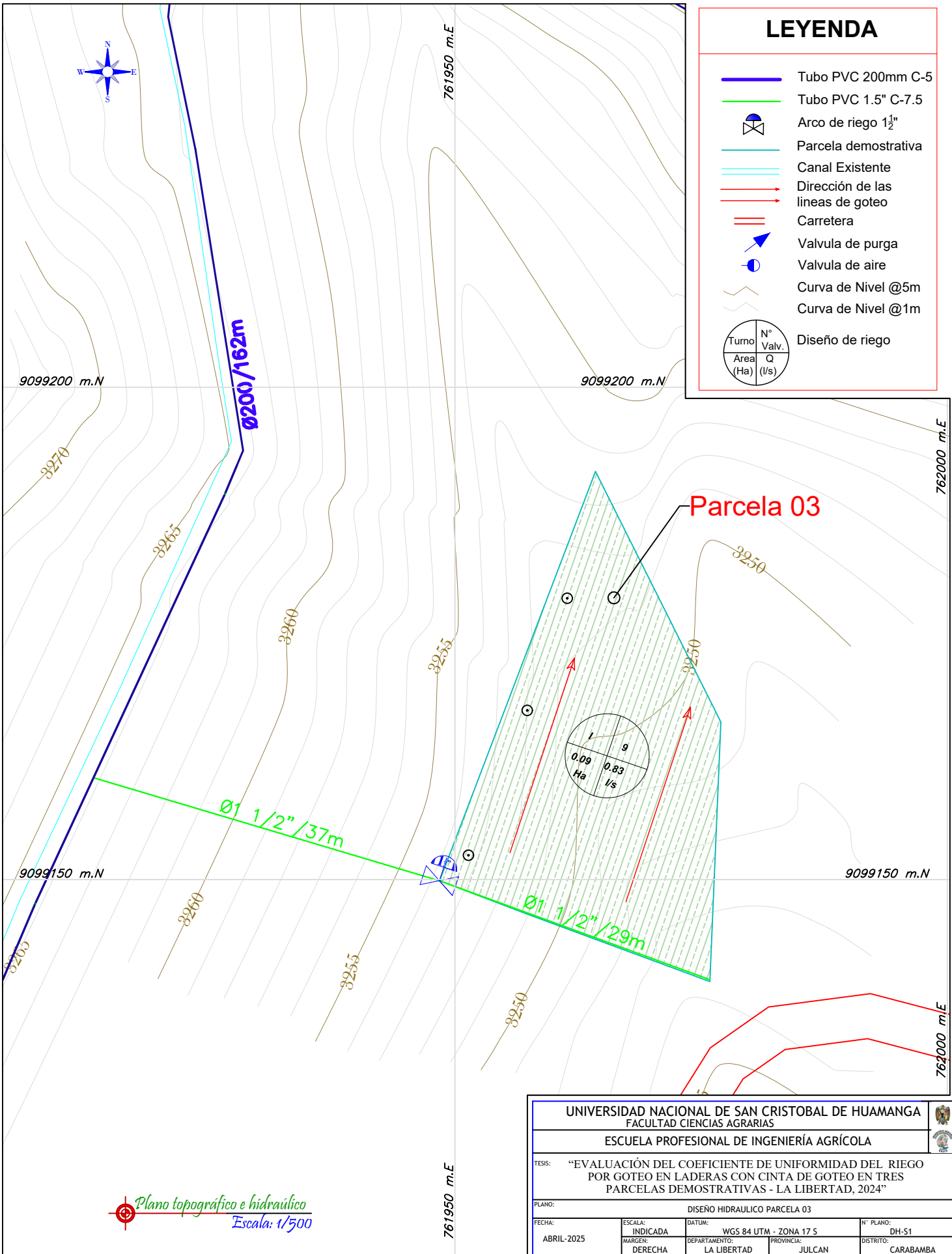


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA				
FACULTAD CIENCIAS AGRARIAS				
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA				
TESIS: "EVALUACIÓN DEL COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD DEL RIEGO POR GOTEO EN LADERAS CON CINTA DE GOTEO EN TRES PARCELAS DEMOSTRATIVAS - LA LIBERTAD, 2024"				
PLANO: DISEÑO HIDRAULICO PARCELA 02				
FECHA:	ESCALA:	DATUM:	N° PLANO:	
ABRIL-2025	INDICADA	WGS 84 UTM - ZONA 17 S	DH-S1	
MARGEN:	DEPARTAMENTO:	PROVINCIA:	DISTRITO:	
DERECHA	LA LIBERTAD	JULCAN	CARABAMBA	
ELABORADO POR: ANTHONY ANDERSON ALBERTO SANCA ROJAS				



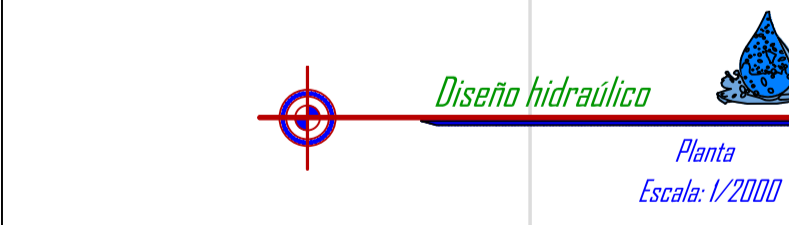
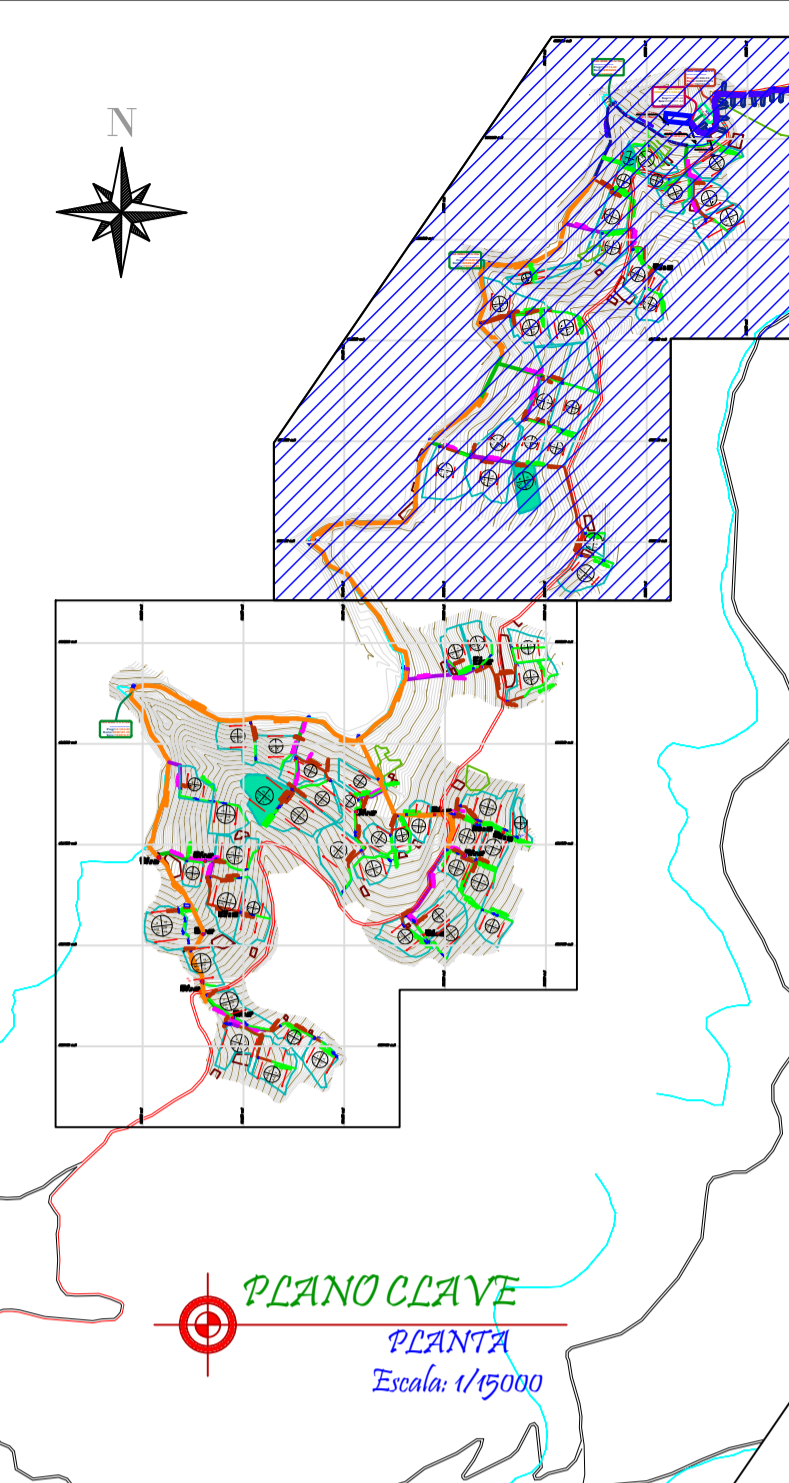
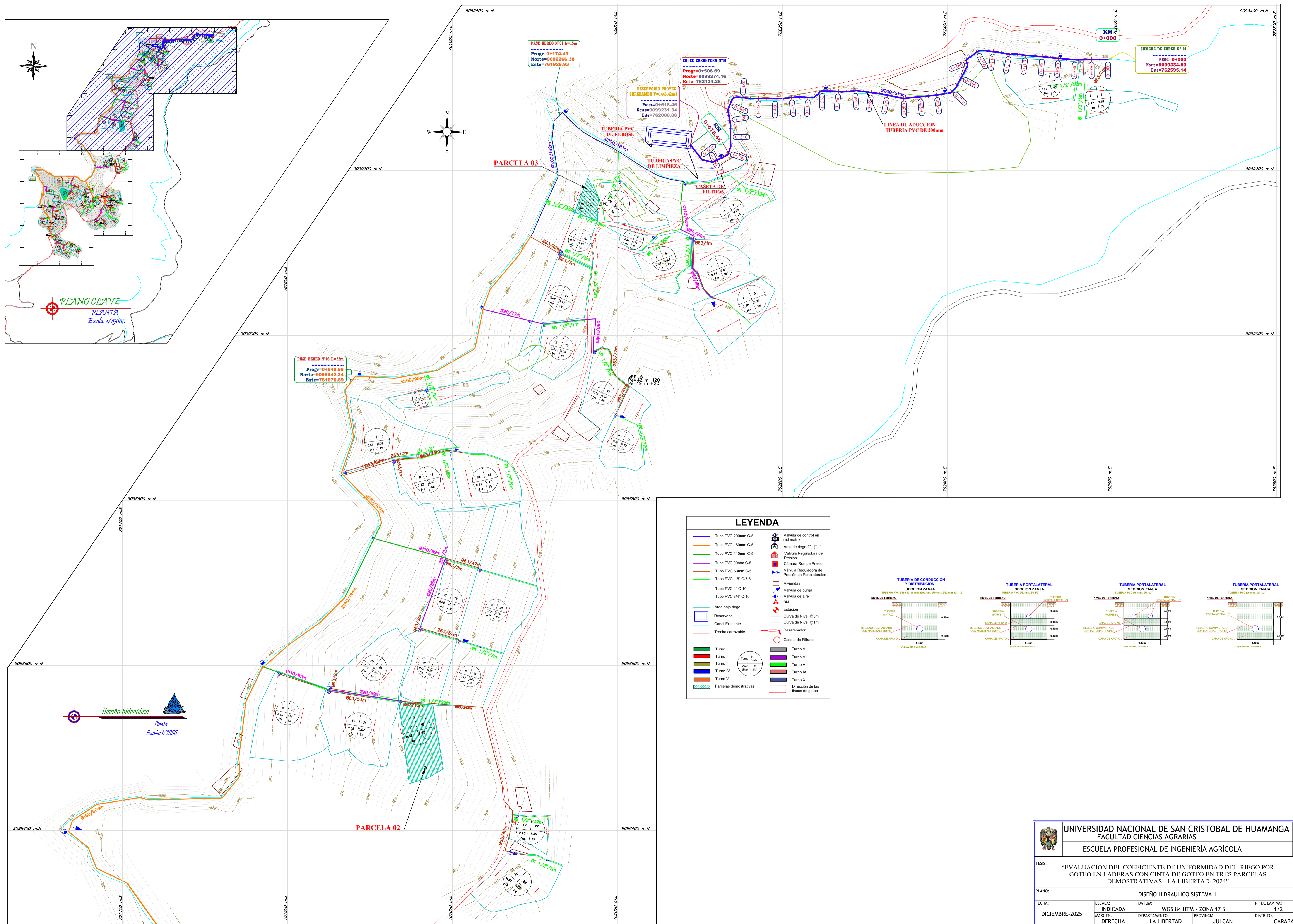
# LEYENDA

- Tubo PVC 200mm C-5
- Tubo PVC 1.5" C-7.5
- Arco de riego 1 1/2"
- Parcela demostrativa
- Canal Existente
- Dirección de las líneas de goteo
- Carretera
- Valvula de purga
- Valvula de aire
- Curva de Nivel @5m
- Curva de Nivel @1m
- Diseño de riego



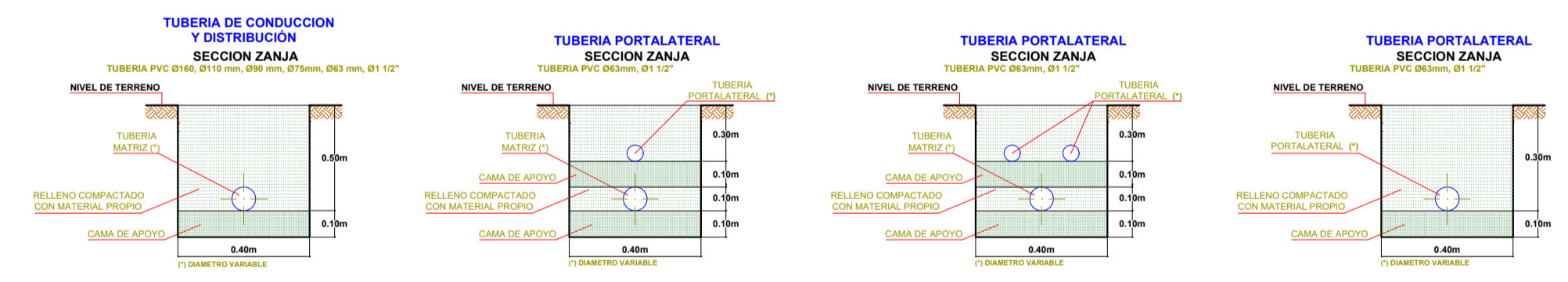
*Plano topográfico e hidráulico*  
Escala: 1/500

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA FACULTAD CIENCIAS AGRARIAS				
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA				
TESIS: "EVALUACIÓN DEL COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD DEL RIEGO POR GOTEO EN LADERAS CON CINTA DE GOTEO EN TRES PARCELAS DEMOSTRATIVAS - LA LIBERTAD, 2024"				
PLANO: DISEÑO HIDRAULICO PARCELA 03				
FECHA: ABRIL-2025	ESCALA: INDICADA	DATUM: WGS 84 UTM - ZONA 17 S	N° PLANO: DH-S1	
MARGEN: DERECHA	DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD	PROVINCIA: JULCAN	DISTRITO: CARABAMBA	
ELABORADO POR: ANTHONY ANDERSON ALBERTO SANCA ROJAS				

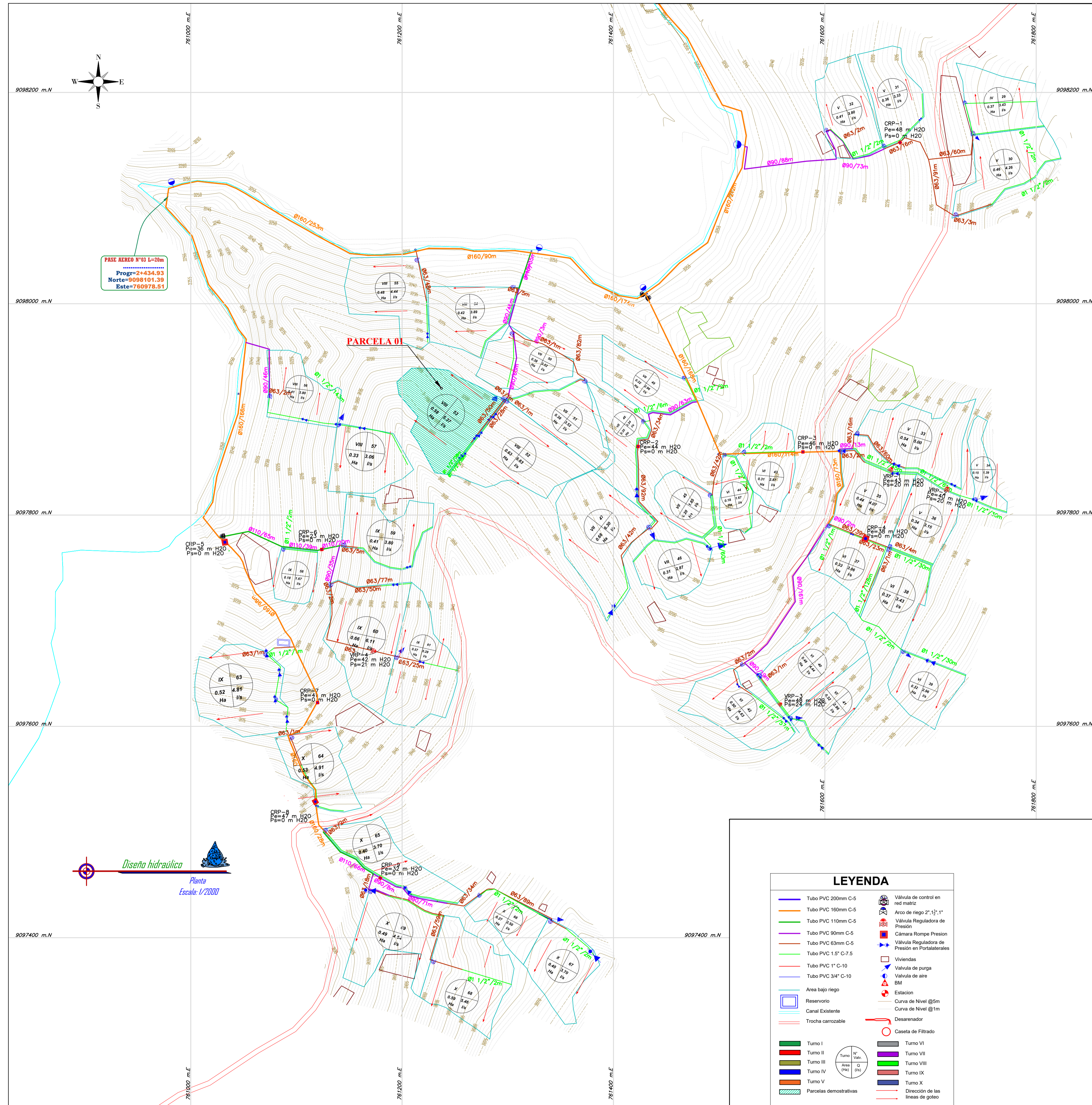


### LEYENDA

	Tubo PVC 200mm C-5		Valvula de control en red matriz
	Tubo PVC 160mm C-5		Arco de riego 2" 1/2" 1"
	Tubo PVC 110mm C-5		Valvula Reguladora de Presion
	Tubo PVC 90mm C-5		Cámara Rompe Presion
	Tubo PVC 63mm C-5		Valvula Reguladora de Presion en Portilaterales
	Tubo PVC 1" C-10		Viviendas
	Tubo PVC 3/4" C-10		Valvula de purga
	Area bajo riego		Valvula de aire
	Reservorio		Estacion BM
	Canal Existente		Curva de Nivel @5m
	Trocha carrozable		Desarmerador
	Turno I		Caseta de Filtrado
	Turno II		Turno VI
	Turno III		Turno VII
	Turno IV		Turno VIII
	Turno V		Turno IX
	Parcelas demostrativas		Turno X
			Dirección de las líneas de goteo



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA</b> FACULTAD CIENCIAS AGRARIAS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA			
TESIS: "EVALUACIÓN DEL COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD DEL RIEGO POR GOTEO EN LADERAS CON CINTA DE GOTEO EN TRES PARCELAS DEMOSTRATIVAS - LA LIBERTAD, 2024"			
PLANO: DISEÑO HIDRAULICO SISTEMA 1			
FECHA:	ESCALA:	DATUM:	N° DE LAMINA:
DICIEMBRE-2025	INDICADA	WGS 84 UTM - ZONA 17 S	1/2
ELABORADO POR:	MARGEN:	DEPARTAMENTO:	PROVINCIA:
ANTHONY ANDERSON ALBERTO SANCA ROJAS	DERECHA	LA LIBERTAD	JULCAN
			DISTRITO:
			CARABAMBA
			LAMINA:
			DH-01



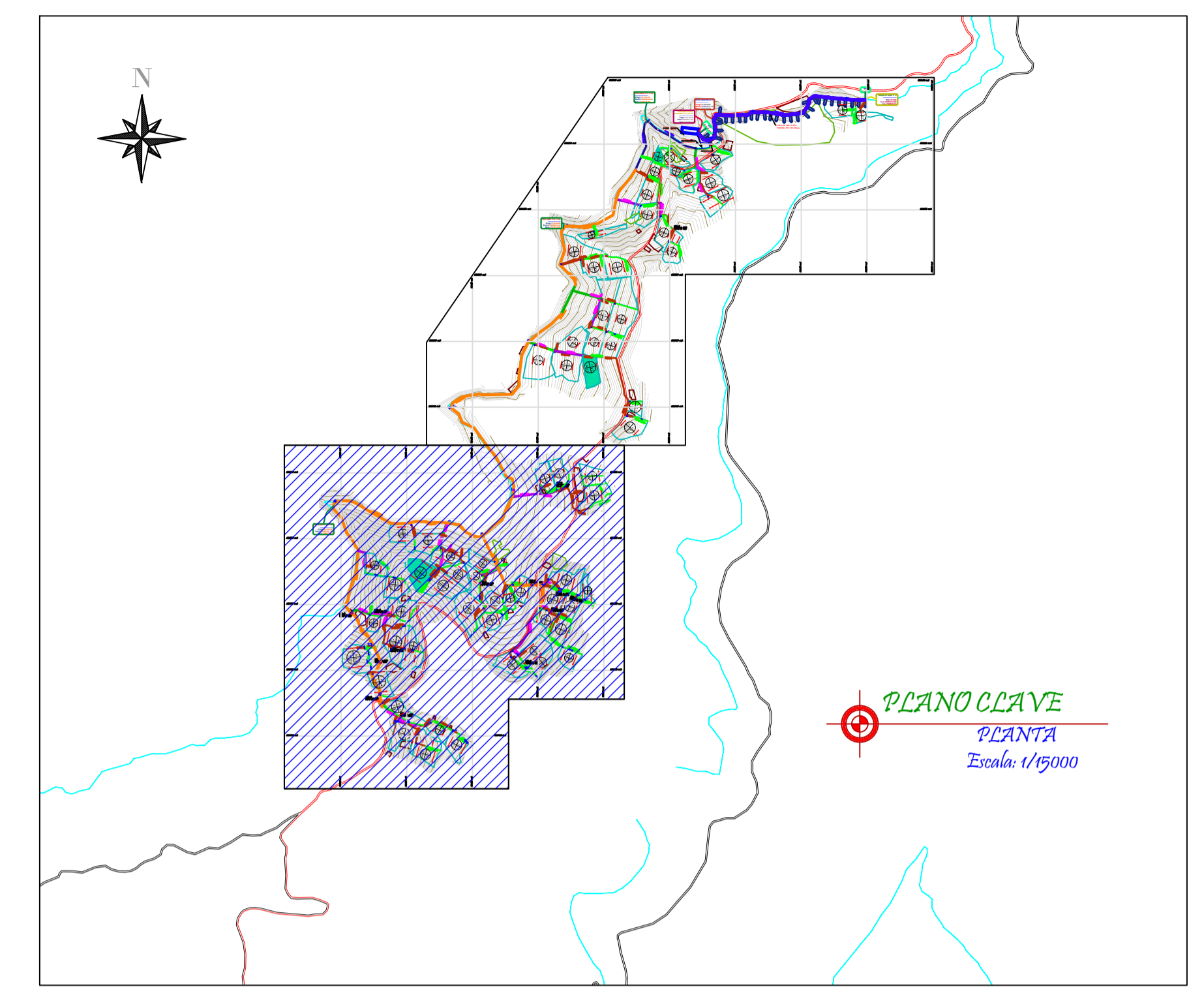
PASE AEREO N°03 L=20m  
 Progr=2+434.93  
 Norte=9098101.39  
 Este=760978.51

PARCELA 01

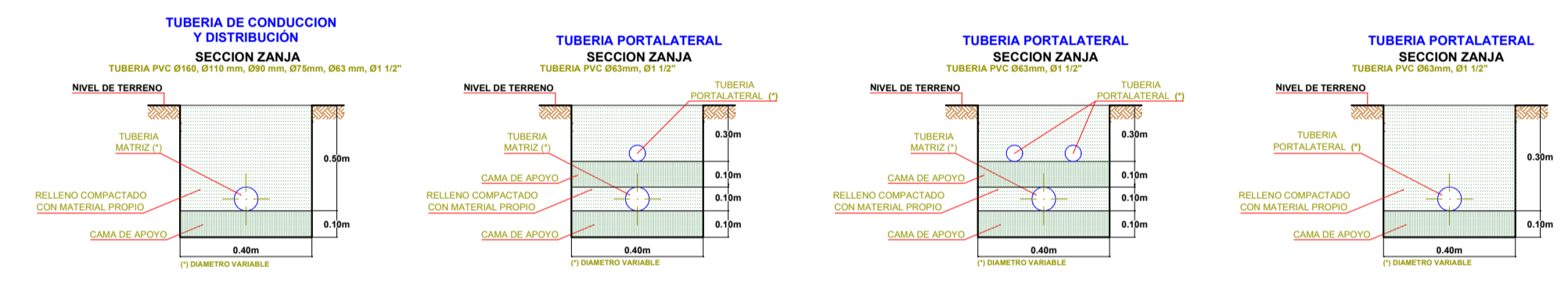
Diseño hidráulico  
 Planta  
 Escala: 1/2000

**LEYENDA**

	Tubo PVC 200mm C-5		Válvula de control en red matriz
	Tubo PVC 160mm C-5		Arco de riego 2" 1 1/2"
	Tubo PVC 110mm C-5		Válvula Reguladora de Presión
	Tubo PVC 90mm C-5		Camara Rompe Presión
	Tubo PVC 63mm C-5		Válvula Reguladora de Presión en Portales
	Tubo PVC 1.5" C-7.5		Viviendas
	Tubo PVC 1" C-10		Válvula de purga
	Tubo PVC 3/4" C-10		Válvula de aire
	Reservorio		Estación
	Canal Existente		Curva de Nivel @5m
	Trocha carrozable		Curva de Nivel @1m
	Turno I		Caseta de Filtrado
	Turno II		Turno VI
	Turno III		Turno VII
	Turno IV		Turno VIII
	Turno V		Turno IX
	Parcelas demostrativas		Turno X
			Dirección de las líneas de goteo



PLANO CLAVE  
 PLANTA  
 Escala: 1/15000



		<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA</b> FACULTAD CIENCIAS AGRARIAS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA	
TESIS: "EVALUACIÓN DEL COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD DEL RIEGO POR GOTEO EN LADERAS CON CINTA DE GOTEO EN TRES PARCELAS DEMOSTRATIVAS - LA LIBERTAD, 2024"			
PLANO: DISEÑO HIDRAULICO SISTEMA 1		N° DE LAMINA: 2/2	
FECHA: DICIEMBRE-2025	ESCALA: INDICADA	DATUM: WGS 84 UTM - ZONA 17 S	DISTRICTO: CARABAMBA
ELABORADO POR: ANTHONY ANDERSON ALBERTO SANCA ROJAS	MARGEN: DERECHA	DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD	PROVINCIA: JULCAN
			LAMINA: DH-02



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS  
Bach. ANTHONY ANDERSON ALBERTO SANCA ROJAS

R.D. N° 451-2025-UNSCH-FCA-D

En la ciudad de Ayacucho a los quince días del mes de diciembre del año dos mil veinticinco, siendo las dieciocho horas, se reunieron en el auditorio de la Facultad de Ciencias Agrarias, bajo la presidencia del Dr. Felipe Escobar Ramírez Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias; los miembros del jurado conformado por el Ing. Efraín Chuchón Prado, Dr. Richard Alex Oscco Peceros como asesor, Ing. Orlando Fidel Sulca Castilla y el Ing. Hoover Núñez Alfaro; actuando como secretario de actas el Mtro. Rodolfo Alca Mendoza, para recibir la sustentación de la Tesis titulado: "Evaluación del coeficiente de uniformidad del riego por goteo en laderas con cinta de goteo en tres parcelas demostrativas - La Libertad, 2024", para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agrícola, presentado por el Bachiller ANTHONY ANDERSON ALBERTO SANCA ROJAS.

El señor Decano previa verificación de los documentos exigidos solicitó se proceda con la sustentación y posterior defensa de la tesis en un periodo de cuarenta y cinco minutos de acuerdo al reglamento de grados y títulos vigente. Terminado la exposición, los miembros del Jurado, formularon sus preguntas, aclaraciones y/o observaciones correspondientes. Luego se invito a los miembros del jurado pasar a otra aula para la deliberacion y calificación del trabajo de tesis, teniendo el siguiente resultado:

Jurado evaluador	Exposición	Respuestas a las preguntas	Generación de conocimiento	Promedio
Ing. Efraín Chuchón Prado	15	16	16	16
Dr. Richard Alex Oscco Peceros	16	16	16	16
Ing. Orlando Fidel Sulca Castilla	16	15	14	15
Ing. Hoover Núñez Alfaro	16	14	15	15
<b>PROMEDIO GENERAL</b>				<b>16</b>

Acto seguido se invita a la sustentante y público en general para dar a conocer el resultado final. Firman el acta.

Ing. Efraín Chuchón Prado  
Presidente

Dr. Richard Alex Oscco Peceros  
Asesor

Ing. Orlando Fidel Sulca Castilla  
Jurado

Ing. Hoover Núñez Alfaro  
Jurado

Mtro. Rodolfo Alca Mendoza  
Secretario Docente



**UNSCH**

FACULTAD DE CIENCIAS  
**AGRARIAS**

## CONSTANCIA DE CONTROL DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

El que suscribe, miembro de la comisión de docentes instructores responsables de operativizar, verificar, garantizar y controlar la originalidad de los trabajos de **TESIS** de la Facultad de Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, autorizado por R.D N° 213-2025-UNSCH-FCA-D; hace constar que el trabajo titulado;

**“Evaluación del coeficiente de uniformidad del riego por goteo en laderas con cinta de goteo en tres parcelas demostrativas - La Libertad, 2024”**

Autor : Anthony Anderson Alberto SANCA ROJAS  
Asesor : Richard Alex OSCCO PECEROS

Ha sido sometido al control de originalidad mediante el software TURNITIN UNSCH, acorde al Reglamento de originalidad de trabajos de tesis, aprobando mediante de RCU 039-2021-UNSCH-CU, arrojando un resultado de catorce por ciento **(14%)** de índice de similitud, realizado con **depósito de trabajo estándar**.

En consecuencia, se otorga la presente Constancia de Originalidad para los fines pertinentes.

Nota: Se adjunta el resultado con identificador de la entrega: 2911461175

Ayacucho, 23 de marzo de 2026

.....  
**Angela J. Requis Quintanilla**

M.Sc. en Fitopatología  
E.P. Agronomía

Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga

# “Evaluación del coeficiente de uniformidad del riego por goteo en laderas con cinta de goteo en tres parcelas demostrativas - La Libertad, 2024”

*por* Anthony Anderson Alberto SANCA ROJAS

---

**Fecha de entrega:** 23-mar-2026 11:14p. m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2911461175

**Nombre del archivo:** TESIS\_ANTHONY\_SANCA\_ROJAS\_AGRICOLA.pdf (15.52M)

**Total de palabras:** 29008

**Total de caracteres:** 145218

# “Evaluación del coeficiente de uniformidad del riego por goteo en laderas con cinta de goteo en tres parcelas demostrativas - La Libertad, 2024”

## INFORME DE ORIGINALIDAD

14%

INDICE DE SIMILITUD

15%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="#">doku.pub</a> Fuente de Internet	2%
2	<a href="#">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	2%
3	<a href="#">tesis.ucsm.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="#">vsip.info</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="#">alicia.concytec.gob.pe</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="#">repositorio.unsaac.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="#">hal.archives-ouvertes.fr</a> Fuente de Internet	1%
8	<a href="#">repositorio.inta.gob.ar</a> Fuente de Internet	<1%

9	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga	<1 %
	Trabajo del estudiante	
10	repositorio.unp.edu.pe	<1 %
	Fuente de Internet	
11	www.ghizzoni.it	<1 %
	Fuente de Internet	
12	bdigital.ula.ve	<1 %
	Fuente de Internet	
13	www.coursehero.com	<1 %
	Fuente de Internet	
14	Submitted to Universidad Cesar Vallejo	<1 %
	Trabajo del estudiante	
15	www.scribd.com	<1 %
	Fuente de Internet	
16	repositorio.unsch.edu.pe	<1 %
	Fuente de Internet	
17	huajsapata.unap.edu.pe	<1 %
	Fuente de Internet	
18	dl.dropboxusercontent.com	<1 %
	Fuente de Internet	
19	dspace.unitru.edu.pe	<1 %
	Fuente de Internet	

baixardoc.com

20

Fuente de Internet

<1 %

21

[core.ac.uk](http://core.ac.uk)

Fuente de Internet

<1 %

22

[pt.scribd.com](http://pt.scribd.com)

Fuente de Internet

<1 %

23

[ribuni.uni.edu.ni](http://ribuni.uni.edu.ni)

Fuente de Internet

<1 %

24

[es.slideshare.net](http://es.slideshare.net)

Fuente de Internet

<1 %

25

[www.plataformaextension.cl](http://www.plataformaextension.cl)

Fuente de Internet

<1 %

26

J & E CONSULTORES GENERALES S.R.L.. "EIA-SD del Proyecto Instalación de la Línea de Transmisión en 60 kV Pongo de Caynarachi - Yurimaguas y Subestaciones-IGA0002612", R.D. N° 196-2017-MEM/DGAAE, 2020

Publicación

<1 %

27

[repositorio.unprg.edu.pe](http://repositorio.unprg.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

28

[www.repositorio.upla.edu.pe](http://www.repositorio.upla.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas Activo

Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 30 words

# **Evaluación del coeficiente de uniformidad del riego por goteo en laderas con cinta de goteo en tres parcelas demostrativas - La Libertad, 2024**

Anthony Anderson Alberto Sanca Rojas<sup>1</sup>

Richard Alex Oscco Peceros<sup>2</sup>

Área de investigación: Medio ambiente

Línea de Investigación: Riego y drenaje

[anthony.sanca.21@unsch.edu.pe](mailto:anthony.sanca.21@unsch.edu.pe)

[richard.oscco@unsch.edu.pe](mailto:richard.oscco@unsch.edu.pe)

## **RESUMEN**

La presente investigación experimental tuvo como objetivo principal evaluar la uniformidad de caudales y presiones en sistemas de riego por goteo instalados en laderas, utilizando cinta de goteo autocompensada en tres parcelas demostrativas, y comparando los resultados de campo con las especificaciones del fabricante en La Libertad, 2024. La metodología se realizó en los siguientes trayectos primero la planificación; recopilación de datos del sistema existente. Segundo trabajo de campo que incluyó levantamiento topográfico, por consiguiente, se realizaron mediciones del caudal en cada punto de muestreo durante un 1 minuto y presiones con un manómetro de 2.5 bares, seleccionando 16 emisores por parcela. El tercero, trabajo en gabinete se empleó la metodología de Merriam y Keller (1978) para calcular coeficientes de uniformidad de caudales (CUc) y presiones (CUp), estadísticos descriptivos e intervalo de confianza del 95%. Los emisores con caudal nominal de 1 L/h mostraron CUc superior al 90% en todas las parcelas, indicando uniformidad excelente. El coeficiente de variación fue inferior a 0.1 en dos parcelas (excelente) y 0.1 en la tercera (muy bueno). La media del caudal obtenida se encuentra dentro de las especificaciones técnicas con 95% de confianza. El CUp superó 90% en todas las parcelas. Se concluyó que existe excelente uniformidad de caudales en dos parcelas y muy buena en la tercera, mientras que la uniformidad de presiones fue excelente en todas según criterios de Merriam y Keller, atribuible al exponente x de las cintas autocompensadas que mantienen rendimiento óptimo en condiciones de ladera.

**Palabras clave:** Riego por goteo, uniformidad de caudales, uniformidad de presiones, cinta autocompensada, coeficiente de uniformidad.

# Evaluation of the uniformity coefficient of drip irrigation on slopes with drip tape in three demonstration plots - La Libertad, 2024

Anthony Anderson Alberto Sanca Rojas<sup>1</sup>  
Richard Alex Oscco Peceros<sup>2</sup>  
Research area: Environment  
Research line: Irrigation and drainage  
[anthony.sanca.21@unsch.edu.pe](mailto:anthony.sanca.21@unsch.edu.pe)  
[richard.oscco@unsch.edu.pe](mailto:richard.oscco@unsch.edu.pe)

## ABSTRACT

The main objective of this experimental investigation was to evaluate the uniformity of flows and pressures in drip irrigation systems installed on slopes, using self-compensating drip tape in three demonstration plots, and comparing the field results with the manufacturer's specifications in La Libertad, 2024. The methodology was carried out in the following routes, first the planning; data collection from existing system. Second field work that included topographic survey, therefore, flow measurements were made at each sampling point for 1 minute and pressures with a 2.5 bar manometer, selecting 16 emitters per plot. The third, office work, was used the methodology of Merriam and Keller (1978) to calculate coefficients of uniformity of flows (CUc) and pressures (CUp), descriptive statistics and 95% confidence interval. Emitters with a nominal flow rate of 1 L/h showed CUc greater than 90% in all plots, indicating excellent uniformity. The coefficient of variation was less than 0.1 in two plots (excellent) and 0.1 in the third (very good). The average flow rate obtained is within the technical specifications with 95% confidence. The CUp exceeded 90% in all plots. It was concluded that there is excellent flow uniformity in two plots and very good in the third, while pressure uniformity was excellent in all according to Merriam and Keller criteria, attributable to the x exponent of the self-compensating tapes that maintain optimal performance in hillside conditions.

**Keywords:** Drip irrigation, flow uniformity, pressure uniformity, self-compensating tape, uniformity coefficient.

## I. INTRODUCCIÓN

El riego por goteo moderno fue desarrollado en Israel en 1959 gracias a las innovaciones de Simcha Blass y la empresa Netafim, representa uno de los avances más importantes en la historia de la agricultura. Este sistema se convirtió en una solución revolucionaria para mejorar la eficiencia del uso del agua en la agricultura, especialmente en regiones áridas o semiáridas donde los recursos hídricos son escasos, (Netafim, s.f.).

El agua, como recurso natural, ha sido objeto de estudio durante décadas, abordando problemáticas relacionadas con su calidad y disponibilidad, lo que incide directamente en su eficiencia en el sector agrícola. En este contexto, resulta fundamental desarrollar estrategias que permitan satisfacer la creciente demanda alimentaria. La prioridad radica en diseñar sistemas que contribuyan a mejorar la eficiencia del uso del agua en la agricultura, (Pérez et al., 2019).

Diversos estudios han evidenciado una relación positiva entre la inversión en sistemas de riego y el crecimiento económico del sector agrícola. Se ha determinado que un mayor nivel de inversión en riego ha impulsado un incremento significativo en el PBI agrario, con una correlación inversión/producto del 0,21%. Sin embargo, esta tendencia podría verse afectada por el impacto del cambio climático, lo que resalta la necesidad de adoptar medidas urgentes para prevenir una crisis hídrica provocada por sequías, que pondría en riesgo la producción agrícola (Ruiton et al., 2022).

El estudio se llevó a cabo en la Sierra del departamento de La Libertad con una topografía irregular, caracterizada por presentar pendientes pronunciadas y condiciones climáticas propias de la región. Se analizarán variables como la presión, el caudal y el volumen de agua aplicado en diferentes puntos a lo largo de las líneas de goteo, con el fin de determinar el coeficiente de uniformidad y proponer, en caso de ser necesario, estrategias de mejora para optimizar el desempeño del sistema de riego. El coeficiente de uniformidad es un indicador que refleja la homogeneidad de la distribución del agua a lo largo de las líneas de goteo, lo cual impacta directamente en la eficiencia del sistema de riego y en el desarrollo de los cultivos.

### **Objetivo general**

Evaluar la uniformidad de caudales y presiones en sistemas de riego por goteo instalados en laderas, utilizando cinta de goteo en tres parcelas demostrativas, y comparar los resultados

obtenidos en campo con los parámetros de diseño especificados por el fabricante - La Libertad, 2024.

### **Objetivos específicos**

1. Calcular el Coeficiente de Uniformidad de Caudales en el sistema de riego por goteo en laderas, mediante el uso de cinta de goteo, en tres parcelas demostrativas, utilizando una metodología estandarizada - La libertad, 2024.
2. Determinar en Coeficiente de Uniformidad de Presiones en el sistema de riego por goteo en laderas, mediante el uso de cinta de goteo, en tres parcelas demostrativas, utilizando una metodología estandarizada - La libertad, 2024.
3. Comparar los caudales obtenida en campo con la especificada en el diseño, según los parámetros del fabricante, en sistemas de riego por goteo en laderas, utilizando cinta de goteo en tres parcelas demostrativas - La Libertad, 2024.

## **II. METODOLOGÍA**

### **2.1. Descripción de la zona de estudio**

La investigación se llevó a cabo en el departamento de La Libertad en la provincia de Julcán del distrito de Carabamba específicamente en el sector de Santa Cruz, con una altitud de 3275 msnm, localizado en las coordenadas geográficas 8°8'31.50" Latitud Sur y 78°37'18.12" Longitud Oeste del meridiano de Greenwich.

### **2.2. Materiales y equipos**

#### **2.2.1. Materiales**

- Imágenes satelitales de SASPlanet
- Plano Topográfico del área de estudio
- Planos del sistema de riego
- Nube de puntos
- Manómetros calibrados
- Probeta
- Cintillos
- Libros, manuales, y tesis
- Libreta de apuntes
- Wincha 50 m
- Cronometro

#### **2.2.2. Equipos**

- Estación total Topcom Serie GM
- Cámara fotográfica
- Laptop
- Calculadora

#### **2.2.3. Softwares tecnológicos**

- Google Earth Pro
- Civil 3D 2025

- ArcGIS Pro

- Microsoft Office

### 2.3. Metodología

La metodología se definió como el conjunto de procedimientos técnicos y sistemáticos que permitieron planificar, ejecutar y analizar las actividades necesarias para alcanzar los objetivos planteados. Dicho proceso metodológico se desarrolló de manera ordenada y secuencial, estructurándose en tres fases.

#### 2.3.1. Fase preparatoria

Se procedió con la revisión de la documentación técnica, planos hidráulicos y topográficos del proyecto implementado por el Programa Subsectorial de Irrigaciones (PSI) en el sector Santa Cruz (La Libertad). El sistema evaluado consiste en una red de riego por goteo diseñado para la optimización del recurso hídrico mediante turnos programados.

Para el estudio, se emplearon laterales de la marca Netafim (modelo 16150, Clase 15 mil), caracterizados por poseer goteros integrales compactos y autocompensantes. El análisis de uniformidad de caudales y presiones se basó en el muestreo directo de estos emisores, cuyas especificaciones técnicas se detallan en la Tabla 1.

**Tabla 1**

*Datos técnicos del emisor*

Características del emisor	
Marca	Netafim
Modelo	16150
Diámetro interno(mm)	16.20
Espesor de pared (mm)	0.38
Diámetro externo (mm)	16.96
Rango de presión de trabajo (Bar)	0.4-3.0
Presión máxima de trabajo (Bar)	2.20
Separación entre goteros(m)	0.3
Exponente de descarga	0.00
Caudal nominal (L/h)	1.00

#### 2.3.2. Fase de campo

Para La recolección de datos primarios se estructuró en dos ejes: la validación topográfica y la evaluación del desempeño hidráulico *in situ*.

### a) Levantamiento topográfico detallado

Se ejecutó un levantamiento topográfico de precisión para actualizar la caracterización del relieve, considerando que el sistema ya se encontraba en operación. Este proceso permitió documentar pendientes y variaciones altimétricas críticas para correlacionar la topografía con la uniformidad del riego en terrenos de ladera.

### b) Evaluación de la uniformidad de la subunidad de riego

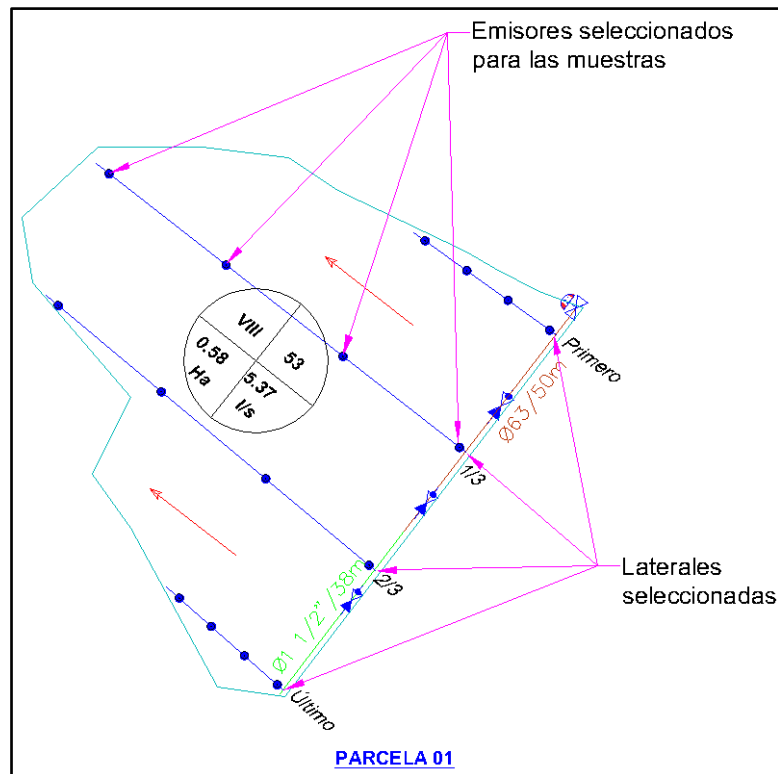
La evaluación de la uniformidad de la subunidad de riego se realizó mediante dos indicadores hidráulicos: el coeficiente de uniformidad de caudales (CUc) y el coeficiente de uniformidad por presiones (CUp). Previamente, se efectuó la calibración de válvulas o arcos de riego utilizando un manómetro con rango de medición de hasta 2.5 bar (250 kPa), adecuado para sistemas de riego por goteo.

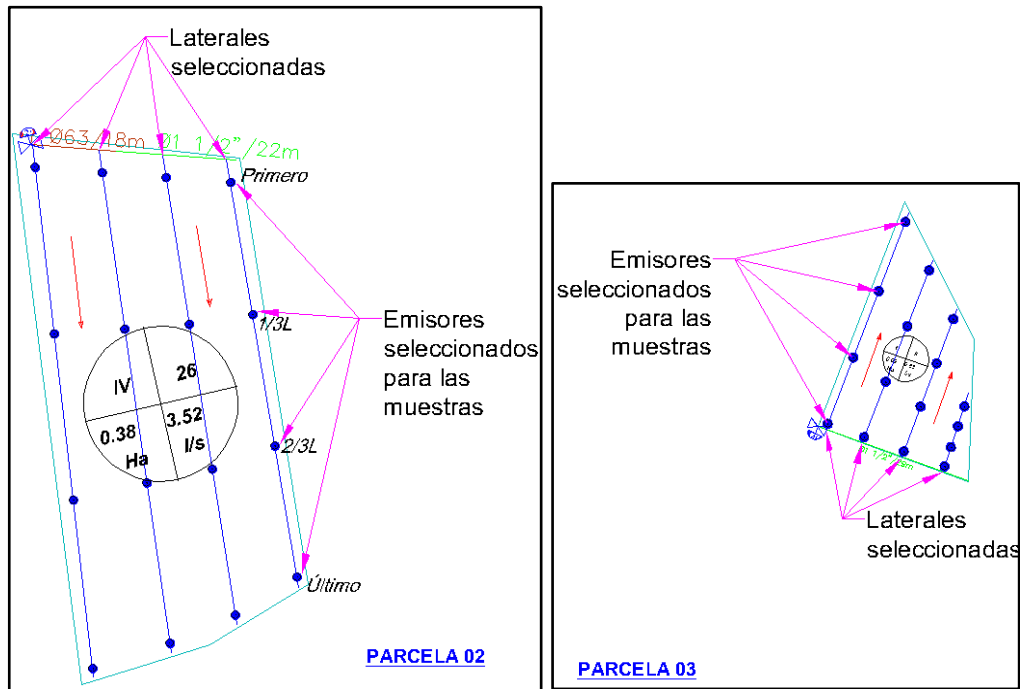
### c) Determinación del coeficiente de uniformidad de caudales (CUc)

Para el cálculo del CUc se seleccionaron 16 emisores representativos distribuidos en la subunidad de riego, siguiendo la metodología propuesta por **Merriam y Keller (1978)**. Se consideraron los laterales más cercanos, intermedios y más alejados de la tubería terciaria; en cada lateral se evaluaron cuatro emisores ubicados al inicio, a 1/3, a 2/3 y al final del lateral ver Figura 01.

**Figura 1**

*Parcelas a estudio y los emisores seleccionados para obtención de muestras*





El caudal de cada emisor se determinó mediante la medición del volumen de agua recolectado durante un minuto utilizando una probeta graduada. Los valores obtenidos fueron registrados en la Tabla 2 para el cálculo del coeficiente de uniformidad de caudales.

**Tabla 2**

*Formato para de llenado de datos obtenidos en campo, para elaborar CUC*

	<b>Primer emisor</b>	<b>Emisor 1/3</b>	<b>Emisor 2/3</b>	<b>Último emisor</b>
<b>Posición de la lateral</b>	<b>(L/h)</b>	<b>(L/h)</b>	<b>(L/h)</b>	<b>(L/h)</b>
<b>Primer lateral</b>	.....	.....	.....	.....
<b>Lateral 1/3</b>	.....	.....	.....	.....
<b>Lateral 2/3</b>	.....	.....	.....	.....
<b>Último lateral</b>	.....	.....	.....	.....

#### **d) Determinación del coeficiente de uniformidad de presiones (CUp)**

El coeficiente de uniformidad por presiones se evaluó utilizando los mismos emisores seleccionados para el análisis de caudales. Las mediciones se realizaron con un manómetro instalado en los puntos representativos de los laterales (inicio, intermedio y final). Los valores registrados fueron organizados en la Tabla 3 para su posterior análisis.

**Tabla 3**

*Formato para de llenado de datos obtenidos en campo, para elaborar CUp*

	<b>Primer emisor</b>	<b>Emisor 1/3</b>	<b>Emisor 2/3</b>	<b>Último emisor</b>
<b>Posición de la lateral</b>	<b>(bar)</b>	<b>(bar)</b>	<b>(bar)</b>	<b>(bar)</b>
<b>Primer lateral</b>	.....	.....	.....	.....
<b>Lateral 1/3</b>	.....	.....	.....	.....
<b>Lateral 2/3</b>	.....	.....	.....	.....
<b>Último lateral</b>	.....	.....	.....	.....

### ***2.3.3. Fase de análisis en gabinete***

#### **a) Procesamiento del levantamiento topográfico**

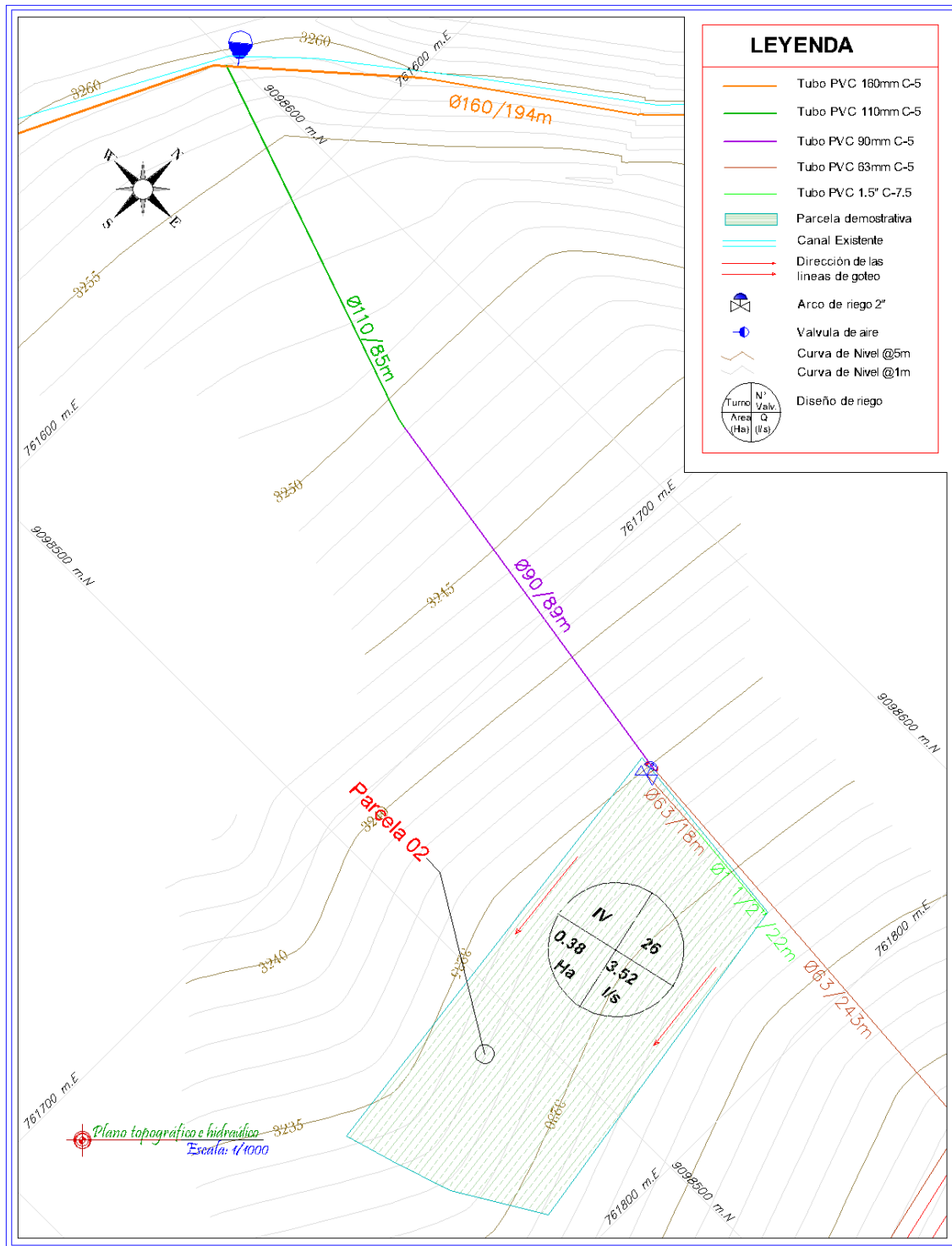
Los datos obtenidos en el levantamiento topográfico fueron procesados en el software Autodesk Civil 3D. Inicialmente se importaron los puntos topográficos verificando la correcta asignación de coordenadas. Posteriormente, los datos fueron depurados para eliminar posibles errores o inconsistencias. Con la información validada se generó una superficie TIN, a partir de la cual se elaboraron las curvas de nivel con los intervalos definidos para el estudio.

El procesamiento permitió identificar dos aspectos fundamentales: la morfología natural del área representada mediante curvas de nivel, y la disposición espacial de las parcelas de interés. Las elevaciones y depresiones del terreno quedaron claramente definidas, contextualizando el área de trabajo dentro del entorno natural existente, tal como se muestra en las Figuras 30, 31 y 32.



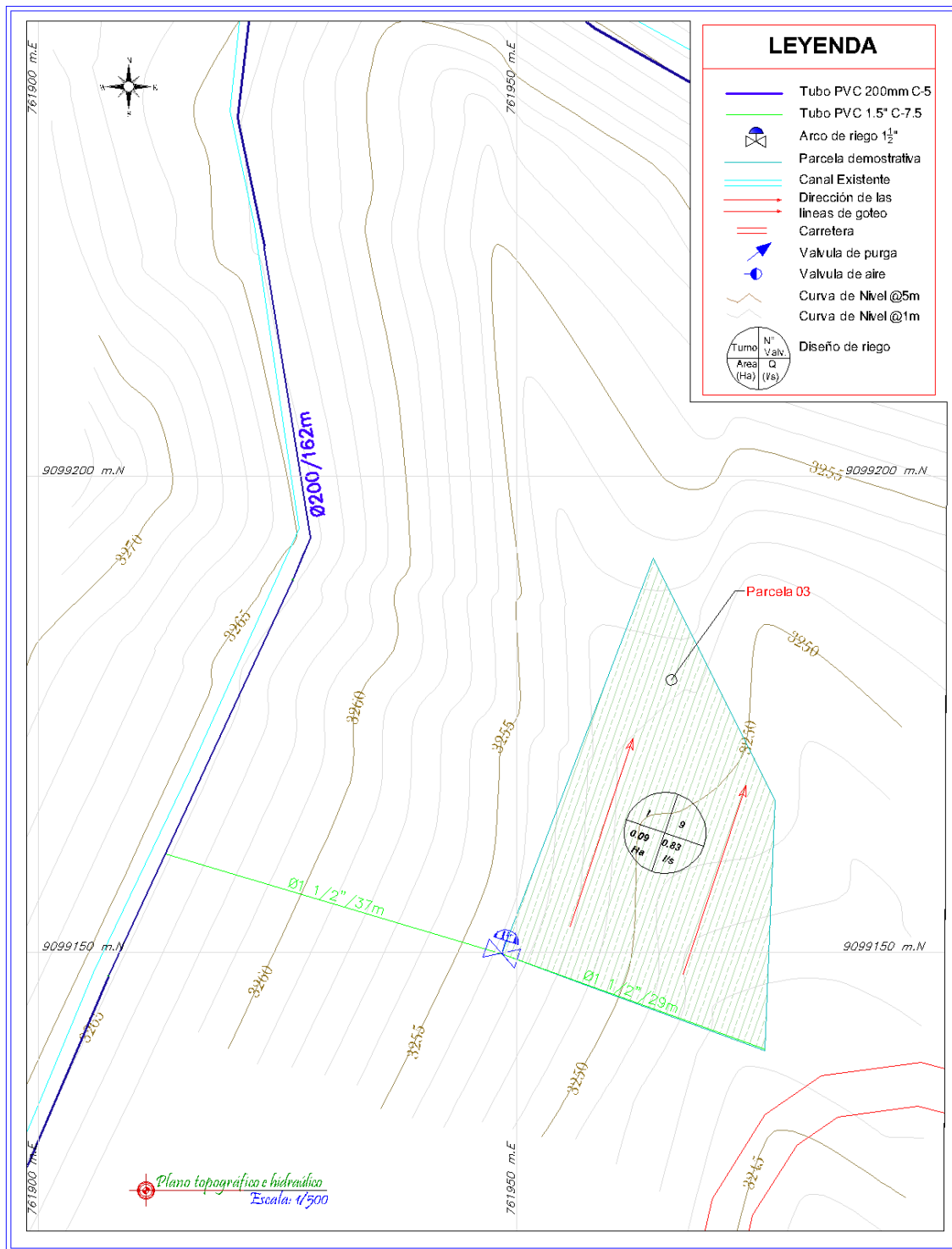
**Figura 3**

Plano detallado con curvas de nivel y la disposición de la parcela 02 de estudio



**Figura 4**

Plano detallado con curvas de nivel y la disposición de la parcela 03 de estudio



**b) Evaluación del coeficiente de uniformidad de caudales (CUC)**

Con los datos registrados en campo se calculó el coeficiente de uniformidad de caudales siguiendo el procedimiento propuesto por **Merriam y Keller (1978)**. Primero se determinó

la media de los caudales correspondientes al 25% de los emisores con menor descarga (q25%). Posteriormente se calculó la media de los caudales de todos los emisores evaluados (qm). Finalmente, el coeficiente de uniformidad de caudales se obtuvo mediante la relación entre ambos valores (Ecuación 1).

$$CUC = \frac{q_{25\%}}{\bar{q}} * 100 \dots \dots \dots (1)$$

**Donde:**

- CUC: Coeficiente de uniformidad del caudal (%)
- q25%: caudal promedio de la cuarta parte de más bajo caudal de emisor (L/h)
- $\bar{q}$ : caudal promedio de todos los emisores medidos (L/h)

**Tabla 4**

*Clasificación de indicadores de desempeño en riego por goteo*

Clasificación	CU (%)
Excelente	>90
Bueno	80-90
Regular	70-80
Pobre	60-70
Inaceptable	<60

*Nota: (Merriam & Keller, 1978)*

**c) Evaluación del coeficiente de uniformidad de presiones (CUp)**

El coeficiente de uniformidad por presiones se determinó siguiendo el mismo criterio metodológico propuesto por **Merriam y Keller (1978)**. Se calculó la media de las presiones correspondientes al 25% de los emisores con menor presión (p25%) y posteriormente la media de todas las presiones registradas (pm). A partir de estos valores se obtuvo el coeficiente de uniformidad por presiones mediante la ecuación correspondiente (Ecuación 2).

$$CUp = 100 * \left( \frac{P_{25\%}}{\bar{P}} \right)^x \dots \dots \dots (2)$$

**Donde:**

- CUp: Coeficiente de Uniformidad de Presiones (%)
- P25%: Promedio aritmético de la cuarta parte de los emisores con el valor más bajo de presión (bar)
- $\bar{P}$ : Presión promedio de todos los emisores medidos (bar)

## 2.4. Análisis estadístico

El análisis estadístico de los datos hidráulicos se desarrolló mediante el empleo de estadísticas descriptivas, tales como la media, la desviación estándar y el coeficiente de variación, las cuales permitieron evaluar la variabilidad y el comportamiento del caudal aplicado en el sistema de riego. Asimismo, se aplicaron estadísticas inferenciales con el fin de comparar el desempeño hidráulico de las tres parcelas evaluadas, utilizando el análisis de varianza (ANOVA). Cuando el ANOVA evidenció diferencias estadísticamente significativas, se realizaron pruebas post hoc, como la prueba de Tukey, para identificar las parcelas con diferencias en el caudal aplicado. Adicionalmente, se estimó el intervalo de confianza al 95 % para la media del caudal, definido como el rango dentro del cual se encuentra, con una probabilidad del 95 %, el valor real de la media poblacional del sistema de riego.

$$IC = \left( \bar{X} - t_{\alpha/2} * \frac{S}{\sqrt{n}}, \bar{X} + t_{\alpha/2} * \frac{S}{\sqrt{n}} \right) \dots\dots\dots(3)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (q_i - \bar{q})^2}{n}} \dots\dots\dots(4)$$

**Donde:**

$\bar{X}$ : es la media de la muestra

$t_{\alpha/2}$ : valor de la distribución t de Student de n-1 grados de libertad con probabilidad de  $\alpha/2$ .

S: es la desviación típica de la muestra.

n: es el tamaño de la muestra

q: caudal del emisor

$\bar{q}$ : Caudal medio

## III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1. Del análisis del coeficiente de uniformidad de caudales (CUC)

En esta sección se presentan los resultados obtenidos de la evaluación de tres parcelas demostrativas con riego por goteo, cultivadas con arveja y papa. Las parcelas, ubicadas en la zona de estudio, permitieron una mejor comprensión de la topografía del terreno. Las variaciones en la elevación y las depresiones del terreno fueron claramente definidas mediante un estudio topográfico, cuyos datos fueron procesados con el software Civil 3D.

Este análisis fue fundamental para evaluar uniformidad en la distribución del agua. En esta sección se realizó las características de las subunidades a estudiar, como también se recogió los datos aforados de caudales obtenidos en campo de la parcela de las diferentes parcelas demostrativas.

### **Parcela demostrativa 01 (pendiente 60.81%)**

A partir de las mediciones realizadas en campo sobre los caudales de descarga, se ha calculado el Coeficiente de Uniformidad de Caudales (CUC) para el sistema de riego por goteo que utiliza cinta de la marca NETAFIM con tecnología autocompensada. A Partir de estos cálculos se obtiene resultados siguientes.

**Tabla 5**

*Datos aforados de caudales obtenidos en campo de la parcela 01*

<b>Posición de la lateral</b>	<b>Primer emisor L/h</b>	<b>Emisor 1/3 L/h</b>	<b>Emisor 2/3 L/h</b>	<b>Último emisor L/h</b>
<b>Primer lateral</b>	1.02	0.98	0.91	0.96
<b>Lateral 1/3</b>	0.96	0.90	0.99	1.02
<b>Lateral 2/3</b>	1.07	0.96	0.99	1.00
<b>Último lateral</b>	1.08	1.05	0.95	0.93

El coeficiente de uniformidad de caudales (CUC) se obtuvo utilizando la siguiente ecuación. (Merriam & Keller, 1978)

$$CUC = \frac{q_{25\%}}{\bar{q}} * 100$$

$$CUC = \frac{0.99}{0.92} * 100$$

$$CUC = 93.60\%$$

Según el resultado obtenido el funcionamiento es excelente.

$$CV = \left( \frac{S}{\bar{X}} \right)$$

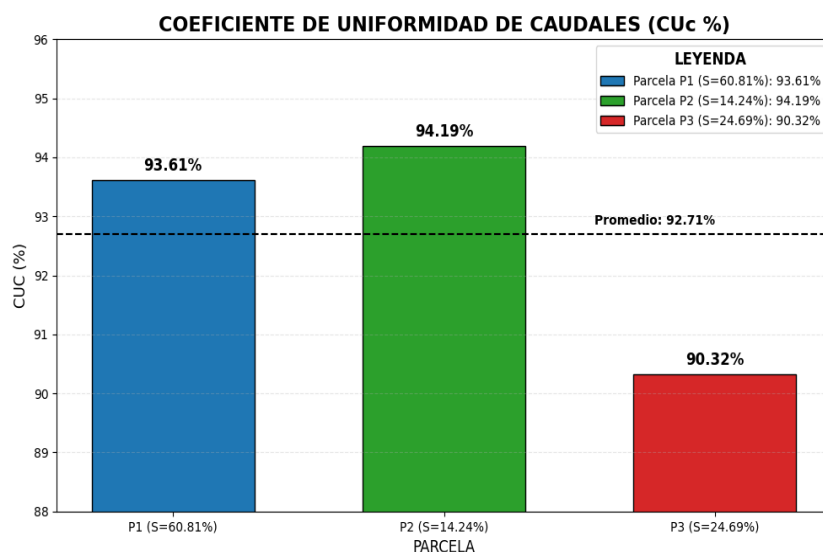
$$CV = \left( \frac{0.0516}{0.9846} \right)$$

$$CV = 0.05$$

El coeficiente de variación cuyo resultado nos muestra un valor bajo indicando una menor dispersión de los caudales y, por lo tanto, una mejor uniformidad en la distribución del agua a través de los emisores. Resultando excelente.

**Figura 5**

*Coefficiente de uniformidad de caudales (CUC) en las tres parcelas demostrativas*



La representación gráfica en el histograma de la figura 5, muestran las variaciones del coeficiente de uniformidad de caudales en las parcelas demostrativas 01, 02 y 03 un 93.61%, 94.19% y 90.32%, respectivamente, evidenciando la capacidad superior del sistema para mantener una distribución homogénea del agua a través del terreno, resistiendo a las variaciones que puedan producirse en la presión del sistema. Esta característica de estabilidad en el flujo resulta esencial para garantizar la eficiencia del riego y optimizar el aprovechamiento de los recursos hídricos en las condiciones variables del campo.

### 3.2. Del análisis del coeficiente de uniformidad de presiones (CUp)

#### Parcela demostrativa 01 (pendiente 60.81%)

En la tabla 6, se muestran datos de presiones obtenidos en los laterales, con estas muestras tomadas en campo se determinó el Coeficiente de Uniformidad de Presiones (CUp) de la cinta de riego marca NETAFIM autocompensado.

**Tabla 6**

*Datos de presiones obtenidos en campo de la recopilación 01*

Posición de la lateral	Primer emisor (bar)	Emisor 1/3 (bar)	Emisor 2/3 (bar)	Último emisor (bar)
Primer lateral	0.80	0.70	0.68	0.60
Lateral 1/3	1.50	1.51	1.48	1.40
Lateral 2/3	2.10	2.01	1.84	1.80
Último lateral	2.50	2.49	2.44	2.45

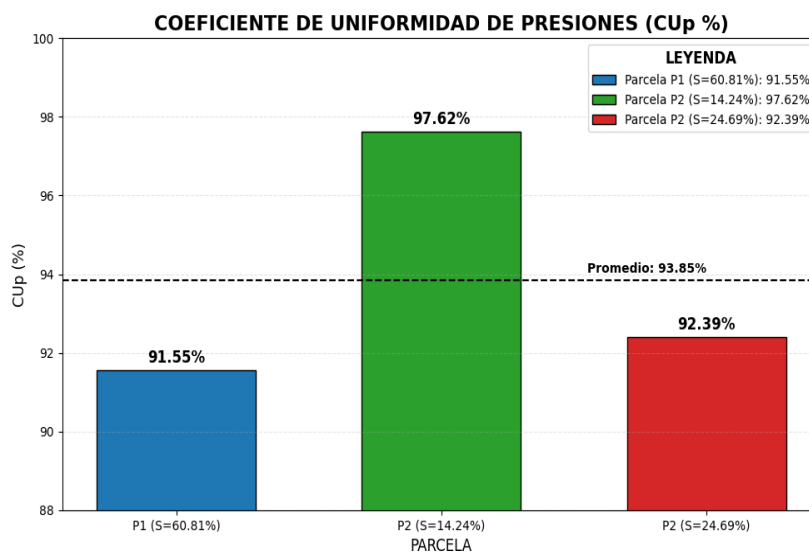
El coeficiente de uniformidad de presiones (CUp) se obtuvo utilizando la siguiente ecuación.

$$CUp = 100 * \left(\frac{q_{25\%}}{\bar{q}}\right)^x \quad CUp = 100 * \left(\frac{0.70}{1.64}\right)^{0.1} \quad CUp = 93.14\%$$

El resultado obtenido viene hacer 93.14% lo cual indica según la tabla 6, (Merrian y Keller, 1978) el funcionamiento es excelente. El exponente x, una variable de descarga característica del emisor según Pizarro (1996), indica que el emisor es autocompensado, juega un papel crucial en este comportamiento. Este tipo de material garantiza que el caudal no sufra alteraciones, independientemente de las variaciones de presión.

**Figura 6**

*Coefficiente de uniformidad de presiones (CUp) en las tres parcelas demostrativas*



La representación gráfica en el histograma de la figura 6 revela una uniformidad particularmente más destacada en la parcela 02 en un 97.62% y la parcela demostrativa 01 y 03 un 91.55% y 92.39 respectivamente, evidenciando la capacidad superior del sistema para mantener una distribución homogénea del agua a través del terreno, resistiendo a las variaciones que puedan producirse en la presión del sistema. Esta característica de estabilidad en el flujo resulta esencial para garantizar la eficiencia del riego y optimizar el aprovechamiento de los recursos hídricos en las condiciones variables del campo.

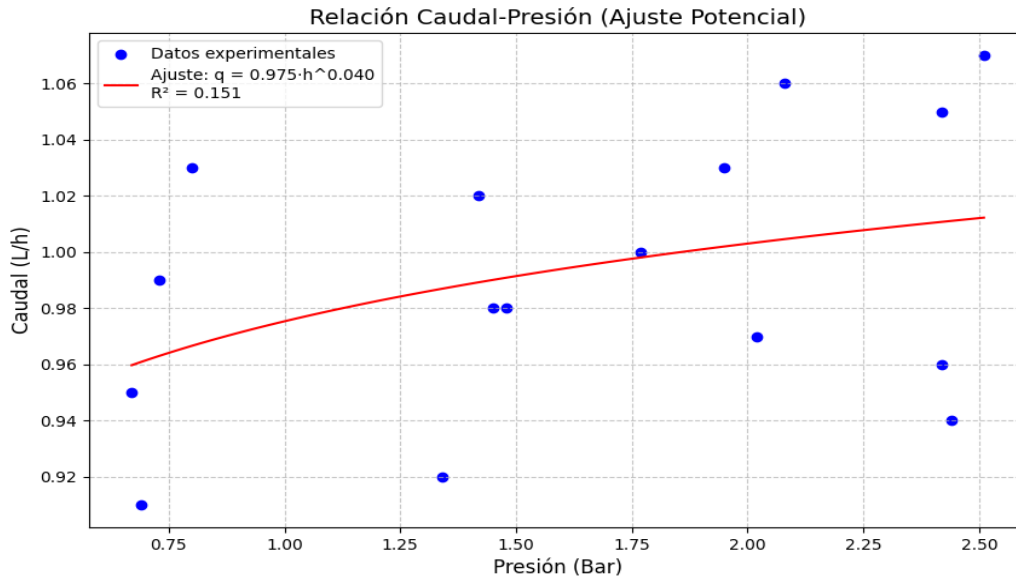
### 3.3. Análisis de la ecuación y curva característica de los emisores

La figura 7, muestra la relación caudal presión y el ajuste potencial de la curva característica de los emisores, nos muestra como varía el caudal en función de la presión, equivalente a decir que el caudal es independiente de la presión en el rango analizado; es decir el caudal se mantiene casi constante ante el aumento de la presión. Aquello se verifica por exponente de descarga (x), tiende de llegar a 0, lo que implica que los goteros son autocompensantes, el estudio experimental nos da el resultado que es apto para terrenos con pendiente o ladera

de modo que el caudal tiene una excelente uniformidad.

**Figura 7**

*Relación Presión- Caudal de la subunidad 01*



### 3.4. Análisis comparativo entre los caudales obtenida en campo y la especificada en el diseño por el fabricante en las parcelas demostrativas

La evaluación del rendimiento real de los emisores instalados en las parcelas demostrativas se realizó mediante la comparación estadística entre los caudales medidos en campo y el valor nominal especificado por el fabricante.

**Tabla 7**

*Resumen de los tratamientos*

N° de mestras	Q(L/h)
1	1.03
2	0.99
3	0.91
4	0.95
5	0.98
6	0.92
7	0.98
8	1.02
9	1.06
10	0.97
11	1.03
12	1.00
13	1.07

14	1.05
15	0.96
16	0.94

### Intervalo de Confianza para la Media (95%)

El intervalo de confianza nos proporciona una estimación de la media de caudales de los emisores en su conjunto lo cual se realizó en la ecuación 3.

$$IC = (\bar{X} - t_{\alpha/2} * \frac{S}{\sqrt{n}}, \bar{X} + t_{\alpha/2} * \frac{S}{\sqrt{n}})$$

$$IC = (0.99 - 2.131 * \frac{0.0474}{\sqrt{16}}, 0.99 + 2.131 * \frac{0.0474}{\sqrt{16}})$$

$$IC = (0.97, 1.02)$$

**Tabla 8**

*Análisis estadísticos principales de la parcela 01*

Análisis estadístico descriptivo	
Parámetro estadístico	Valor obtenido
Numero de mediciones	16
Media aritmética	0.99 L/h
Desviación estándar	0.05 L/h
Coefficiente de variación	0.05 L/h
Análisis estadístico inferencial	
Parámetro estadístico	Valor obtenido
Error estándar de la media	0.0119 L/h
Intervalo de confianza al (95%)	0.97 - 1.02 L/h

**Tabla 9**

*Comparación con las especificaciones del fabricante*

Parámetro	Valor
Caudal nominal según fabricante	1.00 L/h
Caudal medio obtenido en campo	0.99 L/h
Diferencia absoluta	0.01 L/h
Diferencia relativa	0.87 %
¿Valor nominal dentro del IC 95%?	Sí

En la tabla 8 y 9, se deduce que, con un nivel de confianza del 95%, podemos afirmar que la media verdadera del caudal se encuentra dentro del intervalo (0.97, 1.02). Esto significa que hay una probabilidad del 95% de que la media verdadera esté dentro de este rango. El intervalo de confianza permitió determinar, con una base estadística sólida, si los emisores

están funcionando de acuerdo con las especificaciones del fabricante en las condiciones reales de campo. En este caso, los emisores están funcionando correctamente, muy cercanos al caudal nominal especificado. Y el caudal medio obtenido en las mediciones de campo (0.99 L/h) presenta una mínima diferencia de 0.87% respecto al valor nominal especificado por el fabricante (1.00 L/h).

Al comparar los resultados obtenidos en el campo con las especificaciones proporcionadas por el fabricante de la cinta de riego, se puede concluir que el diseño del proyecto cumple con las recomendaciones y parámetros técnicos establecidos por la fábrica. Las mediciones de caudal realizadas en los distintos puntos de riego se alinean con los valores indicados en el catálogo del fabricante, lo que sugiere que la instalación fue realizada correctamente y que el sistema está operando dentro de los márgenes previstos para asegurar una distribución eficiente del agua. Esto demuestra que el diseño del sistema de riego fue adecuado para las condiciones específicas del terreno y para las características de los emisores, lo que garantiza un rendimiento óptimo del sistema en términos de uniformidad y eficiencia del riego.

## CONCLUSIONES

1. Se determinó que el coeficiente de uniformidad de caudales (CUC) del sistema de riego por goteo mediante cinta de goteo, evaluado en tres parcelas demostrativas, alcanzó valores de 93.61%, 94.19% y 90.32%.
2. Se evaluó el Coeficiente de Uniformidad de Presiones (CUP), obteniendo valores de 91.55%, 97.62% y 92.39%, clasificándose en todos como de excelente uniformidad.
3. Mediante un análisis estadístico con un nivel de confianza del 95%, se comprobó que la media del caudal real se sitúa dentro de los rangos operativos nominales del emisor, validando la eficiencia del sistema de riego implementado.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Merriam, J. L., & Keller, J. (1978). Farm irrigation system evaluation: : A Guide for Management. Utah State University. USA.
- Netafim. (s.f.). <https://www.netafim.com.mx/>.

- Pérez, A., Macías, A., & Gutiérrez, V. (2019). Situación social y tecnológica en el manejo del agua para riego en Puebla, México. 1-15. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-62662019000100168](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-62662019000100168)
- Pizarro, F. (1996). *Riegos Localizados de Alta Frecuencia RLAF. Goteo, Microaspersión*, (3 ed.). España: Ediciones Mundi-Prensa.
- Ruiton, J., Hidalgo, H., & Figueroa, A. (2022). La inversión pública en riego y el crecimiento económico del sector agrario en Perú. (R. J. Pública, Ed.) <https://www.aulavirtualusmp.pe/ojs/index.php/RevistaGobiernoYG/article/view/2337/2789>